

PEEPUSTAKAAN FTSP UII
 HASIL/DELI
 TGL. TERIMA: 20 Jun 2006
 NO. JUDUL: 001948
 NO. INV.: 51200001948001
 NO. BUK.: _____

TUGAS AKHIR
PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR
ANALISIS DUA DIMENSI DAN TIGA DIMENSI
SERTA IMPLIKASI DESAIN PADA GEDUNG ASIMETRIS

R

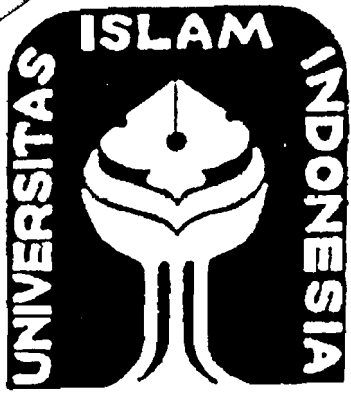
090.21

Pr

P

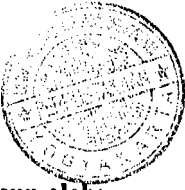
A

DEBACA DI TEMPAT
 TAK DIJAWAB PULANG



الجامعة الإسلامية
 في
 اندونيسيا

fix, 195 file temp self



Disusun oleh:

WAHYU PRIBADI 00511065
HABIB KODHIM SETIAWAN 00511132

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

- Analisa Struktur
- Analisis dan Desain
- Analisis Tiga Dimensi
- Jurnal

2006

PEEPUSTAKAAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN UII BOGOR

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR

ANALISIS DUA DIMENSI DAN TIGA DIMENSI

SERTA IMPLIKASI DESAIN PADA GEDUNG ASIMETRIS



Disusun Oleh:

WAHYU PRIBADI

00511065

HABIB KODHIM SETIAWAN

00511132

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

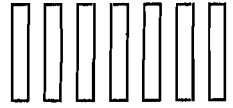
Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above the date.

Tanggal

15/4/06



wahai manusia.....

Ketahuiilah bahwa sesudah lapar pasti ada kenyang

Sesudah dahaga pasti ada segar

Sesudah melek pasti ada tidur

Sesudah sakit pasti ada sembuh

Orang yang tidak hadir pasti akan datang

Orang yang sesat jalan pasti akan mendapat petunjuk

Penderitaan pasti akan berakhir

Dan kegelapan pasti akan lenyap

Allah pasti akan mendatangkan kemenangan atau

mengadakan keputusan yang lain dari sisi-Nya

(Q.s 5:52)

hasil karya ini bukan akhir.....

bukan akhir dari perjuangan hidup.....

tetapi awal dari perjuangan hidup.....

perjuangan yang menggiring ke dunia yang sebenarnya.....

wujud karya ini tak lepas dari orang-orang.....

orang-orang yang memiliki cinta dan kasih.....

untuk itu.....

ucapan terima kasihku yang tulus ini kupersembahkan kepada:

- Papa dan Mama tercinta, doamu merupakan harapanku dan cita-citaku yang akan kuraih.
- Kak Lee, Bang Win, Kak Anda, Mas Ivan dan Mas Eko yang selalu mendukung dan memberi masukan.
- Azza, Adena dan Aksa, keponakan yang selalu membuatku ketawa dikala aku senang dan mumet.
- "AboutBLANK Community", komunitas yang dipenuhi oleh orang-orang yang memiliki pemikiran yang ekstrim dan serba dadakan, hahaha.....
- bocah-bocah studio KPK (Kantor Pengelola Kampus) UII. wacana?? pasti itu, hahaha.....

WAHYU PRIBADI

Syukur kepada Allah SWT, dan sesungguhnya manusia itu tidak diberi pengetahuan kecuali hanya sedikit.

Kupersembahkan hasil karya ini:

- *Orang tua ku, keluarga Ir. M. Musthofa, Dipl. HE*
- *Kakak ku, Sita beserta suami Dadan Rahmat*
- *Adikku Astrid yang masih sendiri*
- *Istriku Alfia Nuriska, cita-cita mu telah terwujud*
- *Bapak ibu mertua, keluarga AR Iskandar*
- *Adik-adik ku yang lain, Osi dan Ova.*

ABSTRAK

PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR ANALISIS DUA DIMENSI DAN TIGA DIMENSI SERTA IMPLIKASI DESAIN PADA GEDUNG ASIMETRIS

Dalam sebuah perencanaan struktur bangunan bertingkat banyak, diperlukan sebuah analisis untuk mengetahui respon dari setiap komponen struktur. Untuk melakukan analisis struktur dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan sebuah pendekatan 2 dimensi dan 3 dimensi. Cara pendekatan 2 dimensi adalah sebuah asumsi yang bertujuan untuk mempermudah dan menyederhanakan perhitungan analisis struktur, yang tentunya akan berbeda dengan kondisi aslinya yaitu 3 dimensi. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data yang menunjukkan seberapa jauh perbedaan tersebut.

Dalam melakukan penelitian, struktur bangunan yang direncanakan berbentuk asimetris, dan termasuk dalam kategori bangunan yang tidak beraturan. Jumlah tingkat bangunan yang diteliti adalah 15 tingkat yang berada pada tanah lunak. Pembebanan gempa yang digunakan dalam penelitian ini hanya sebatas pembebanan gempa statik ekuivalen saja dengan nilai koefisien gempa dasar berada di wilayah gempa III.

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari didapatkan bahwa nilai *displacement* terbesar dan terkecil pada bangunan asimetris ini berada pada portal paling tepi terluar dalam denah struktur yang searah dengan datangnya arah gempa. Hal ini terjadi juga pada *drift ratio*, portal paling tepi terluar dalam denah struktur yang searah dengan datangnya arah gempa memiliki nilai *drift ratio* yang terbesar. Momen balok yang memiliki nilai yang signifikan antara analisis 2 dimensi dengan 3 dimensi terletak pada *story* 15, sedangkan untuk *story* 1 sampai dengan *story* 14 tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan. Momen balok yang terjadi pada *story* 1 sampai *story* 14 menunjukkan bahwa pembebanan pada gedung ini didominasi oleh beban gempa atau sering disebut dengan *Earthquake Load Dominated*, sedangkan pada *story* 15 menunjukkan beban gravitasi lebih dominan dibandingkan dengan beban gempa. Kondisi pembebanan yang terjadi pada *story* 15 disebut dengan *Gravity Load Dominated*.

Untuk hasil dari desain dengan nilai dimensi yang sama maka diperoleh kebutuhan luas tulangan yang sama untuk desain kolom. Sehingga didapat hasil desain kolom untuk 3D dan 2D dapat dikatakan sama. Pada desain balok, beberapa tempat mempunyai kebutuhan luas tulangan yang sama.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan pada Allah SWT atas rahmat dan bimbinganNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Salam dan shalawat tak lupa ditujukan bagi nabi besar junjungan umat muslim, Rasulullah SAW.

Tugas akhir yang berjudul PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR ANALISIS DUA DIMENSI DAN TIGA DIMENSI SERTA IMPLIKASI DESAIN PADA GEDUNG ASIMETRIS ini disusun sebagai prasyarat untuk memperoleh derajat Strata-1 di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE., Ph.D selaku dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan sekaligus sebagai dosen pembimbing tugas akhir, yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan selama penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. H. Harsoyo, M.Sc, dan Bapak Ir. H. Helmy Akbar Bale, MT., selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua kami yang selalu mendukung baik secara materi maupun moril.

4. Teman-teman teknik sipil angkatan 2000, perjuangan belum berakhir tahapan selanjutnya akan segera hadir.
5. Kantor KRTA, khususnya pak santoro dan mas heri, kami ucapkan terima kasih.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
1. BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Penelitian Yang Sebelumnya	6
2.3 Keaslian Judul	9
3. BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Pendahuluan	11
3.2 Model Denah Bangunan	12
3.3 Sistem Struktur	14
5.6.1. Sistem Koordinat Global	16

5.6.2. Sistem Koordinat Lokal	18
3.4 Beban Gempa Rencana Dengan Metode Statik Ekuivalen	18
3.4.1 Beban Geser Dasar Akibat Gempa.....	19
3.4.2 Koefisien Gempa Dasar (C)	20
3.4.3 Faktor Keutamaan (I)	21
3.4.4 Faktor reduksi gempa (R)	22
3.4.5 Beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung	23
3.4.6 Pembebanan Dan Gaya Horizontal Portal 2D dan 3D	25
3.5 Prinsip-Prinsip Dasar Konsep Disain Kapasitas	29
3.5.1 Karakteristik Disain Kapasitas	31
3.6 Perencanaan Struktur Dan Beton Bertulang	32
3.6.1 Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur.....	34
3.6.2 Disain lentur balok tulangan sebelah.....	43
3.6.3 Balok Bertulangan Rangkap	45
3.7 Perhitungan Momen Kapasitas Balok	55
3.8 Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser	60
3.9 Perencanaan Kolom.....	66
3.9.1 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur	67
3.9.2 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Aksial	69
3.9.3 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser	75
3.10 Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom	77
3.11 Perencanaan Pondasi	80
4. BAB IV METODE PENELITIAN	

4.1	Lokasi Penelitian	84
4.2	Pengumpulan Data	84
4.3	Model Struktur	84
4.4	Bahan dan Pembebanan	86
4.5	Tahapan Analisis	86
5. BAB V HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
5.1	Estimasi Awal Dimensi Struktur.....	88
5.2	Perhitungan Pembebanan.....	92
5.2.1.	Lantai dan Atap	92
5.2.2.	Perhitungan Beban Gravitasi.....	93
5.2.3.	Perhitungan Berat Total Struktur (W)	96
5.2.4.	Perhitungan Beban Gempa.....	100
5.3	Perhitungan Eksentrisitas.....	104
5.4	Displacement.....	107
5.5	Drift Ratio	116
5.6	Momen Maksimum Balok	120
5.7	Momen Balok Yang Signifikan	124
5.8	Gaya Aksial Kolom Maksimum.....	130
5.9	Momen Kolom Maksimum.....	136
6. BAB VI IMPLEMENTASI DESAIN		
6.1	Desain Struktur.....	142
6.2	Perhitungan Perencanaan Plat	144
6.3	Perencanaan Balok	146

6.3.1. Redistribusi Momen Balok	146
6.3.2. Perhitungan Perencanaan Balok.....	149
6.4 Perencanaan Kolom.....	165
6.4.1. Momen Rencana Kolom	165
6.4.2. Gaya Aksial Kolom	171
6.4.3. Grafik Mn dan Pn	173
6.4.4. Desain Tulangan Kolom	177
6.4.5. Geser Kolom	179
6.4.6. Joint.....	180
6.5 Perencanaan Pondasi	188
6.6 Perbandingan Hasil Desain	193
7. BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan	196
7.2 Saran.....	197
8. DAFTAR PUSTAKA	198
9. LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Denah struktur yang simetris dan mempunyai sumbu simetri	12
Gambar 3. 2. Denah struktur yang tidak simetris dan tidak mempunyai sumbu simetri	15
Gambar 3. 3. Struktur Balok Menerus	15
Gambar 3. 4. Struktur Grid	15
Gambar 3. 5. Struktur Portal Bidang (2D)	16
Gambar 3. 6. Struktur Portal Ruang (3D)	16
Gambar 3. 7. Sistem Koordinat Lokal	18
Gambar 3. 8. Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3	21
Gambar 3. 9. Pembebanan Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen	25
Gambar 3. 10. Pembebanan Gempa pada portal 3D dengan kombinasi arah gempa x dan arah gempa y	26
Gambar 3. 11. Tampang, regangan dan tegangan kondisi imbang pada balok	
Gambar 3. 12. Diagram regangan pada ragam kerusakan elemen balok	37
Gambar 3. 13. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok kondisi rusak imbang/ <i>balance failure</i>	37
Gambar 3. 14. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok	39
Gambar 3. 15. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok	42
Gambar 3. 16. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok	44
Gambar 3. 17. Distribusi Tegangan Regangan pada Balok Tulangan Rangkap	45
Gambar 3. 18. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok	46

Gambar 3. 19. Perilaku struktur akibat menerima beban gempa	49
Gambar 3. 20. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok	50
Gambar 3. 21. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok	54
Gambar 3. 22. Diagram momen yang timbul akibat beban gempa dari arah kiri.....	55
Gambar 3. 23. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok	56
Gambar 3. 24. Tegangan Regangan Balok.....	57
Gambar 3. 25. Penampang dan tegangan regangan balok yang fungsinya dibalik	60
Gambar 3. 26. Diagram gaya geser balok akibat beban gravitasi	62
Gambar 3. 27. Diagram gaya geser balok akibat beban gempa	63
Gambar 3. 28. Diagram gaya geser total balok akibat beban gravitasi dan gempa.....	64
Gambar 3. 29. Pertemuan Balok Kolom dengan Sendi Plastis pada ujung – ujungnya.....	68
Gambar 3. 30. Pertemuan balok Kolom dengan Sendi Plastis pada Ujung Balok.....	69
Gambar 3. 31. Tegangan Regangan dan Momen Kopel Kolom	71
Gambar 3. 32. Diagram interaksi Mn-Pn untuk luas tulangan 1%.....	73
Gambar 3. 33. Kolom Lantai Dasar dan Kolom Lantai Atas.....	76
Gambar 3. 34. Panel Pertemuan Balok dan Kolom Portal.....	78
Gambar 3. 35. Konfigurasi Kelompok Tiang Pancang.....	81
Gambar 3. 36. Reaksi tiang akibat gaya aksial dan momen.....	82
Gambar 4. 1. Model denah struktur yang digunakan.....	85

Gambar 5. 8. Grafik <i>Displacement</i> pada Portal A s/d H Akibat Gempa dari Arah Y (Comb2).....	107
Gambar 5. 9. Grafik <i>Displacement</i> pada Portal A s/d H Akibat Gempa dari Arah Y (Comb2).....	107
Gambar 5. 10. Grafik <i>Displacement</i> pada Portal 1 s/d 9 Akibat Gempa dari Arah X (Comb3).....	108
Gambar 5. 11. Grafik <i>Displacement</i> pada Portal 1 s/d 9 Akibat Gempa dari Arah X (Comb3).....	108
Gambar 5. 12. Denah Lokasi <i>Displacement</i> Maksimum dan Minimum Portal.....	109
Gambar 5. 13. Denah Lokasi <i>Displacement</i> Maksimum dan Minimum Portal.....	109
Gambar 5. 14. Grafik Perbandingan <i>Displacement</i> hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.....	111
Gambar 5. 15. Grafik Perbandingan <i>Displacement</i> hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.....	113
Gambar 5. 16. Grafik <i>Displacement</i> paling signifikan antara Analisis 2 Dimensi dengan 3 Dimensi	114
Gambar 5. 17. Puntir Pada Struktur 3 Dimensi.....	114
Gambar 5. 18. <i>Displacement</i> C31 untuk 2 arah.....	114
Gambar 5. 19. <i>Displacement</i> C50 untuk 2 arah.....	115
Gambar 5. 20. Lokasi Tinjauan displacement C31 dan C50.....	115
Gambar 5. 21. Grafik <i>Drift Ratio</i> Hasil analisis 2 Dimensi dan 3 Dimensi pada Seluruh Portal.....	116
Gambar 5. 22. Grafik Perbandingan <i>Drift Ratio</i> hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.....	117
Gambar 5. 23. Grafik Perbandingan <i>Drift Ratio</i> hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.....	119
Gambar 5. 24. Grafik <i>Drift Ratio</i> paling signifikan antara Analisis 2 Dimensi dengan 3 Dimensi	120

Gambar 5. 25. Denah Point <i>Drift Ratio</i> paling signifikan antara Analisis 2D dengan 3D.....	120
Gambar 5. 26. Grafik Momen Maksimum Balok Portal 1 s/d Portal 9	121
Gambar 5. 27. Grafik Momen Maksimum Balok Portal A s/d Portal	122
Gambar 5. 28. Grafik Momen Tumpuan Balok yang signifikan.....	125
Gambar 5. 29. Grafik Momen Lapangan Balok yang signifikan	128
Gambar 5. 30. Grafik Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal 1 s/d Portal 9	132
Gambar 5. 31. Grafik Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal A s/d Portal H Akibat Gempa Arah Y	133
Gambar 5. 32. Denah Lokasi Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal.....	133
Gambar 5. 33. Denah Lokasi Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal.....	134
Gambar 5. 34. Penjumlahan Gaya Aksial Dari Respon Analisis 2D.....	135
Gambar 5. 35. Grafik Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal 1 s/d Portal 9.....	138
Gambar 5. 36. Grafik Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal A s/d Portal H.....	139
Gambar 5. 37. Denah Lokasi Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal ...	140
Gambar 5. 38. Denah Lokasi Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal ...	140
Gambar 6. 1. Denah struktur beserta penamaan setiap portalnya dan jarak bentang	143
Gambar 6. 2. Struktur Tampak samping beserta penamaan balok dan kolom	143
Gambar 6. 3. Denah Plat Lantai	143
Gambar 6. 4. Grafik perbandingan momen balok B1 (story 1) akibat gempa kiri arah X (comb2) dgn akibat gempa kanan arah Y (comb9).....	147

Gambar 6. 5. Grafik perbandingan momen balok B6 (story 1) akibat gempa kiri arah X (comb3) dgn akibat gempa kanan arah Y (comb8)	148
Gambar 6. 6. Grafik perbandingan momen balok B6 (story 1) setelah didistribusi.....	149
Gambar 6. 7. Diagram Regangan Tegangan Balok Tulangan Rangkap	152
Gambar 6. 8. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok	153
Gambar 6. 9. Tegangan Regangan Dan Momen Kopel	159
Gambar 6. 10. Tegangan Regangan Pada Momen Kapasitas Balok (positif) ..	161
Gambar 6. 11. Gaya geser yang terjadi pada abalok B1 (story 1).....	162
Gambar 6. 12. Momen kolom lebih kuat dari pada momen balok	170
Gambar 6. 13. Konfigurasi Kelompok Tiang Pancang.....	189
Gambar 6. 14. Penulangan Pile Cap	192
Gambar 6. 15. Momen yang diambil untuk balok B1-B5 lantai 15	193
Gambar 6. 16. Kebutuhan luas tulangan balok B1-B5 lantai 15	193
Gambar 6. 17. Momen desain yang diambil untuk balok B6-B10 lantai 15....	194
Gambar 6. 18. Kebutuhan luas tulangan B6-B10 lantai 15.....	194
Gambar 6. 19. Gaya aksial kolom K1-K3 lantai 1	195
Gambar 6. 20. Momen desain untuk K1-K3 lantai 1	195
Gambar 6. 21. Kebutuhan luas tulangan K1-K3 lantai 1	195

DAFTAR TABEL

Tabel 5. 1. Estimasi awal kolom.....	91
Tabel 5. 2. Estimasi akhir kolom.....	92
Tabel 5. 3. Tipe ukuran plat	95
Tabel 5. 4. Displacement max point (comb1 s/d comb9) pada iterasi 1	102
Tabel 5. 5. Evaluasi periode getar T – Rayleigh iterasi 1	102
Tabel 5. 6. Evaluasi periode getar T – Rayleigh iterasi 2	103
Tabel 5. 7. Titik Berat Gedung Variasi Kedua.....	104
Tabel 5. 8. Jumlah kolom di tiap portal	105
Tabel 5. 9 Perhitungan Selisih Momen Tumpuan	125
Tabel 5. 10 Perhitungan Selisih Momen Lapangan.....	129
Tabel 5. 9 Perhitungan Selisih Momen Tumpuan	125
Tabel 5. 10 Perhitungan Selisih Momen Lapangan.....	129

DAFTAR NOTASI

- A = luas efektif tulangan tarik di sekitar tulangan lentur tarik, bertitik pusat sama dengan tulangan tersebut, dibagi dengan jumlah batang tulangan, mm^2
- A_{tul} = luas penampang 1 batang tulangan, mm^2
- A_g = luas bruto penampang, mm^2
- $A_{j,h}$ = luas tulangan geser horizontal, mm^2
- A_s = luas tulangan tarik longitudinal, mm^2
- A_{sh} = luas tulangan geser horizontal yang melewati bidang kritis horizontal, mm^2
- A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s , atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak pada komponen struktur lentur tinggi, mm^2
- a = tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen
- a_k = tinggi blok tegangan tekan persegi kapasitas ekuivalen
- b = lebar komponen struktur, mm^2
- c = jarak sisi tekan terluar ke garis netral, mm
- C_c = tegangan tekan beton, KN
- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (tinggi efektif balok), mm
- d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm

e	= eksentrisitas gaya terhadap sumbu, mm
E_c	= modulus elastisitas beton, MPa
E_s	= modulus elastisitas baja, MPa
f'_c	= kuat tekan beton, MPa
f_y	= tegangan leleh baja yang disyaratkan, MPa
f_s	= kuat leleh tulangan saat beban bekerja, MPa
F_i	= distribusi beban geser dasar pada tingkat ke-I, KN
h_c	= tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau, mm
H_k	= tinggi kolom portal, mm
H_n	= tinggi bersih kolom portal, mm
H	= tinggi portal struktur, mm
H_i	= tinggi tingkat ke-i, mm
I	= momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor
k	= faktor panjang efektif komponen struktur beton tekan
K	= faktor jenis struktur
L_I	= beban hidup, atau momen yang berhubungan dengan beban tersebut
L_d	= panjang penyaluran tulangan tekan
L_n	= panjang bentang bersih komponen dalam arah momen dari muka ke muka tumpuan, mm
L_k'	= panjang bersih bentang balok portal, mm
M_{kap}	= momen kapasitas penampang, KNm
M_u	= momen ultimit penampang, KNm
P_g	= gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat joint, KN

- P_E = gaya aksial beban gempa pada pusat join, KN
- P_u = gaya aksial terfaktor normal terhadap penampang dan terjadi bersamaan dengan V_u , diambil positif untuk tekan, negative untuk tarik dan memperhitungkan pengaruh tarik akibat rangkai dan susut
- Q = beban terfaktor persatuan luas, KN/m
- R = faktor reduksi gempa
- S = spesi tulangan geser atau torsi kearah parallel dengan tulangan longitudinal, mm
- T_s = tegangan tarik baja tulangan, KN
- U = kuat perlu untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengannya
- V = gaya geser dasar horizontal akibat gempa, KN
- V_D = gaya geser dasar akibat beban mati, KN
- V_g = gaya geser dasar akibat beban mati dan beban hidup, KN
- V_E = gaya geser dasar akibat gempa, KN
- V_L = gaya geser dasar akibat beban hidup, KN
- V_{ch} = start beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung join yang memikul gaya geser, KN
- V_{jh} = tegangan geser horizontal nominal dalam joint, KN
- V_{sh} = tegangan geser horizontal nominal dalam joint (jika tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom diatas join kurang dari $0,1 f'_c$), KN
- V_n = kuat geser nominal, KN

- V_u = kuat geser penampang, KN
- W_t = berat total gedung, KN
- α_k = faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau, yang nilainya dihitung sebanding dengan kekakuan relative unsure-unsur yang bertemu pada titik pertemuan tersebut.
- β_1 = faktor reduksi tinggi blok tekan tegangan tekan ekivalen beton
- ε_c = regangan tekan beton
- ε_{cu} = regangan tekan beton ultimit
- ε_y = regangan leleh bja tulangan
- ρ = rasio penulangan tarik non prategang
- ρ' = rasio penulangan tekan non prategang
- ρ_b = rasio penulangan seimbang
- ϕ = faktor reduksi kekuatan
- ω = koefisien dinamis yang memperhitungkan pengaruh dari terbentuknya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam mendirikan sebuah bangunan adalah keterbatasan luas lahan dan semakin mahalnya harga lahan, sehingga bentuk pemecahan yang dapat dilakukan adalah dengan membangun bangunan vertikal ke atas atau bangunan bertingkat banyak. Hal ini mengakibatkan pembangunan gedung bertingkat semakin berkembang khususnya di kota-kota besar yang memiliki keterbatasan lahan.

Seiring berkembangnya pendirian bangunan vertikal memacu pula para ahli untuk mencari material atau mengembangkan dengan mengkombinasikan material yang ada sehingga diperoleh material yang berkualitas tinggi agar dapat mendukung kekuatan struktur bangunan bertingkat banyak. Penggunaan beton sebagai material bangunan hingga saat ini masih banyak digunakan. Hal ini dikarenakan material ini memiliki beberapa keunggulan dibanding material lain. Selain memiliki kuat desak yang cukup tinggi dan mudah dibentuk, material ini juga lebih mudah perawatannya.

Pada bangunan bertingkat, penggunaan beton dapat di implementasikan sesuai dengan macam-macam struktur bangunan bertingkat banyak dan macam-macam konfigurasi struktur. *Open frame, brace frame, shear wall, outrigger-braced structures* adalah sebagian contoh dari macam-macam struktur yang ada,

sedangkan *setback*, simetris dan asimetris adalah beberapa contoh dari konfigurasi bangunan yang beraturan dan tidak beraturan. Namun semakin tinggi bangunan yang akan dibangun, maka beban berat bangunan yang akan di tangani semakin besar, terutama jika material yang digunakan adalah beton. Pada bangunan bertingkat banyak, akan mengalami banyak pembebanan. Selain berat dari bangunan itu sendiri, terdapat tinjauan dari beban-beban lain. Pembebanan ini akan ditinjau sebagai dasar perencanaan struktur bangunan bertingkat banyak agar dapat memenuhi kekuatan yang diminta dan memenuhi kestabilan struktur dalam menahan segala kondisi yang akan mungkin terjadi.

Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan adalah semua beban yang mungkin membebani struktur tersebut, baik beban statis maupun beban dinamis. Beban statis adalah beban yang diakibatkan oleh berat sendiri struktur tersebut dan beban luar yang bersifat tetap, sedangkan beban dinamis adalah beban luar yang bersifat sementara dan membebani struktur secara berulang-ulang, misalnya beban angin, dan yang paling penting adalah beban dinamis akibat gempa tektonik bumi.

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang dapat mendatangkan kerugian terhadap manusia, baik itu kerugian harta benda, atau bahkan sampai pada nyawa manusia sendiri. Mengingat besarnya kerugian yang dapat ditimbulkan oleh bencana alam yaitu gempa bumi, maka perencanaan bangunan harus memperhitungkan aspek-aspek kegempaan, terlebih lagi mengingat daerah-daerah di Indonesia adalah daerah yang rawan gempa.

Agar aspek-aspek keempaan dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat banyak diperhatikan, maka variabel-variabel keempaan dalam analisis struktur harus di ikut sertakan. Hal ini diperlukan agar dalam perencanaan struktur tersebut dapat mendapatkan nilai kekuatan yang diminta. Untuk melakukan analisis struktur suatu bangunan khususnya gedung bertingkat banyak, dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan pendekatan 2 dimensi (2D) atau dengan pendekatan 3 dimensi (3D). Selama ini analisis struktur gedung beberapa masih dilakukan dengan cara pendekatan 2 dimensi. Cara pendekatan 2 dimensi ini sebenarnya adalah sebuah asumsi yang bertujuan untuk mempermudah dan menyederhanakan dalam proses perhitungan analisis struktur, yang tentunya akan berbeda dengan kondisi aslinya (3 dimensi).

1.2. Rumusan Masalah

1. Seberapa besar perbedaan respons (simpangan, drift ratio, momen dan gaya aksial) bangunan asimetris yang ditinjau apabila di analisis dengan 2 dimensi dan 3 dimensi.
2. Bagaimana implikasi hasil analisis terhadap luas tulangan yang diperlukan pada desain.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui letak perbedaan respon struktur antara hasil analisis portal 2 dimensi dan 3 dimensi pada gedung yang asimetris.

2. Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan kebutuhan luas tulangan dari analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.

1.4. Manfaat Penelitian

Sebagai masukan bagi para perencana dalam menganalisis dan mendesain struktur bangunan beton bertulang tahan gempa bertingkat banyak yang mendekati keadaan sesungguhnya dengan aman dan efisien.

1.5. Batasan Penelitian

1. Model struktur yang dianalisis adalah struktur portal beton bertulang 15 lantai.
2. Bentuk bangunan asimetris atau dengan kata lain tidak beraturan.
3. Respon struktur yang ditinjau hanya momen, gaya lintang dan gaya aksial, sedangkan pengaruh momen sekunder akibat defleksi horizontal atau efek $P-\Delta$ diabaikan.
4. Pembebanan struktur menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987.
5. Beban yang bekerja adalah beban mati (W_D), beban hidup (W_L), dan beban gempa (W_G).
6. Beban gempa menggunakan beban horizontal menggunakan metode statik ekuivalen yang mengacu pada Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 2002.

7. Nilai eksentrisitas rencana e_d dalam perhitungan tidak diikutsertakan, hanya nilai eksentrisitas teoritis (e_c) saja yang diikutsertakan.
8. Bangunan yang direncanakan terletak di daerah wilayah gempa III dengan jenis tanah adalah tanah lunak.
9. Analisis perencanaan struktur menggunakan perencanaan struktur dengan tingkat daktilitas 3 ($k=1$).
10. Dukungan portal (hubungan kolom dengan pondasi) dianggap jepit dan diasumsikan pondasi menyatu dengan tanah, sehingga rotasi pada pondasi struktur tidak diperhitungkan.
11. Perencanaan elemen struktur menggunakan konsep disain kapasitas dan mengacu pada Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SKSNI T-15-03-1991-03).
12. Analisis struktur menggunakan perangkat lunak bantu yaitu ETABS versi 8 dengan pendekatan analisis 2D dan 3D.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Untuk bangunan bertingkat banyak, pada dasarnya mempunyai kesamaan dengan kantilever namun dalam bentuk vertikal yang menerima beban aksial akibat gravitasi dan beban melintang akibat gempa. Beban gravitasi ini pertama kali akan diterima oleh lantai yang kemudian ditransfer secara horizontal pada kolom dan diteruskan pada pondasi. Sedangkan untuk beban horizontal akan membebani setiap tingkat pada bangunan tinggi.

Pada bangunan bertingkat banyak, respon struktur akibat beban gempa sebagai beban horizontal akan lebih kompleks ketimbang respon struktur akibat beban gravitasi. Namun pada prinsipnya bangunan bertingkat tinggi yang tahan gempa pada umumnya harus tahan terhadap gempa kecil tanpa ada kerusakan, tahan terhadap gempa menengah tanpa kerusakan struktural namun diperbolehkan ada kerusakan elemen non struktural, dan tahan terhadap gempa rata-rata, dengan memperbolehkan segala kemungkinan kerusakan elemen struktural namun tidak runtuh seketika.

2.2. Penelitian Yang Sebelumnya

Dengan beberapa hal yang telah disampaikan sebelumnya, berikut ini adalah beberapa penelitian yang terdahulu. Penelitian kali ini termasuk

melanjutkan penelitian yang sebelumnya, dan mengangkat permasalahan yang belum pernah dibahas sebelumnya.

1. Penelitian A. A. Fikri Aries dsan Himawan Kurmanto (2002)

Penelitian ini berjudul “Ratio Antara Pengaruh Beban Gravitasi dan Beban Gempa Pada Portal Beton Bertulang Bertingkat Banyak”. Dalam penelitian ini kedua peneliti mencoba meneliti seberapa besar pengaruh ratio antara beban gempa terhadap beban gravitasi serta seberapa besar pengaruh tinggi bangunan terhadap ratio beban gravitasi dan beban gempa.

Model struktur yang dianalisis oleh kedua peneliti adalah model struktur dengan pendekatan 2D. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin banyak tingkat yang dimiliki oleh suatu struktur maka ratio momen antara beban gempa dan beban gravitasi semakin besar serta gaya aksial yang terjadi lebih banyak di akibatkan oleh beban gravitasi dari pada akibat beban gempa. Semakin banyak tingkat yang dimiliki struktur maka ratio gaya aksial kolom akibat beban gempa dan akibat beban gravitasi akan relatif besar.

Pada penelitian ini bentuk bangunan yang digunakan termasuk bentuk bangunan yang beraturan dan tidak ada loncatan bidang muka, sehingga konfigurasi bangunan pada penelitian ini cukup sederhana dan termasuk dalam konfigurasi bangunan yang beraturan. Sedangkan untuk arah gempa hanya ditinjau dalam satu arah saja.

2. Penelitian M Agus Subandi Dan Taufan H

Penelitian ini mengambil judul “Analisis Dan Desain Bangunan Bertingkat Tahan Gempa Dengan Variasi Tingkat Daktilitas”. Dalam penelitian ini diangkat beberapa masalah, salah satu mengamati pengaruh dari perbedaan nilai K terhadap gaya aksial dan gaya geser yang terjadi.

Untuk model struktur yang digunakan oleh peneliti, adalah bentuk konfigurasi yang sering digunakan pada umumnya dan berjumlah 10 tingkat. Pendekatan analisis yang digunakan adalah analisis 2 dimensi dengan bantuan perangkat lunak SAP 90. Sedangkan untuk pembebanan gaya horizontal akibat gempa yang digunakan dalam penelitian ini ditinjau dalam satu arah pembebanan saja.

Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan, bahwa dengan dimensi yang sama, momen yang digunakan untuk perencanaan dengan daktilitas penuh ternyata lebih kecil daripada momen pada perencanaan dengan daktilitas terbatas. Bahkan lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ dari daktilitas terbatas. Untuk konfigurasi bangunan pada penelitian ini bisa dikatakan sama dengan penelitian yang sebelumnya. Perbedaannya hanya pada dimensi bentangan pada portal-portalnya.

3. Penelitian Ronny BC Dan Nurshahib YU (2004)

Penelitian ini mengambil judul “Perbandingan Analisis Dan Desain Struktur Beton Bertulang Bertingkat Banyak Antara Portal 2 Dimensi Dan Portal 3 Dimensi”.

Penelitian ini menganalisa seberapa besar perbedaan analisis struktur dan disain struktur antara portal 2 dimensi dan 3 dimensi sehingga diperoleh data-data yang dapat dipakai sebagai dasar untuk perancangan bangunan bertingkat tinggi yang paling tepat, efektif dan efisien. Penelitian ini dilakukan dengan 5 bentuk variasi bangunan simetris dan dengan pembebanan gempa statik ekuivalen.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin panjang variasi lebar bangunan maka perbedaan hasil analisis struktur antara analisis 2D dan 3D semakin kecil, hal ini disebabkan semakin panjang variasi lebar maka bangunan akan semakin langsing sehingga perilaku pada struktur 3D mendekati pola perilaku pada struktur 2D.

Dalam penelitian ini bentuk konfigurasi bangunan diperhatikan untuk mengamati perbedaan perilaku respon 2D dan 3D. Sedangkan untuk arah gempa yang digunakan masih menggunakan gempa satu arah saja, baik untuk analisis 2D dan analisis 3D.

2.3. Keaslian Judul

Beberapa tinjauan telah dilakukan pada penelitian sebelumnya, dari beberapa tinjauan yang dilakukan dapat disimpulkan menjadi beberapa kategori permasalahan. Antara lain, bentuk konfigurasi bangunan, arah pembebanan gempa dan pendekatan analisis yang digunakan oleh para peneliti. Untuk penelitian yang akan dilakukan adalah menggabungkan dari beberapa kategori tersebut dengan tujuan untuk menyempurnakan dan melanjutkan penelitian yang

sebelumnya. Maka untuk penelitian ini akan diambil bentuk konfigurasi bangunan *open frame* yang tidak simetris dan tidak ada loncatan bidang muka maupun pengaku lateral, sedangkan untuk pembebanan gempa yang digunakan adalah pembebanan gempa dua arah sesuai (PPKGURDG 2002). Sedangkan untuk mengetahui respon strukturnya yang digunakan adalah dua pendekatan analisis, yaitu analisis 2D dan analisis 3D.

BAB III

LANDASAN TEORI

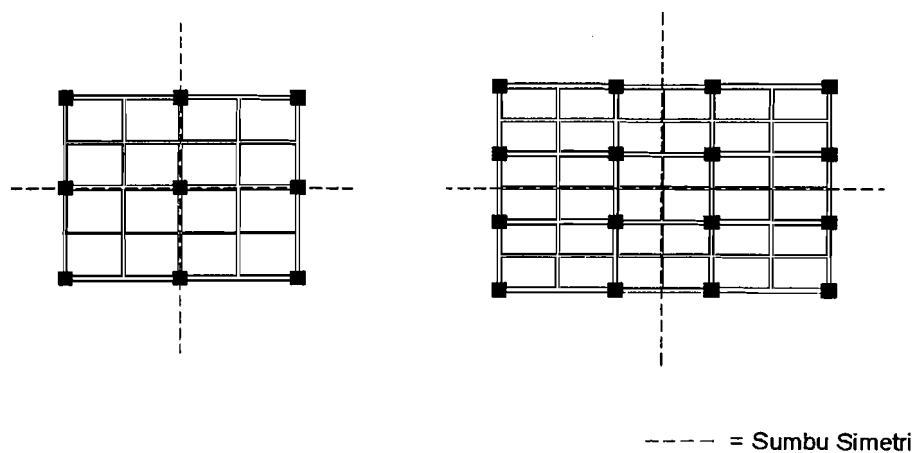
3.1. Pendahuluan

Sesuai dengan fungsinya, portal adalah suatu rangka struktur yang harus mampu menahan beban-beban yang bekerja, baik beban mati, beban hidup yang merupakan beban statik, maupun beban-beban dinamik seperti beban gempa. Berbagai peraturan perencanaan bangunan tahan gempa yang berlaku di negara lain termasuk pedoman perencanaan tahan gempa yang berlaku di Indonesia menetapkan suatu taraf beban gempa rencana yang menjamin suatu struktur tidak akan rusak pada saat dilanda gempa kecil atau sedang, dan pada saat dilanda gempa kuat yang jarang terjadi. Struktur tersebut harus mampu berperilaku duktail dengan memancarkan energi gempa dan sekaligus membatasi beban gempa yang masuk ke dalam struktur.

Pada perencanaan bangunan, tidak jarang dihadapi struktur-struktur gedung yang tidak beraturan. Dari segi analisis hal ini tidak menjadi masalah, dengan tersedianya berbagai perangkat lunak bantu dari komputer yang cukup canggih saat ini. Disertai pula dengan kemampuan tinggi menganalisis struktur yang rumit, seyogyanya dipakai juga untuk mengontrol perilaku struktur tersebut dalam responnya terhadap gempa. Pengontrolan ini dilakukan terkait dengan kenyamanan penghuni gedung saat terjadi gempa.

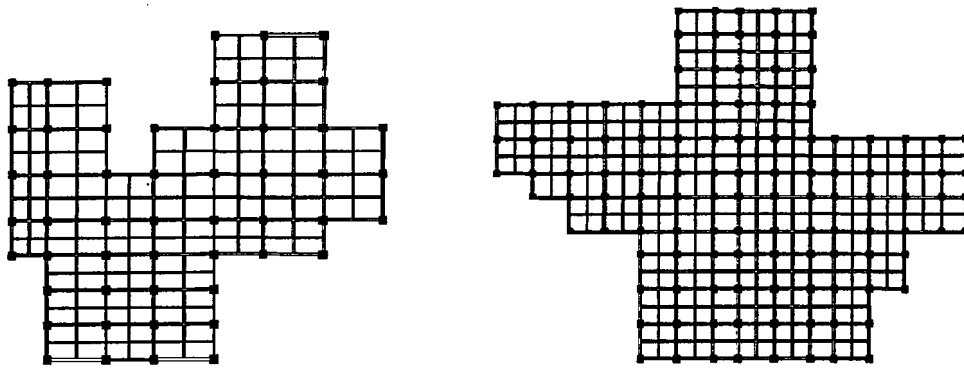
3.2. Model Denah Bangunan

Dilihat dari konfigurasi struktur secara umum dapat dikategorikan menjadi bangunan yang beraturan maupun yang tidak beraturan. Untuk kategori bangunan yang beraturan terdapat pasal-pasal yang menjelaskan persyaratan untuk bangunan tersebut (PPKDURDG, 2002). Pada tahap perencanaan kadang dijumpai denah bangunan yang asimetris. Pada konfigurasi bangunan asimetris memang tidak mempunyai sebuah sumbu simetris. Struktur bangunan asimetris dapat di analisis dengan cara analisis tiga-dimensi atau *complete three-dimensional analysis* atau dengan suatu analisis penuh struktur dua-dimensi atau *full-structure two-dimensional analysis*. Gambar 3. 1 menunjukkan sebuah contoh denah struktur bangunan yang memiliki sumbu simetri sehingga bangunan tersebut dapat dikategorikan sebagai bangunan yang simetris.



Gambar 3. 1. Denah struktur yang simetris dan mempunyai sumbu simetri

Berbeda dengan Gambar 3. 2, bangunan ini tidak memiliki sumbu simetri sehingga bangunan ini dikategorikan sebagai bangunan yang tidak simetris.



Gambar 3. 2. Denah struktur yang tidak simetris dan tidak mempunyai sumbu simetri

Pada bangunan yang regular letak antara pusat kekakuan dan pusat *massa* diperkirakan akan selalu berhimpit. Namun pada bangunan yang asimetris akan ada jarak antara pusat *massa* dan pusat kekakuan. Jarak antara pusat *massa* dan pusat kekakuan ini dinamakan sebagai eksentrisitas teoritis (e_c). Jika nilai $0 \leq e_c \leq 0,3 \cdot b$ maka nilai e_d harus diperhitungkan dengan persamaan $e_d = 1,5 \cdot e_c + 0,05 \cdot b$ atau $e_d = e - 0,05 \cdot b$. Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana eksentrisitas rencana e_d antara pusat *massa* dan pusat kekakuan harus ditinjau baik dalam analisis statik maupun analisis dinamik 3 dimensi. (PPKGURDG, 2002).

Gaya horizontal yang terjadi akibat gempa diasumsikan bekerja pada pusat-pusat massa. Untuk distribusi gaya kearah vertical maka umumnya sudah sepakat bahwa gaya-gaya tersebut akan bekerja pada masing-masing lantai tingkat. Apabila dilihat secara keseluruhan bangunan pada bidang horizontal, maka gaya gempa akan bekerja pada pusat massa CM (*center of mass*). Untuk menentukan letak pusat massa maka dipakai statik momen unit-unit massa baik terhadap sumbu X. maupun terhadap sumbu Y.

Selain pusat massa CM, pada desain bangunan tahan gempa juga perlu diketahui letak pusat kekakuan CS (*Center of Stiffness*). Cara menghitungnya identik dengan cara menentukan pusat massa hanya saja unsur-unsur yang dipakai adalah kekakuan kolom dan kekakuan *walls*. Apabila letak pusat kekakuan sudah diperoleh maka dapat diketahui apakah terdapat eksentrisitas beban gempa.

3.3. Sistem Struktur

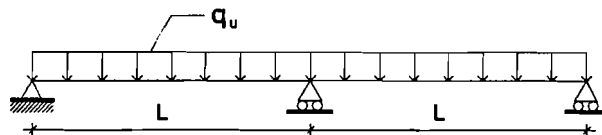
Dari berbagai tipe sistem struktur, masih bisa dikelompokkan menjadi 2 bagian berdasarkan pemakaian sumbu koordinat, yaitu struktur portal 2 dimensi dan struktur portal 3 dimensi. Balok menerus, sistem Struktur Bidang, dan sistem Struktur Grid, dapat dikategorikan sebagai sistem struktur 2 dimensi, sedangkan sistem Struktur Ruang dikategorikan sebagai sistem struktur 3 dimensi.

Sedangkan sistem struktur secara umum terbagi menjadi beberapa macam, seperti sistem struktur jembatan, gedung, tangki, bendungan dan sebagainya. Secara khusus penamaan ini dibedakan dari fungsi sistem menerima beban luar. Bagi kajian analisis sistem struktur dibedakan dua kategori dasar sistem, yaitu, struktur Kerangka (Portal) dan Struktur Kontinum.

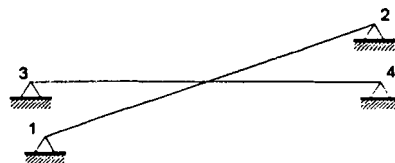
Suatu sistem struktur kerangka terdiri dari rakitan elemen struktur. Dalam sistem struktur beton bertulang, elemen balok, kolom atau dinding geser membentuk struktur kerangka yang disebut juga sistem struktur portal. Hubungan elemen pembentuk sistem portal ini biasanya kaku/monolit, serta ukuran penampang elemen (lebar atau tinggi) adalah kecil bila dibandingkan dengan

bentang. Sistem struktur yang tidak dapat dibedakan unsur elemennya, seperti pelat, cangkang, atau tangki dinamakan sistem struktur Kontinum.

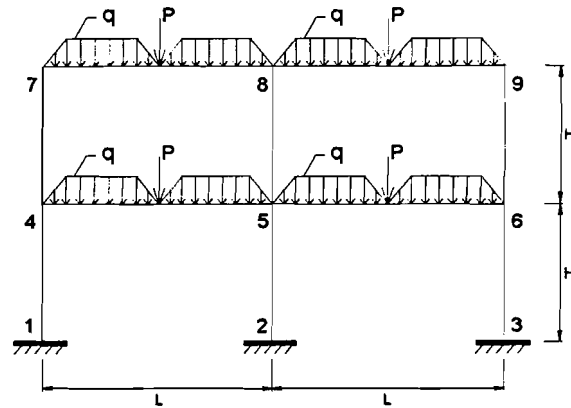
Balok menerus seperti pada Gambar 3. 3 merupakan konstruksi yang paling sederhana. Elemen balok terletak pada satu sumbu dan menerima beban luar transversal terhadap sumbu tersebut. Sistem struktur seperti pada Gambar 3. 5 disebut Portal Bidang. Semua unsur elemen struktur berada dalam bidang portal. Demikian pula halnya dengan beban luar yang bekerja. Struktur Grid seperti pada Gambar 3. 4 mempunyai unsur elemen pada suatu bidang datar dan semua beban luar bekerja transversal pada bidang tersebut. Portal Ruang seperti ditunjukkan pada Gambar 3. 6, merupakan pemodelan tipe struktur portal yang ideal bagi sistem struktur kerangka, karena pemodelannya berupa sistem struktur dalam ruang (tiga dimensi), seperti sistem struktur bangunan yang sesungguhnya.



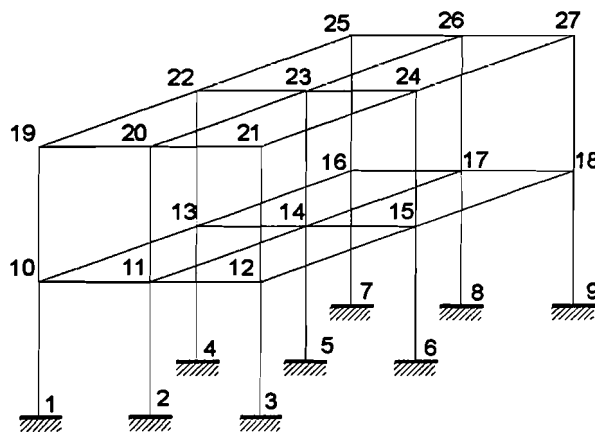
Gambar 3. 3. Struktur Balok Menerus



Gambar 3. 4. Struktur Grid



Gambar 3. 5. Struktur Portal Bidang (2D)



Gambar 3. 6. Struktur Portal Ruang (3D)

3.3.1. Sistem Koordinat Global

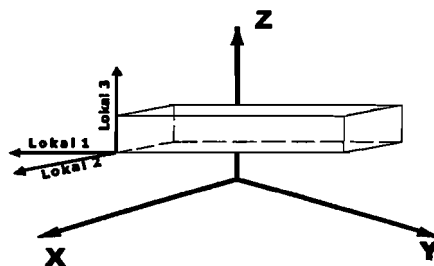
Semua sistem koordinat pada model ditentukan dengan mematuhi satu sistem koordinat global X-Y-Z. Sistem koordinat global merupakan koordinat dalam 3 dimensi, mengikuti aturan tangan kanan (*right handed*) dan merupakan koordinat Cartesian. Tiga sumbu dengan notasi X, Y, dan Z ialah sumbu yang saling tegak lurus sesuai dengan aturan tangan kanan, dengan ibu jari sebagai arah X, diikuti dengan telunjuk dan jari tengah sebagai sumbu yang lain dan berurutan secara sekuensial. Letak dan orientasi sumbu global tersebut dapat berubah-ubah, asalkan tetap sesuai dengan aturan tangan kanan.

Lokasi pada sistem koordinat global dapat ditentukan menggunakan variable X, Y, dan Z. Vektor dalam sistem koordinat global dapat ditentukan dengan memberikan lokasi dua titik, sepanjang sudut, atau dengan memberikan arah koordinat. Arah koordinat ditunjukkan dengan nilai X_{\pm} , Y_{\pm} dan Z_{\pm} . Sebagai contoh X_{+} menunjukkan vektor sejajar dan searah dengan sumbu X positif. Bidang X-Y merupakan bidang horizontal, dengan sumbu X_{\pm} merupakan sumbu utama. Sudut pada bidang horizontal diukur dari sumbu positif X, dengan sudut positif ialah berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam.

Pada struktur 2 dimensi (2D), sumbu global X didefinisikan sebagai sumbu datar, sumbu global Y sebagai sumbu tegak/vertikal yang tegak lurus dengan sumbu X. Selama ini dalam penyelesaian analisis struktur biasanya hanya menggunakan 2 sumbu (2D) yaitu sumbu X dan sumbu Y. Asumsi yang sering dipakai untuk analisis 2D adalah sumbu mendatar/horizontal adalah sumbu X dan yang tegak/vertikal adalah sumbu Y. Sebenarnya asumsi tersebut bukan suatu aturan yang baku. Sumbu Z pun bisa diasumsikan sebagai sumbu mendatar atau tegak, dengan syarat adalah konsisten terhadap arah yang digunakan. Jika sumbu Z akan diasumsikan sumbu tegak maka harus konsisten bahwa sumbu Z itu adalah sumbu tegak selama menganalisis.

3.3.2. Sistem Koordinat Lokal

Pada setiap elemen frame mempunyai sistem koordinat lokal yang digunakan untuk menentukan potongan *property*, beban dan gaya-gaya keluaran. Sumbu-sumbu koordinat lokal ini dinyatakan dengan simbol 1, 2 dan 3. Sumbu 1 arahnya ialah searah sumbu elemen, dua sumbu yang lain tegak lurus dengan elemen tersebut dan arahnya dapat ditentukan sendiri, Gambar 3. 7 menjelaskan perletakan sumbu-sumbu lokal pada sebuah elemen.



Gambar 3. 7. Sistem Koordinat Lokal

3.4. Beban Gempa Rencana Dengan Metode Statik Ekuivalen

Beban statik ekuivalen adalah representasi dari beban gempa yang telah disederhanakan, yaitu penyederhanaan gaya inersia yang bekerja pada suatu massa dan disederhanakan menjadi suatu beban statik. Gaya inersia adalah suatu gaya yang bekerja pada suatu massa dengan arah yang berlawanan dengan arah gerakan massa yang bersangkutan oleh adanya beban dinamis gempa. Jadi beban statik ekuivalen merupakan beban yang ekuivalen dengan beban gempa yang bekerja pada bangunan dalam batas tidak terjadi *overstress*. (widodo, 1991)

Sehingga apabila bangunan mempunyai banyak massa maka terdapat banyak gaya horizontal yang masing-masing bekerja pada massa-massa tersebut. Sesuai dengan prinsip keseimbangan maka dapat dianalogikan seperti adanya gaya horizontal yang bekerja pada dasar bangunan yang kemudian disebut Gaya Geser Dasar. Gaya geser dasar ini secara keseluruhan membentuk keseimbangan dengan gaya horizontal yang bekerja pada tiap-tiap massa bangunan tersebut.

3.4.1. Beban Geser Dasar Akibat Gempa

Setiap struktur gedung harus direncanakan dan dilaksanakan untuk menahan suatu beban geser dasar akibat gempa (V). Besarnya beban geser rencana (V) dapat dinyatakan sebagai berikut (PPKGURDG, 2002):

$$V = \frac{C_1 \times I}{R} \times W_t \dots\dots\dots (3. 1)$$

dengan :

V = Gaya geser dasar horizontal akibat beban gempa

C_1 = Nilai faktor respon spektrum gempa yang didapat dari respon spektrum gempa rencana.

I = faktor keutamaan

R = Faktor reduksi gempa

W_t = Berat total gedung

3.4.2. Koefisien Gempa Dasar (C)

Koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu memikul beban gempa yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada struktur. Untuk suatu wilayah gempa tertentu dengan menggunakan waktu getar alami struktur jenis portal beton yang dihitung dengan rumus (Gideon 3, 1993):

$$T = 0,06 \cdot H^{3/4} \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan: T = Waktu getar alami bangunan (detik)

H = Tinggi bangunan (meter)

Setelah mendapatkan nilai T dengan persamaan 3.2, maka koefisien gempa dasar dapat ditentukan, dari Gambar 3. 8 nilai C akan didapatkan. Selanjutnya dalam analisis, beban gempa perlu dilakukan evaluasi terhadap periode getar struktur yang ditinjau (Widodo, 1991). Pada penelitian ini, periode struktur yang terjadi dievaluasi dengan menggunakan metode *Rayleigh* dengan rumus:

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum w_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}} \dots\dots\dots (3.3)$$

dengan

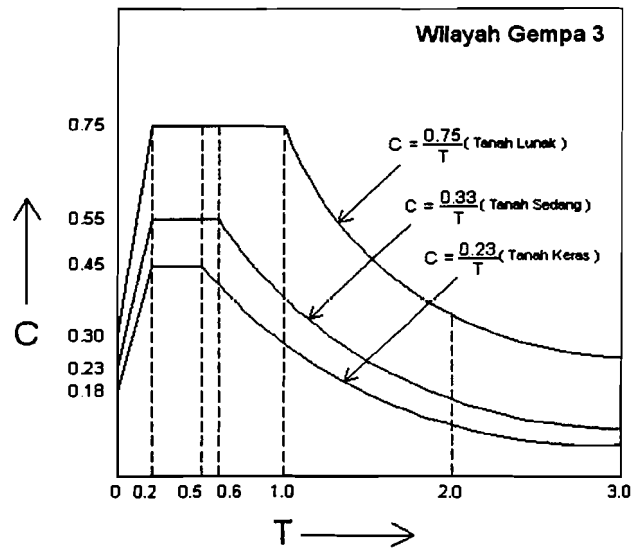
W_i = berat bangunan di lantai ke- i (KN),

d_i = defleksi tiap lantai (m),

g = percepatan gravitasi ($= 9,81 \text{ m/det}^2$)

F_i = gaya geser dasar horisontal akibat gempa (KN).

Nilai periode getar (T) dengan menggunakan metode *Rayleigh* ini harus mendekati 20% dari asumsi periode waktu getar awal. Ini dilakukan agar persyaratan *supply-demand* dari struktur tersebut terpenuhi.



Gambar 3. 8. Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3
(disadur dari PPKGURDG, 2002)

Koefisien C tergantung pada frekuensi terjadinya gerakan tanah yang bersifat sangat merusak, yang berbeda-beda pada tiap wilayah gempa, waktu getar alami struktur dan kondisi tanah setempat.

3.4.3. Faktor Keutamaan (I)

Faktor keutamaan (I) dipakai untuk memperbesar beban gempa rencana agar struktur mampu memikul beban gempa dengan periode ulang yang lebih panjang atau dengan kata lain struktur tersebut dapat menahan gempa dengan

tingkat kerusakan yang lebih kecil. Dalam penelitian ini digunakan faktor keutamaan = 1, sesuai dengan kategori gedung yaitu, gedung umum seperti perkantoran, perniagaan dan penghunian.

3.4.4. Faktor reduksi gempa (R)

Faktor reduksi gempa (R) didapatkan pada tabel yang sudah tersedia di Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung tahun 2002. Nilai faktor reduksi gempa (R) di dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan. Untuk menentukan nilai faktor reduksi gempa yang akan digunakan dalam perencanaan struktur gedung maka tinjauan yang harus dilihat adalah tingkat daktilitas strukturnya.

Daktilitas struktur adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Sedangkan faktor daktilitas adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama di dalam struktur gedung.

Ada 3 jenis daktilitas yang dapat dipilih dalam perencanaan struktur gedung yaitu (PPKGURDG, 2002):

1. Daktilitas penuh.

Suatu tingkat daktilitas struktur gedung yang strukturnya mampu mengalami simpangan pasca elastic pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar, yaitu dengan mencapai nilai faktor daktilitas sebesar 5,3. nilai faktor reduksi gempa gempa (R) = 8,5.

2. Daktilitas parsial.

Seluruh tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas diantara untuk struktur gedung tak elastik penuh sebesar 1,0 dan untuk struktur gedung yang daktail penuh sebesar 5,3. Nilai faktor reduksi gempa rencana (R) = 2,4 – 8,0 tergantung nilai faktor daktilitas struktur gedung yang dipakai.

3. Elastik penuh.

Struktur dengan elastik penuh akan berperilaku elastik saat terjadi gempa kuat. Nilai factor daktilitas struktur gedung sebesar 1,0 dan nilai faktor reduksi gempa (R) = 1,6.

Dalam Tugas Akhir ini, nilai faktor reduksi (R) diambil sebesar 8,5 karena gedung yang didesain direncanakan dengan daktilitas penuh.

3.4.5. Beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung

Distribusi gaya horizontal akibat beban gempa (F_i) tergantung pada perbandingan tinggi total struktur (H) terhadap lebar struktur (B) pada arah yang ditinjau. Adapun distribusinya sebagai berikut (PPKGURDG, 2002):

Struktur bangunan yang memiliki nilai $H/B < 3$, maka gaya horizontal akibat gempa (F_i) untuk masing-masing lantai dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} V \dots\dots\dots (3.4)$$

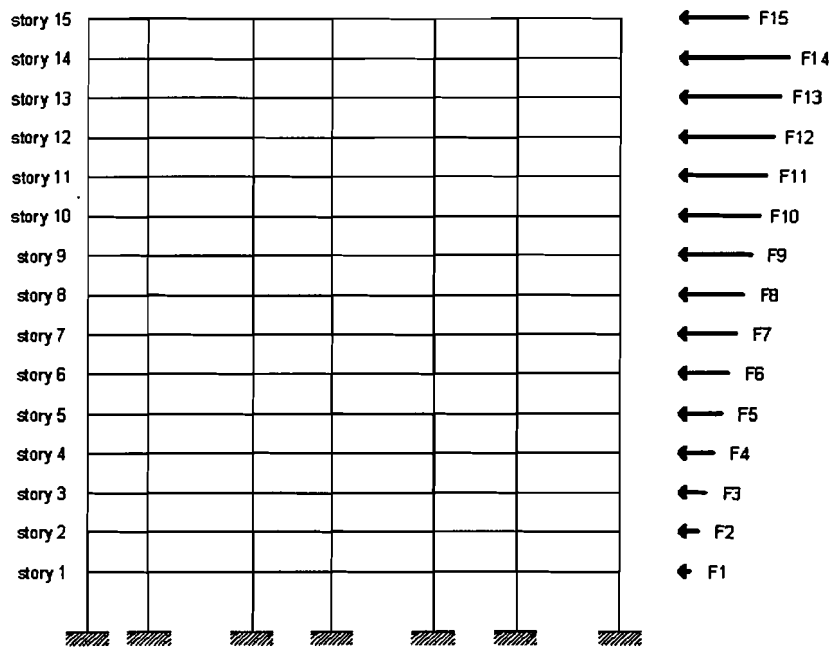
Struktur bangunan yang memiliki nilai $H/B \geq 3$, maka 90% beban didistribusikan berupa gaya horizontal akibat gempa (F_i) untuk masing-masing lantai. Dan 10% beban lainnya ditambahkan pada beban paling atas atau atap, yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} 0.9V + [0,1 \cdot V_{\text{puncak}}] \dots\dots\dots (3.5)$$

Sedangkan untuk lantai selain atap dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} 0,9V \dots\dots\dots (3.6)$$

Gambar 3. 9 memberikan contoh distribusi gaya horizontal akibat gempa dengan $H/B < 3$.



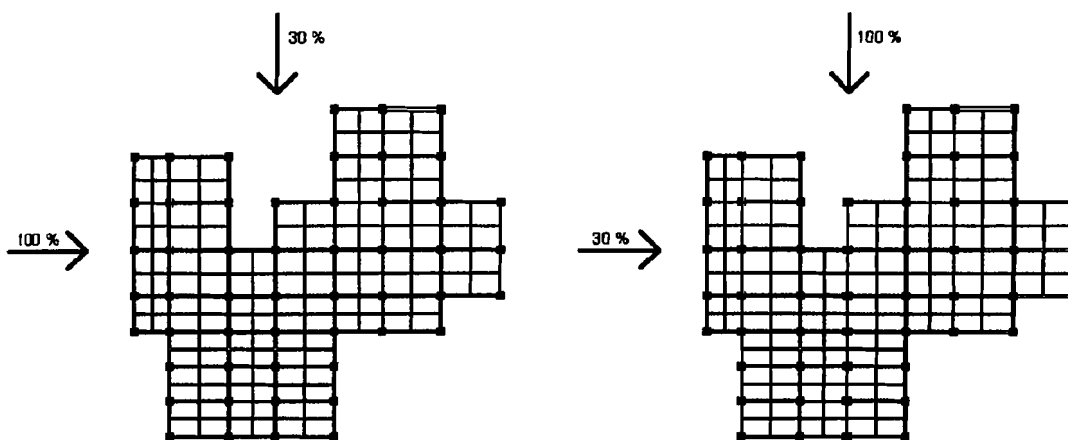
Gambar 3. 9. Pembebanan Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen

3.4.6. Pembebanan Dan Gaya Horizontal Portal 2D dan 3D

Pada portal 2D beban gempa horizontal yang bekerja hanya pada satu arah saja, yaitu arah X saja atau arah Y saja. Besar gempa horizontal yang bekerja sesuai dengan hasil perhitungan dengan metode statik ekuivalen. Sedangkan pada portal 3D beban gempa horizontal bekerja pada 2 arah yang saling tegak lurus artinya gempa arah X dikerjakan pada unsur dalam arah itu dikombinasikan dengan pengaruh gempa arah Y dikerjakan tegak lurus dengan arah X (PPKGURDG, 2002). Seperti yang disebutkan didalam PPKGURDG 2002 dan 1987 bahwa beban gempa yang bekerja dalam masing-masing arah utama dengan di kombinasi dengan 0,3 beban gempa yang bekerja pada arah tegak lurus pada arah utama yang ditinjau. Kombinasi yang menghasilkan pengerahan kekuatan unsur yang maksimum adalah yang ditinjau. Dapat ditulis sebagai berikut:

- Gravitasi $\pm 100\%$ gempa arah x $\pm 30\%$ gempa arah y
- Gravitasi $\pm 30\%$ gempa arah x $\pm 100\%$ gempa arah y

Pada penelitian ini, pembebanan pada struktur 3D dicoba dengan memasukkan kombinasi pembebanan 2 arah sesuai dengan ketentuan yang sudah ada di Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah Dan Gedung 2002. Gambar 3. 10 menunjukkan pola pembebanan gempa dua arah terhadap bangunan yang direncanakan.



Gambar 3. 10. Pembebanan Gempa pada portal 3D dengan kombinasi arah gempa x dan arah gempa y

Dalam perencanaan suatu gedung beban-beban yang akan diterima oleh struktur harus diperhitungkan agar gedung yang akan dibangun tersebut harus aman dan tidak runtuh dalam menerima kombinasi beban-beban yang ada. Beban-beban yang diterima oleh struktur gedung adalah beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin dan beban salju (jika gedung tersebut dibangun di daerah

yang mengalami musim salju). Untuk wilayah Indonesia, pembebanan yang digunakan dalam tahap perancangan adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

Beban mati (D) adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat permanen termasuk dinding-dinding, pemisah-pemisah, kolom-kolom, lantai-lantai, atap-atap, mesin-mesin dan peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

Beban hidup (L) adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah-berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap.

Beban-beban yang diterima oleh struktur dalam kenyataannya tidak hanya salah satu beban saja yaitu beban mati atau beban hidup saja, melainkan kombinasi dari beban-beban tersebut. Agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor beban berikut:

1. Kuat perlu (U) yang menahan beban mati (D) dan beban hidup (L) minimal sama dengan:

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (3. 7)$$

2. Bila beban gempa (E) dimasukkan dalam kombinasi pembebanan struktur dalam perencanaan, maka nilai U harus diambil sebagai:

$$U = 1,05 (D + L.r \pm E) \dots\dots\dots (3. 8)$$

atau

$$U = 0,9(D \pm E) \dots\dots\dots (3. 9)$$

Dengan nilai r = Koefisien reduksi beban hidup untuk peninjauan gempa
(PPIUG, 1983) = 0,80.

Dalam tugas akhir ini, beban-beban yang diperhitungkan hanya beban mati, beban hidup dan beban gempa. Dikarenakan analisis yang diteliti salah satunya adalah analisis 3 dimensi maka kombinasi-kombinasi yang digunakan adalah:

1. Comb 1 → $U = 1,2D + 1,6L$
2. Comb 2 → $U = 1,05(D + 0,8L + 0,3Ex, \text{ kiri} + Ey, \text{ atas})$
3. Comb 3 → $U = 1,05(D + 0,8L + Ex, \text{ kiri} + 0,3Ey, \text{ atas})$
4. Comb 4 → $U = 1,05(D + 0,8.L + 0,3Ex, \text{ kiri} + Ey, \text{ bawah})$
5. Comb 5 → $U = 1,05(D + 0,8.L + Ex, \text{ kiri} + 0,3Ey, \text{ bawah})$
6. Comb 6 → $U = 1,05(D + 0,8.L + 0,3Ex, \text{ kanan} + Ey, \text{ atas})$
7. Comb 7 → $U = 1,05(D + 0,8.L + Ex, \text{ kanan} + 0,3Ey, \text{ atas})$
8. Comb 8 → $U = 1,05(D + 0,8.L + Ex, \text{ kanan} + 0,3Ey, \text{ bawah})$
9. Comb 9 → $U = 1,05(D + 0,8.L + 0,3Ex, \text{ kanan} + Ey, \text{ bawah})$

Keterangan:

D = Beban mati.

L = Beban hidup.

Ex, kiri = Beban gempa dari arah X sebelah kiri (arah barat).

Ex, kanan = Beban gempa arah X sebelah kanan (arah timur).

E_y , atas = Beban gempa dari arah Y sebelah atas (arah utara).

E_y , bawah = Beban gempa arah Y sebelah bawah (arah selatan).

Untuk analisis 2 dimensi, kuat perlu (U) yang digunakan adalah:

1. $U = 1,2D + 1,6L$
2. $U = 1,05 (D + L.r + E)$
3. $U = 0,9 (D + E)$

3.5. Prinsip-Prinsip Dasar Konsep Disain Kapasitas

Bila suatu struktur bangunan direncanakan tahan terhadap gempa, tidaklah berarti struktur tidak rusak sama sekali bila dilanda gempa. Kerusakan pada struktur boleh terjadi, tetapi pada daerah tertentu dan pada batas-batas tertentu yang tidak membahayakan penghuninya.

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis yang mampu memencarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur harus dikendalikan sedemikian rupa sehingga berperilaku memuaskan dan tidak sampai runtuh pada saat dilanda gempa kuat. Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan terlebih dahulu dapat dilakukan, terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan seperti ini dikenal sebagai konsep Desain Kapasitas atau *Capacity Design* (Gideon, 1994)

Prinsip dari disain kapasitas adalah:

1. Salah satu/elemen tertentu penahan gaya horizontal dipilih untuk di desain secara khusus agar dapat berfungsi untuk tujuan memencarkan energi pada tingkat deformasi inelastik. Tempat kritis yang disengaja untuk berdeformasi secara inelastik disebut *plastic hinge* atau sendi-sendi plastik.
2. Elemen-elemen yang lain diproteksi sedemikian rupa sehingga tidak akan terjadi kerusakan. Kerusakan sudah dilokalisir di daerah tertentu dimana sendi-sendi plastik itu berada. Dengan detailing yang baik maka sendi-sendi plastik akan berperilaku daktil. (Widodo, 2002)

Guna menjamin terjadinya mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok, konsep desain kapasitas diterapkan untuk merencanakan agar kolom lebih kuat dari balok (*strong column weak beam*). Keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi dahulu dari kegagalan-kegagalan akibat beban lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi plastis yang cukup besar. Untuk konsep *strong column weak beam*, hanya pada ujung bawah kolom dasar dan kolom paling atas yang didesain secara inelastik, sedangkan pada kolom-kolom pada tingkat di atas kolom dasar sampai kolom dibawah kolom paling atas dikehendaki tetap masih pada kondisi elastis pada gempa menengah sampai gempa besar. Untuk mencapai tujuan tersebut perlu adanya beberapa faktor atau koefisien yang perlu diperhitungkan.

3.5.1. Karakteristik Disain Kapasitas

Secara lebih terperinci dan bersifat operasional, disain kapasitas pada struktur bangunan tahan gempa mempunyai beberapa karakteristik, antara lain sebagai berikut di bawah ini:

1. Pada desain kapasitas, tempat-tempat yang potensial terjadinya sendi-sendi plastis telah direncanakan. Hal ini dapat dilakukan dengan baik apabila kuat lentur nominal (M_n) yang sebenarnya dapat diketahui secara tepat. Kuat lentur nominal (M_n) ini merupakan *supply* dan diberikan untuk mengatasi kuat perlu (M_u) yang diminta (*required strength*).
2. Pada tempat-tempat sendi-sendi plastis yang direncanakan tersebut didetail secara baik, teliti dan cukup agar daktilitas yang diinginkan pada daerah ini dapat dicapai dengan baik. Detail yang dimaksudkan dalam hal ini adalah pemasangan tulangan geser sedemikian rupa sehingga mampu menghindari terjadinya rusak geser dan mampu menimbulkan pengekangan pada beton di tempat-tempat sendi-sendi plastis tersebut.
3. Pada tempat-tempat selain di daerah sendi-sendi plastis tersebut, didesain sedemikian rupa sehingga masih dalam kondisi elastis pada saat gempa besar. Desain yang dimaksudkan untuk melindungi terjadinya rusak geser maupun terjadinya rusak karena *bond* (keruntuhan ikatan).

Selain karakteristik yang diungkapkan di atas, terdapat karakteristik/ciri utama *capacity design* adalah (Paulay & Priestley, 1992):

1. Letak kemungkinan terjadinya sendi plastik sudah ditentukan secara jelas. Hal ini diperoleh dengan memilih pola penggoyangan yang tepat yaitu

“*Beam Sway Mechanism*” yang mana kolom direncanakan lebih kuat daripada balok. Dengan kondisi seperti itu maka sendi-sendi plastik akan terjadi pada ujung-ujung balok dan ujung bawah kolom tingkat dasar.

2. Lokasi yang direncanakan sendi plastik didetail secara baik sehingga walaupun berdeformasi secara inelastik tetapi tetap daktil. Pada kondisi tersebut tidak akan terjadi kerusakan secara “prematuur”. Karena elemen daktil mampu menjaga kestabilan (tidak runtuh) pada deformasi inelastik, maka proses disipasi (pemancaran) energi dapat berlangsung secara baik.
3. Elemen-elemen yang berpotensi *brittle* (getas) dan tidak baik dalam melakukan disipasi (memancarkan) energi “sengaja diperkuat” sehingga tidak akan terjadi sendi-sendi plastik (pada kolom). Cara memperkuat elemen tersebut adalah dengan memberikan kekuatan yang lebih besar dari pada (*overstrenght*) yang ada pada balok. Dengan demikian elemen kolom senantiasa tetap elastik selama beban gempa berlangsung (sementara balok boleh berperilaku inelastik).
4. *Shear failure* pada saat terjadinya *inelastik deformation*, harus dihindari dengan jalan memasang *lateral confinement* yang cukup. Selain itu, *anchorage failure* dan bentuk-bentuk instabilitas yang lain (*beam coloumn joint failure*) sangat dihindari dengan detail elemen yang baik.

3.6. Perencanaan Struktur Dan Beton Bertulang

Beton sebagai suatu struktur umumnya dibentuk dari campuran semen, air agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu belah atau kerikil) dengan

perbandingan tertentu. Beton kuat terhadap tekan, tetapi lemah terhadap tarik (kuat tarik beton dianggap tidak ada), maka struktur beton memerlukan tulangan sebagai penahan gaya tarik yang bekerja pada struktur beton tersebut.

Dalam perencanaan struktur beton dikenal ada 2 metode, yaitu metode tegangan kerja (metode elastis) dan metode kuat batas (metode ultimit). Untuk Tugas Akhir ini, metode perencanaan beton yang dipakai adalah metode kuat batas. Pada metode kuat batas digunakan beban terfaktor dan kekuatan penampang yang di hitung pada ambang keruntuhan, sedang tegangan beton desak kira-kira sebanding dengan regangannya (hanya sampai tingkat pembebanan tertentu). Angapan-anggapan yang digunakan untuk perhitungan kekuatan lentur nominal adalah:

1. Kekuatan unsur-unsurnya harus memenuhi syarat-syarat keseimbangan dan kompatibilitas (keserasian) tegangan,
2. Regangan di dalam baja tulangan dan beton dianggap berbanding lurus dengan jarak terhadap garis netral,
3. Regangan maksimum yang dapat dipakai (ϵ_{cu}) pada serat desak ekstrim beton diambil sebesar 0,003.
4. Kuat tarik beton diabaikan.
5. Modulus elastisitas baja tulangan (E_s) diambil sebesar 200000 Mpa,
6. Antara beton dan baja tulangan terjadi lekatan sempurna dan tidak ada slip,
7. Untuk alasan praktis, maka distribusi tegangan desak beton diambil sebagai distribusi tegangan persegi ekuivalen.

Di dalam analisis struktur secara statik, besaran-besaran yang diperoleh pada umumnya adalah momen lentur, gaya aksial dan gaya lintang. Besaran-besaran ini dapat diperoleh karena adanya beban yang bekerja pada struktur, baik bersifat beban gravitasi maupun beban sementara.

Pada umumnya nilai maksimum gaya-gaya tersebut diperoleh pada suatu kombinasi pembebanan tertentu. Pada bangunan tinggi bertingkat banyak dengan bentang balok yang tidak terlalu panjang, umumnya beban gempa menjadi lebih dominan dibandingkan dengan beban gravitasi. Dengan demikian, kombinasi antara beban gravitasi dan beban gempa menjadi menentukan.

Kekuatan elemen setiap struktur harus diperhitungkan dengan menggunakan kriteria kekuatan yang terjadi harus lebih besar atau sama dengan kekuatan yang dibutuhkan. Kekuatan yang dibutuhkan (kuat perlu) merupakan beban rencana, yang mana beban rencana (beban terfaktor) ini didapat dari estimasi beban kerja dikalikan dengan faktor beban.

3.6.1. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur

Balok adalah komponen atau elemen yang tidak terpisahkan pada struktur gedung. Untuk mendisain balok agar aman dan kuat maka harus ada tahap-tahap yang harus dilakukan dalam pendisaiannya.

Tentunya, syarat yang harus diperhatikan dalam perencanaan balok adalah :

$$\phi M_n \geq M_u \dots\dots\dots (3. 10)$$

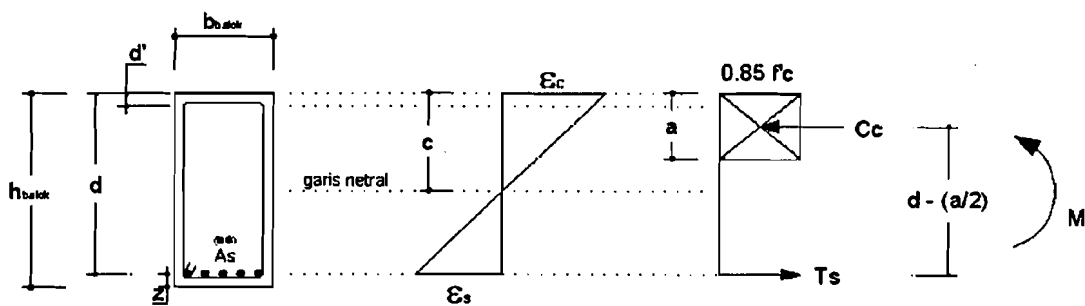
M_n = Momen nominal balok berdasarkan tulangan terpasang

M_u = Momen ultimate balok (hasil analisis struktur)

ϕ = Faktor reduksi kekuatan untuk beban momen lentur = 0,8

Momen nominal balok adalah momen ideal berdasarkan ukuran ideal, mutu bahan ideal dan penempatan tulangan yang ideal. SKSNI memberikan nilai factor keamanan yaitu factor reduksi kekuatan (ϕ). Maksud dari munculnya factor reduksi ini adalah untuk memperhitungkan terhadap kekuatan bahan, pengerjaan, ketidaktepatan ukuran, pengendalian dan pengawasan. Apabila nilai momen yang di didesain (M_n) tidak dikalikan dengan factor reduksi (ϕ), dikhawatirkan dengan balok yang dilaksanakan di lapangan tidak sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

Pada perhitungan kuat lentur nominal (M_n), didasarkan pada distribusi tegangan yang mendekati bentuk parabola. Dengan menggunakan distribusi tegangan persegi ekuivalen, kuat lentur nominal dapat diperoleh sebagai berikut:



Gambar 3. 11. Tampang, regangan dan tegangan kondisiimbang pada balok

Gaya – gaya internal pada balok, seperti pada Gambar 3. 11:

$$\text{Gaya Tekan (Compression)} : C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \dots\dots\dots (3. 11)$$

$$\text{Gaya Tarik (Tension)} : T_s = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots (3. 12)$$

Berdasarkan keseimbangan $C_c = T_s$ didapatkan :

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3.13)$$

Sehingga momen tahan nominalnya adalah :

$$Mn = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3.14)$$

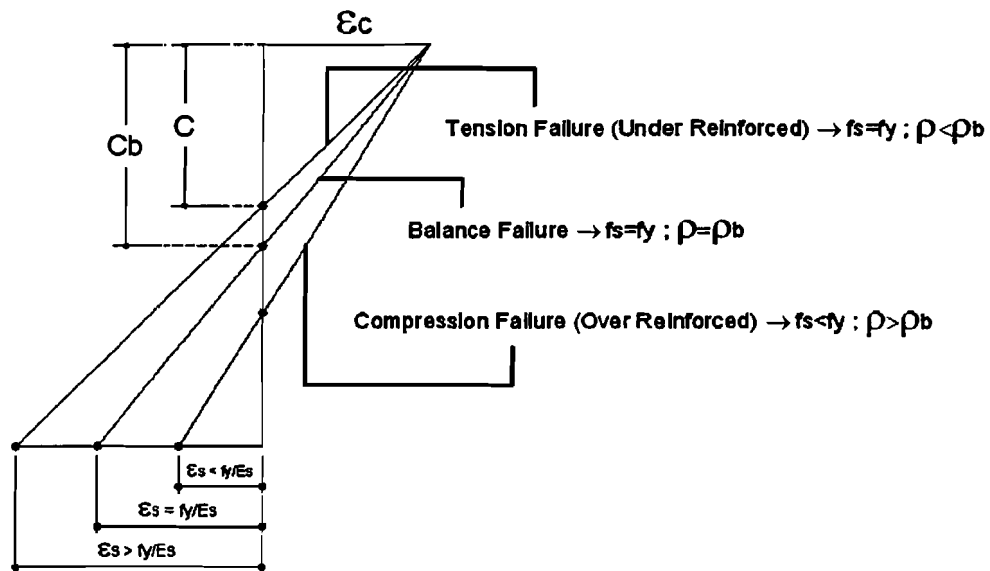
3.6.1.1 Kondisi Kerusakan elemen balok

Kuat nominal diasumsikan tercapai apabila regangan di dalam serat desak beton ekstrim sama dengan runtuh beton ϵ_{cu} , diambil sebesar 0,003. Berdasarkan jenis keruntuhan balok dapat dikelompokkan pada :

1. Kerusakanimbang (*balance failure*), suatu balok mengalami keruntuhan pada saat balok mencapai kekuatan Mn dimana beton mencapai regangan ultimit $\epsilon_c = 0,003$ dan baja tarik mencapai regangan leleh ϵ_y .
2. Kerusakan desak (*Compression failure*) atau sering disebut dengan *over-reinforced*, suatu balok mengalami keruntuhan pada saat balok mencapai kekuatan Mn dimana baja tarik belum leleh tetapi beton desak sudah mencapai ϵ_{cu} . Kejadian ini ditandai dengan hancurnya beton bagian yang mengalami desak. Pada kondisi *over reinforced*, balok rusak secara tiba-tiba tanpa adanya peringatan dini (lendutan relatif kecil). Kerusakan balok jenis ini tidak dianjurkan karena sangat berbahaya bagi penghuni.
3. Kerusakan tarik (*Tension failure*) atau sering disebut dengan *under-reinforced*, suatu balok mengalami keruntuhan pada saat balok mencapai Mn , yaitu pada saat kondisi baja sudah leleh tetapi beton belum mencapai ϵ_{cu} . Kejadian ini ditandai dengan terjadinya luluh pada tulangan bajanya. Kerusakan balok jenis ini dianjurkan hal ini dikarenakan sebelum balok

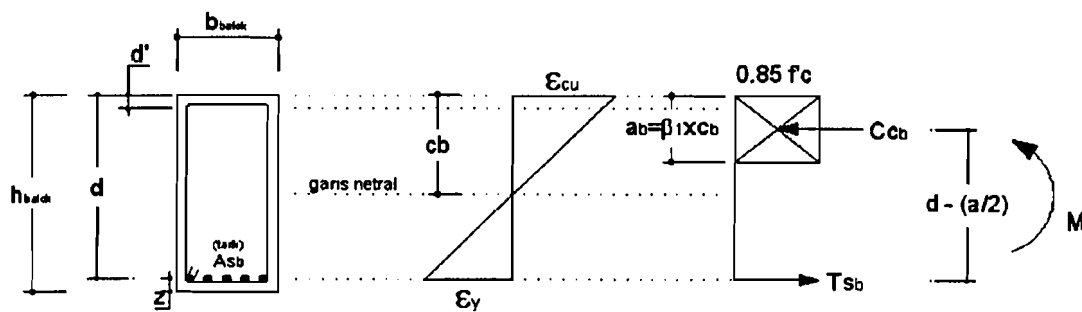
runtuh, balok tersebut memperlihatkan tanda-tanda sebelum runtuh yaitu berupa lendutan yang cukup besar.

Tanda-tanda diatas jika dirangkum dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 3. 12 berikut ini:



Gambar 3. 12. Diagram regangan pada ragam kerusakan elemen balok

3.6.1.2 Kondisi elemen balok rusak imbang (*balanced failure*)



Gambar 3. 13. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok kondisi rusak imbang/*balance failure*

Kondisi seimbang adalah keadaan tampang pada kondisi saat regangan hancur beton dicapai bersama dengan regangan luluh baja tulangan.

Untuk menyatakan jumlah luas relatif baja tulangan tarik di dalam suatu balok terhadap luas efektif penampang, dinyatakan atau sering disebut dengan rasio tulangan adalah :

$$\rho = \frac{As}{b \times d} \rightarrow \rho_b = \frac{As_b}{b \times d} \dots\dots\dots (3. 15)$$

dari diagram regangan berimbang (Gambar 3. 13):

$$\frac{c_b}{d} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \left(\frac{fy}{Es}\right)} = \frac{0,003}{0,003 + \left(\frac{fy}{200000}\right)}$$

$$\frac{c_b}{d} = \frac{600}{600 + fy} \dots\dots\dots (3. 16)$$

dari keseimbangan antara gaya desak C_{cb} dan T_{sb} seperti yang tampak pada Gambar 3. 13 diperoleh:

$$C_{cb} = T_{sb}$$

$$0,85 \times f'c \times a_b \times b = As_b \times fy$$

$$0,85 \times f'c \times a_b \times b = (\rho_b \times b \times d) \times fy$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times a_b}{d \times fy} \dots\dots\dots (3. 17)$$

dengan tebal blok desak beton imbang (a_b):

$a_b = \beta_1 \times c_b$, maka rasio tulangan imbang (ρ_b) dapat diubah menjadi

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1 \times c_b}{d \times fy}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{c_b}{d} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (3. 18)$$

Keterangan: 1) Jika $f'_c \leq 30$ MPa, maka $\beta_1 = 0,85$

2) Jika $f'_c > 30$ MPa, maka $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \geq 0,65$

Dari keseimbangan antara gaya desak Cc_b dan Ts_b seperti yang tampak pada Gambar 3. 13 juga dapat diperoleh $Cc_b = Ts_b$

$$0,85 \times f'c \times a_b \times b = A_s_b \times f_y$$

$$0,85 \times f'c \times a_b \times b = (\rho_b \times b \times d) \times f_y$$

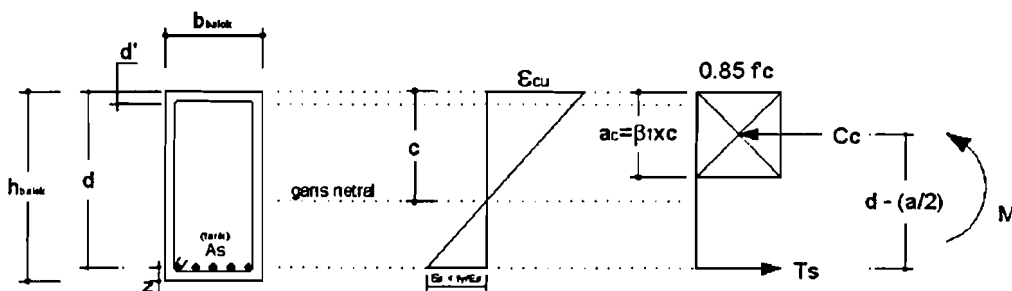
$$a_b = \frac{\rho_b \times d \times f_y}{0,85 \times f'c} \dots\dots\dots (3. 19)$$

momen nominal yang dapat dikerahkan oleh potongan balok pada kondisi rusak imbang/*balance failure* adalah

$$Mn_b = Cc_b \times \left(d - \frac{a_b}{2} \right)$$

$$Mn_b = 0,85 \times f'c \times a_b \times b \times \left(d - \frac{a_b}{2} \right) \dots\dots\dots (3. 20)$$

3.6.1.3 Kondisi elemen balok rusak desak (*compression failure*)



Gambar 3. 14. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok kondisi rusak desak/*compression failure*

Kondisi elemen balok rusak desak/*compression failure* diakibatkan karena jumlah tulangan ($\rho > \rho_b$) yang ada pada balok tersebut cukup besar. Kondisi ini sering dinamakan dengan *over reinforced*. Gambar 3. 14 menunjukkan bahwa kondisi ini mengatakan bahwa regangan desak/tegangan desak beton akan mencapai maksimum/ultimit (ϵ_{cu}) sebelum baja tulangannya mencapai regangan leleh.

Pada kondisi elemen balok rusak desak/*compression failure*, regangan tarik baja belum mencapai regangan leleh, maka tegangan baja juga belum mencapai tegangan leleh ($f_s < f_y$). Dapat dicermati pada Gambar 3. 14 bahwa tegangan tarik baja:

$$f_s = \epsilon_s \times E_s \rightarrow \epsilon_s = \frac{f_s}{E_s} \dots\dots\dots (3. 21)$$

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_{cu}} = \frac{d - c}{c}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times \epsilon_{cu}$$

$$\frac{f_s}{E_s} = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times \epsilon_{cu}$$

$$f_s = \left(\frac{d - c}{c} \right) \times \epsilon_{cu} \times E_s \dots\dots\dots (3. 22)$$

dengan memperhitungkan keseimbangan gaya-gaya internal, maka tebal blok desak beton (a_c):

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f'_c \times a_c \times b = A_s \times f_y \quad \text{dimana } f_y > f_s, \text{ maka}$$

$$0,85 \times f'c \times a_c \times b = As \times fs$$

$$0,85 \times f'c \times a_c \times b = As \times \left(\frac{d-c}{c} \times \varepsilon_{cu} \times Es \right)$$

$$0,85 \times f'c \times a_c \times b = \rho \times b \times d \times \left(\frac{d-c}{c} \times \varepsilon_{cu} \times Es \right)$$

$$0,85 \times f'c \times a_c \times b = \rho \times b \times d \times \left(\frac{d - \frac{a_c}{\beta_1}}{\frac{a_c}{\beta_1}} \times \varepsilon_{cu} \times Es \right) \xrightarrow{\text{dikalikan}} \frac{a_c}{\beta_1}$$

$$0,85 \times f'c \times a_c \times b \times \frac{a_c}{\beta_1} = (\rho \times b \times d^2 \times \varepsilon_{cu} \times Es) - (\rho \times b \times d \times \frac{a_c}{\beta_1} \times \varepsilon_{cu} \times Es)$$

→ persamaan ini dikalikan dengan $\frac{\beta_1}{b \times \rho \times \varepsilon_{cu} \times Es}$, akan menjadi:

$$\left(\frac{0,85 \times f'c}{\rho \times \varepsilon_{cu} \times Es} \right) a_c^2 + ha_c - \beta_1 d^2 = 0 \dots\dots\dots (3.23)$$

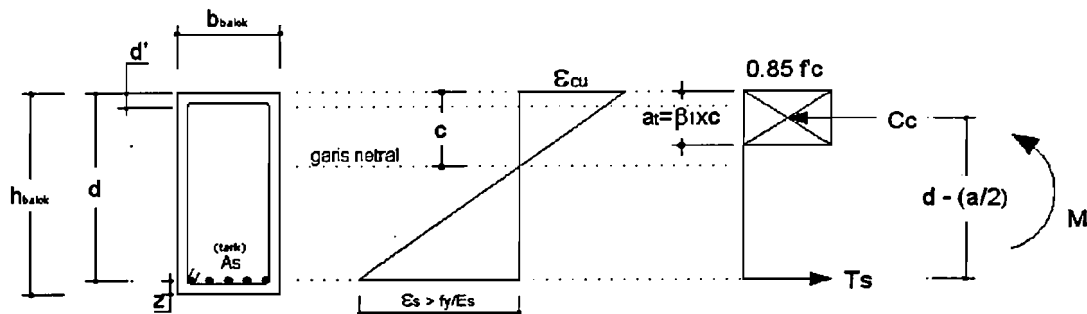
Persamaan 3.23 merupakan persamaan kuadrat dalam a_c . Jika data yang lain seperti $f'c$, ε_{cu} , Es , ρ dan d diketahui maka tebal beton desak (a_c) dapat dihitung.

Momen nominal yang dapat dikerahkan adalah :

$$Mn = Cc \times \left(d - \frac{a_c}{2} \right)$$

$$Mn = 0,85 \times f'c \times a_c \times b \times \left(d - \frac{a_c}{2} \right) \dots\dots\dots (3.24)$$

3.6.1.4 Kondisi elemen balok rusak tarik (*tension failure*)



Gambar 3. 15. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok kondisi rusak tarik/*tension failure*

Kondisi elemen balok rusak tarik/*tension failure* diakibatkan karena jumlah tulangan ($\rho < \rho_b$) yang ada pada balok tersebut sedikit. Kondisi ini sering dinamakan dengan *under reinforced*. Dilihat dari Gambar 3. 15 tampak jelas bahwa kondisi ini mengatakan bahwa baja tulangan akan leleh dan mencapai tegangan leleh (f_y) sebelum regangan desak beton mencapai regangan ultimit (ϵ_{cu}). Pada beban yang bertambah besar, tegangan tarik baja tetap sebesar f_y dan gaya tarik baja tetap sebesar $A_s \cdot f_y$. Namun demikian, regangan tarik baja akan bertambah (retak beton tarik juga bertambah) dan tegangan desak beton sudah bersifat non linear/parabolik (Widodo, 2002).

Pada kondisi dimana lengan kopel momen membesar, regangan tarik baja bertambah. Lalu akan diikuti dengan dicapainya regangan desak ultimit (ϵ_{cu}), garis netral akan bergerak sedikit ke atas yang mengakibatkan panjang jarak garis netral tegangan ke sisi terjauh beton desak (c) semakin membesar dan tebal blok desak beton (a) menjadi lebih pendek. Apabila beban terus diperbesar, regangan baja tulangan terus membesar tetapi kemudian diikuti dengan remuknya beton

desak. Apabila demikian, maka balok telah rusak tarik dan daya tahan momen lentur balok akan berkurang. Dikarenakan pada kondisi balok rusak tarik/*under reinforced* baja tulangan sudah leleh ($\epsilon_s > \epsilon_y$; $f_s = f_y$) maka momen nominal M_n juga dapat dihitung menjadi:

$$M_n = T_s \times \left(d - \frac{a_t}{2} \right)$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a_t}{2} \right) \dots\dots\dots (3.25)$$

dimana $a_t = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \times \rho \times b$ (didapat dari keseimbangan antara gaya desak dan

C_c dan T_s), maka momen nominal dapat menjadi:

$$M_n = (\rho \times b \times d) \times f_y \times \left(d - \frac{\frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \times \rho \times d}{2} \right)$$

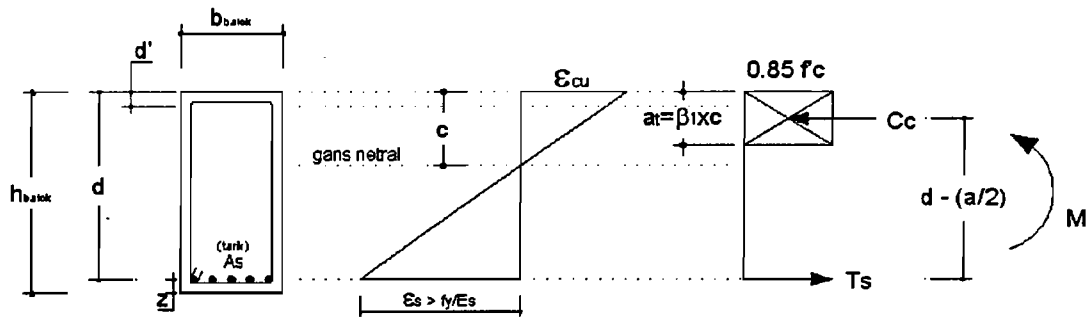
$$M_n = \rho \times b \times d \times f_y \times d \times \left(1 - 0,59 \times \frac{\rho \times f_y}{f'_c} \right)$$

$$M_n = R_t \times b \times d^2 \dots\dots\dots (3.26)$$

$$\text{dengan } R_t = \rho \times f_y \times \left(1 - 0,59 \times \frac{\rho \times f_y}{f'_c} \right) \dots\dots\dots (3.27)$$

3.6.2. Disain lentur balok tulangan sebelah

Dalam mendisain balok tulangan sebelah, prinsip yang dipakai dalam mendisain adalah balok tulangan sebelah dengan kondisi jumlah tulangan tarik sedikit/*under reinforced* dimana $\rho < \rho_b$ dan $f_s = f_y$.



Gambar 3. 16. Diagram tegangan regangan dan kopel momen balok tulangan sebelah

keseimbangan gaya-gaya internal:

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f'c \times a_1 \times b = A_s \times f_y$$

$$0,85 \times f'c \times a_1 \times b = (\rho \times b \times d) \times f_y$$

$$a = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \times \rho \times d \dots\dots\dots (3. 28)$$

Momen nominal (M_n) yang dapat dikerahkan:

$$M_n = T_s \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} \times \rho \times \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \times d \right)$$

$$M_n = (\rho \times b \times d) \times f_y \times d \times \left(1 - \frac{1}{2} \times \rho \times \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \right)$$

$$M_n = \rho \times f_y \times \left(1 - \frac{1}{2} \times \rho \times m \right) \times b \times d^2$$

$$M_n = R_n \times b \times d^2 \dots\dots\dots (3. 29)$$

dengan:

$$Rn = \rho \times fy \times \left(1 - \frac{1}{2} \times \rho \times m\right) \dots\dots\dots (3.30)$$

$$\rho = \frac{As}{b \times d^2} \leq 0,75\rho_b \dots\dots\dots (3.31)$$

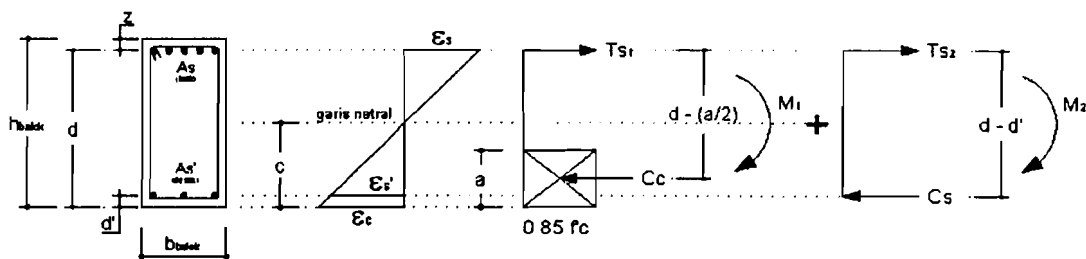
$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} \dots\dots\dots (3.32)$$

3.6.3. Balok Bertulangan Rangkap

Balok mempunyai tulangan rangkap apabila mempunyai tulangan tarik dan tulangan desak sekaligus. Pemakaian tulangan desak ini dikarenakan tulangan nominal lentur (M_n) yang ada belum mencukupi untuk mendukung momen yang terjadi dan juga bermanfaat untuk pembebanan bolak-balik.

Pada balok bertulangan rangkap, penampangnya secara teoritis dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Bagian yang bertulangan tunggal, termasuk blok segi empat ekivalen, dengan luas tulangan tarik adalah $A_s - A_s'$
2. Bagian bertulangan ganda, dengan asumsi baja tulangan tarik dan desak ekivalen luasnya sama.

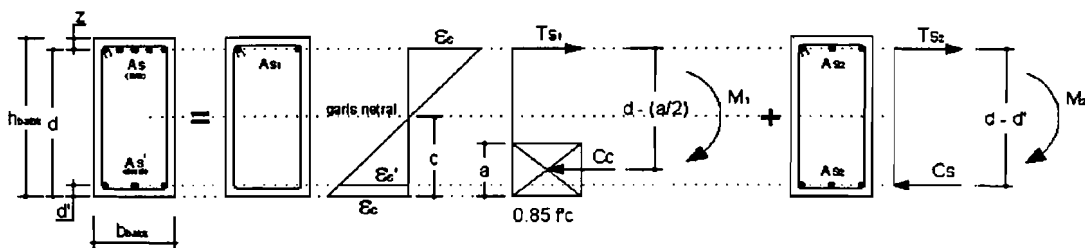


Gambar 3. 17. Distribusi Tegangan Regangan pada Balok Tulangan Rangkap



3.6.3.1 Desain Balok Tulangan Rangkap (Baja Desak Leleh)

Kejadian balok tulangan rangkap dengan kondisi tulangan baja desak mengalami leleh disebabkan karena ukuran balok sangat dibatasi sehingga nilainya relatif kecil yang mengakibatkan momen nominalnya (M_n) menjadi kecil pula sehingga persyaratan $M_n > M_u/\phi$ tidak terpenuhi. Apabila demikian, maka kekurangan suplai kekuatan tersebut harus ditutupi oleh adanya tulangan rangkap.



Gambar 3. 18. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok Tulangan Rangkap baja desak leleh

Momen nominal (M_n) yang dikerahkan oleh tulangan sebelah adalah :

$$Mn_1 = R_1 \times b \times d^2 \dots\dots\dots (3.33)$$

dimana :

$$R_1 = \rho_1 \times fy \times \left(1 - \frac{1}{2} \times \rho_1 \times m\right) \dots\dots\dots (3.34)$$

$$\rho_1 = 0,75 \times \rho_b \dots\dots\dots (3.35)$$

dengan demikian luas tulangan (A_1) untuk balok tulangan sebelah adalah :

$$As_1 = \rho_1 \times b \times d \dots\dots\dots (3.36)$$

dari persamaan 3.36 Maka jumlah tulangan (n_1) yang dibutuhkan dapat dicari dengan cara :

$$A_{tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times d_{tul}^2 \dots\dots\dots (3.37)$$

$$n_1 = \frac{As_1}{A_{tul}} \dots\dots\dots (3.38)$$

keterangan :

n_1 = jumlah tulangan sebelah

As_1 = luas tulangan sebelah (mm^2)

setelah luas tulangan (As_1) pada persamaan 3.36 telah dihitung, maka jumlah tulangan untuk balok tulangan sebelah dapat dihitung.

SKSNI T-15-1991-03 (3.3.3 – 3) mengatakan bahwa nilai $\rho_{maks} < 0,75\rho_b$, hal ini dikarenakan agar balok dikondisikan ketika rusak balok tersebut dalam kondisi *under reinforced*/kondisi dimana balok rusak patah tarik. Oleh karena itu, $\rho_1 = \rho_{maks} = 0,75\rho_b$. Hal ini menimbulkan adanya sisa momen (Mn_2) yang harus diperhitungkan kembali agar persyaratan $Mn < Mu/\phi$ tercapai. Besarnya nilai sisa momen (Mn_2) tersebut adalah :

$$Mn_2 = \frac{Mu}{\phi} - Mn_1 \dots\dots\dots (3.39)$$

Keterangan :

ϕ = faktor reduksi (0,8)

Setelah momen sisa (Mn_2) diketahui, maka gaya tarik (Ts_2) dapat dicari yaitu :

$$Ts_2 = \frac{Mn_2}{d - d'} \dots\dots\dots (3.40)$$

maka, luas tulangan rangkap (As_2) yang didapat dari persamaan momen kopel pada Gambar 3.18 adalah :

$$As_2 = \frac{Ts_2}{fy} \dots\dots\dots (3.41)$$

Dari persamaan Maka jumlah tulangan (n_2) yang dibutuhkan dapat dicari dengan cara :

$$n_2 = \frac{As_2}{A_{tul}} \dots\dots\dots (3.42)$$

dengan A_{tul} didapat dengan menggunakan persamaan 3.37.

keterangan :

n_2 = jumlah tulangan rangkap

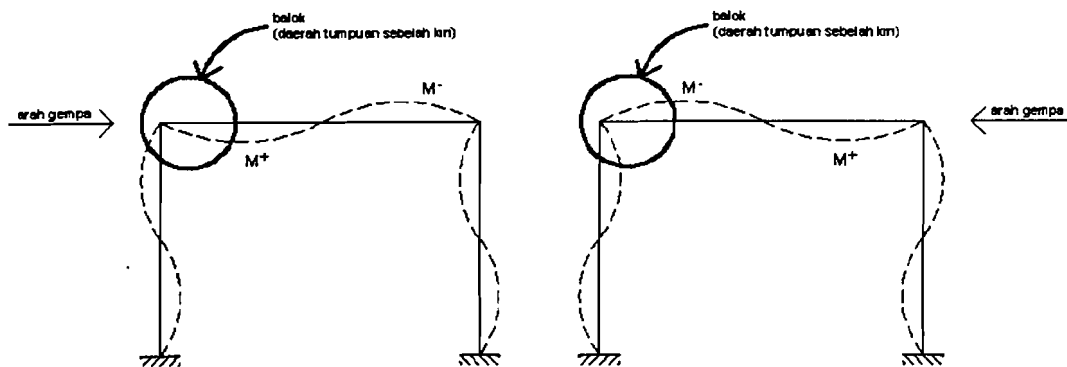
As_2 = luas tulangan rangkap (mm^2)

A_{tul} = luas 1 tulangan (mm^2)

Kebutuhan luas tulangan total untuk daerah tarik (As) adalah $As_1 + As_2$, sedangkan untuk luas tulangan total daerah desak (As') adalah As_2 . Dengan demikian maka jumlah total tulangan tarik adalah $n_1 + n_2$, sedangkan untuk tulangan desak adalah n_2 .

3.6.3.2 Desain Balok Tulangan Rangkap (Baja Desak Belum Leleh)

Pada pendisainan bangunan tahan gempa, balok di daerah tumpuan akan menerima dua momen yang bergantian, yaitu momen positif dan momen negatif. Pada Gambar 3. 19 tampak jelas akibat gempa kiri, momen yang terjadi di tumpuan sebelah kiri adalah momen positif (M^+), tetapi ketika gempa datangnya dari arah sebelah kanan, maka momen yang terjadi di tumpuan sebelah kiri menjadi momen negatif (M^-).



Gambar 3.19. Perilaku struktur akibat menerima beban gempa

Tentunya hal semacam ini perlu dipertimbangkan dalam mendisain bangunan tahan gempa. Untuk tercapainya keadaan pada balok di daerah tumpuan dapat menahan momen negatif (M^-) dan momen positif (M^+) maka perlunya peninjauan kembali rumus yang telah ada selama ini dalam mendisain gedung tahan gempa, tentunya dengan memodifikasikan rumus yang telah ada.

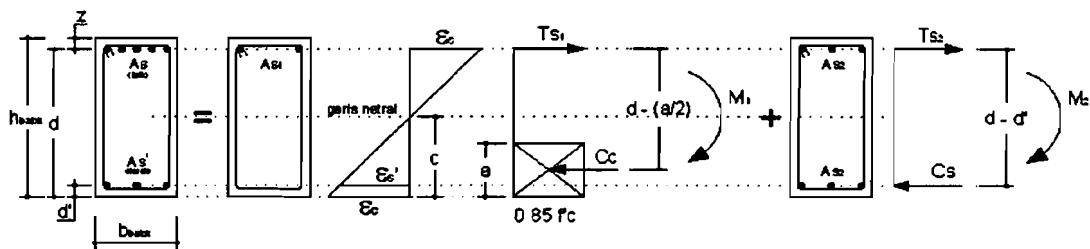
Dalam mendisain balok bertulangan rangkap pada kondisi baja desak belum luluh, nilai koefisien lawan untuk balok bertulangan rangkap pada kondisi baja desak belum leleh (R_1) dibuat menjadi lebih kecil dibandingkan dengan koefisien lawan yaitu (R_n) :

$$R_1 < R_n \dots\dots\dots (3.43)$$

dengan nilai R_n dapat dicari dengan pers 3.30.

Apabila nilai $R_1 < R_n$, maka nilai momen nominal untuk tulangan sebelah (M_{n1}) pada pers 3.33 akan lebih kecil dibandingkan dengan M_u/ϕ . Akibatnya masih ada sisa kebutuhan kekuatan yang harus ditahan oleh tulangan rangkap. Dalam hal ini banyak sedikitnya jumlah tulangan rangkap akan bergantung pada nilai R_1 . Semakin kecil nilai R_1 yang digunakan maka nilai momen nominal untuk

tulangan sebelah (M_1) semakin kecil. Nilai momen sisa (M_2) akan semakin besar dan jumlah tulangan rangkap simetri semakin banyak. Dengan demikian, jumlah tulangan tarik dan tulangan desak dapat diatur dengan mengatur nilai R_1 . Tentunya, dengan jumlah tulangan desak yang semakin banyak akan dapat membuat balok tersebut mampu menahan momen negatif (M^-) dan momen positif (M^+). Pada tahap awal mendisain tulangan rangkap kondisi baja desak belum leleh adalah dengan memperhatikan perhitungan tulangan sebelahnya terlebih dahulu terutama nilai R_1 .



Gambar 3. 20. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok Tulangan Rangkap baja desak belum leleh

Momen yang dapat dikerahkan oleh balok dengan b (lebar balok) dan d (tinggi efektif balok) dapat dicari dengan pers 3.29 dan dengan nilai R_n sesuai dengan pers 3.30.

$$\rho \leq \rho_b \dots\dots\dots (3. 44)$$

dan ρ_b sesuai dengan pers 3.18

Sedangkan untuk mendisain dimensi balok, persamaan yang digunakan adalah:

$$M_n = R_m \cdot b \cdot d^2 \dots\dots\dots (3. 45)$$

$$R_m = 0,75 \cdot R_n \dots\dots\dots (3. 46)$$

Persamaan 3.46 dimaksudkan agar dimensi yang dihasilkan dapat lebih besar dan jumlah tulangan yang dihasilkan dapat berkurang. Untuk mendesain balok tulangan rangkap kondisi baja desak belum leleh dimana perhitungannya di tahap balok bertulangan sebelah, maka digunakan pers 3.34 dengan:

$$R_1 = 0,75 \cdot R_m \dots\dots\dots (3.47)$$

dengan nilai $R_1 < R_n$. Untuk menjadikan nilai $R_1 < R_n$, maka nilai R_n dikalikan dengan nilai faktor pengali. Besarnya nilai faktor pengali berkisar antara 0,2 sampai dengan 0,7. Nilai ini tergantung pada selisih antara momen negatif (M^-) dengan momen positif (M^+). Semakin besar selisih antara momen negatif (M^-) dengan momen positif (M^+) maka semakin besar pula nilai faktor pengalinya, dan sebaliknya.

$$R_1 = (0,2 - 0,7) \cdot R_n \dots\dots\dots (3.48)$$

Jika selisih antara momen negatif (M^-) dengan momen positif (M^+) besar dan nilai faktor pengalinya diambil yang kecil, maka jumlah tulangan balok tersebut menjadi banyak dan boros. Dikatakan boros karena momen nominal (M_n) yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan momen yang diminta (M_u/ϕ). Dampak dari ini adalah harga per meter kubik balok menjadi semakin mahal dikarenakan harga tulangan lebih mahal dibandingkan dengan beton.

Untuk mencari tebal blok desak beton (a) dapat digunakan persamaan dengan melihat Gambar 3. 20:

$$M_1 = Cc \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3.49)$$

Persamaan 3.49 Akan menghasilkan persamaan kuadrat a. Jika nilai M_1 , kuat desak beton (f_c), lebar balok (b) dan tinggi efektif balok (d) diketahui maka nilai tebal blok desak beton (a) dapat dihitung.

Jumlah tulangan (n_1) pada balok bertulangan sebelah dapat dihitung dengan menggunakan prinsip mekanika yang diambil gaya-gayanya pada Gambar 3. 20 Rumusnya menjadi :

$\sum H = 0$ dan $Ts_1 - Cc = 0$, nilai Cc dapat dicari dengan pers 3.11 dan nilai Ts_1 dicari dengan persamaan berikut:

$$Ts_1 = As_1 \times fy \dots\dots\dots (3. 50)$$

sehingga:

$$Ts_1 = Cc = As_1 \times fy$$

$$As_1 = \frac{Cc}{fy} \dots\dots\dots (3. 51)$$

Dengan diketahuinya luas tulangan yang dibutuhkan (As_1), maka jumlah tulangan (n_1) dapat dihitung dengan pers 3.38. M_1 merupakan momen yang dihasilkan oleh balok bertulangan sebelah saja. Tentunya, momen yang dihasilkan belum mampu menahan yang terjadi. Agar momen yang terjadi dapat dihasilkan mampu menahan momen yang terjadi, momen sisa (M_2) yang ditahan oleh balok bertulangan rangkap. Nilai M_2 ini dapat dicari dengan pers 3.39, kemudian nilai gaya tarik baja (Ts_2) dapat dihitung dengan menggunakan prinsip mekanika yang diambil gaya-gayanya pada Gambar 3. 20 Rumusnya menjadi :

$$\sum H = 0$$

$$Ts_2 - Cs = 0$$

$$T_{s_2} = C_s \dots\dots\dots (3. 52)$$

dari momen kopel tulangan rangkap dari Gambar 3. 20 didapatkan :

$$T_{s_2} = C_s = \frac{M_2}{d - d'} \dots\dots\dots (3. 53)$$

setelah nilai gaya tarik baja dihitung, maka luas tulangan untuk balok bertulangan rangkap (A_2) adalah :

$$A_{s_2} = \frac{T_{s_2}}{f_s} \dots\dots\dots (3. 54)$$

keterangan :

d' = jarak antara pusat tulangan desak ke sisi terjauh beton desak (mm)

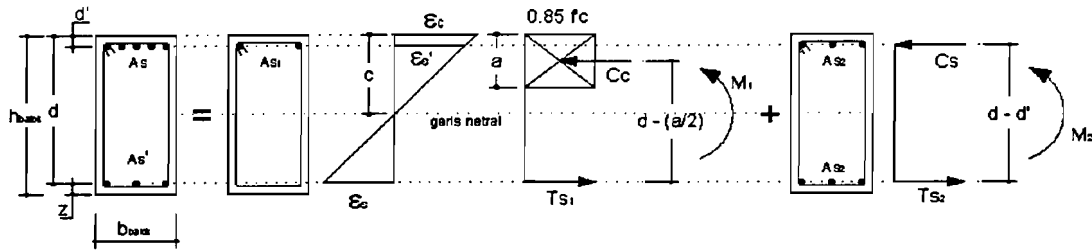
c = jarak garis netral tegangan ke sisi terjauh beton desak (mm)

jika baja desak sudah leleh maka nilai f_y langsung digunakan.

jumlah tulangan (n_2) yang dibutuhkan dicari dengan pers 3.42

Jadi, kebutuhan luas tulangan total untuk daerah tarik (A_s) adalah $A_{s_1} + A_{s_2}$, sedangkan untuk luas tulangan total daerah desak ($A_{s'}$) adalah A_{s_2} . Dengan demikian maka jumlah total tulangan tarik adalah $n_1 + n_2$, sedangkan untuk tulangan desak adalah n_2 .

Untuk menjamin aman atau tidak suatu balok bertulangan rangkap aman terhadap momen positif (M^+) maka perlu di kontrol. Sebelum di kontrol, tulangan yang semula berperan sebagai tulangan tarik diganti fungsinya menjadi tulangan desak. Sedangkan tulangan yang semula berperan sebagai tulangan desak diganti fungsinya menjadi tulangan tarik.



Gambar 3. 21. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok

Tulangan Rangkap baja desak belum leleh (kontrol kuat lentur momen positif) dari gaya-gaya internal seperti pada Gambar 3. 21 :

$$T_{s1} + T_{s2} = C_c + C_s$$

$$(A_s') \cdot f_y = (0,85 \cdot f_c' \cdot c \cdot a \cdot b) + \left(A_s \cdot \frac{a - \beta_1 \cdot d'}{a} \cdot \epsilon_c \cdot E_s \right) \dots\dots\dots (3. 55)$$

dari persamaan 3.55 Akan didapatkan persamaan kuadrat tebal blok beton desak (a) dimana nilai tebal blok beton desak (a) dapat dihitung. Jika nilai tebal blok beton desak (a) telah dihitung, maka M_1 dapat dicari dengan pers 3.49 dan M_2 dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_2 = T_{s2} \times (d - d') = A_s \times f_s \times (d - d') \dots\dots\dots (3. 56)$$

syarat balok dapat menahan momen positif (M^+) adalah :

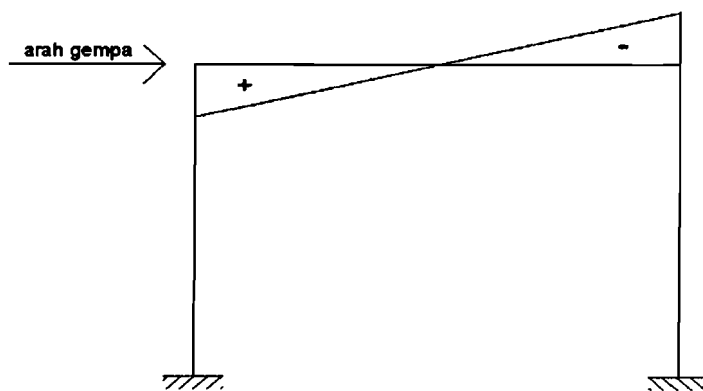
$$\frac{M_u}{\phi} \leq M_n = M_1 + M_2 \dots\dots\dots (3. 57)$$

jika persamaan 3.57 terpenuhi, maka balok bertulangan rangkap tersebut aman terhadap gempa dikarenakan mampu menerima momen positif (M^+) dan momen negatif (M^-).

3.7. Perhitungan Momen Kapasitas Balok

Di saat terjadi gempa seluruh struktur gedung mengalami goyangan akibat gempa tersebut. Suatu gedung yang telah direncanakan tahan gempa tidak mungkin tidak terjadi kerusakan pada struktur gedung tersebut. Prinsip konsep *strong column weak beam* adalah kolom harus lebih kuat dibandingkan dengan balok ketika terjadi gempa. Tentunya dalam perhitungan mendesain kolom dengan konsep *strong column weak beam* momen yang digunakan adalah momen kapasitas balok.

Momen kapasitas yang terjadi pada balok ada dua yaitu Momen Kapasitas Negatif (M_{kap}^-) dan Momen Kapasitas positif (M_{kap}^+). Momen-momen tersebut berada di bagian tumpuan balok. Untuk satu arah gaya lateral (gaya gempa) yang diterima oleh struktur gedung, momen yang muncul pada balok ada dua yaitu M_{kap}^+ berada di sebelah kiri dan M_{kap}^- di sebelah kanan jika arah gaya lateral tersebut berasal dari arah sebelah kiri struktur tersebut. Gambar 3. 22 berikut ini akan menjelaskan diagram momen yang timbul akibat beban gempa.

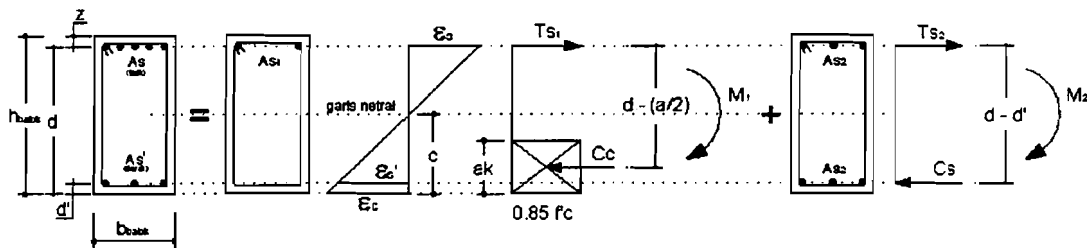


Gambar 3. 22. Diagram momen yang timbul akibat beban gempa dari arah kiri.

Perhitungan untuk menghitung momen kapasitas adalah sebagai berikut :

1) Momen Kapasitas Negatif (M_{kap}^-)

Momen negatif (M^-) yang dihasilkan dari analisis struktur nilainya lebih besar dibandingkan dengan momen negatif (M^+). Setelah balok didesain maka hasil gambarnya adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 23. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok Tulangan Rangkap

Pada perhitungan momen kapasitas momen negatif, tulangan desak dianggap sudah leleh. Pada umumnya, saat tulangan tarik mencapai kekuatan maksimum tetapi tulangan desak belum mencapai kekuatan maksimum. maka :

Keseimbangan gaya-gaya internal dari Gambar 3. 23 :

$$T_{s1} + T_{s2} = C_c + C_s$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$(A_s \times f_y) \times \phi_0 = (0,85 \times f'_c \times a_k \times b) + (A_s' \times f_y)$$

$$a_k = \frac{(A_s \times f_y \times \phi_0) - (A_s' \times f_y)}{0,85 \times f'_c \times b} \dots \dots \dots (3. 58)$$

dimana $a_k = \beta_1 \times c_k$, maka

$$c_k = \frac{a_k}{\beta_1} \dots \dots \dots (3. 59)$$

keterangan :

a_k = tebal blok desak beton pada momen kapasitas (mm)

ϕ_0 = overstrenght factor = 1,25

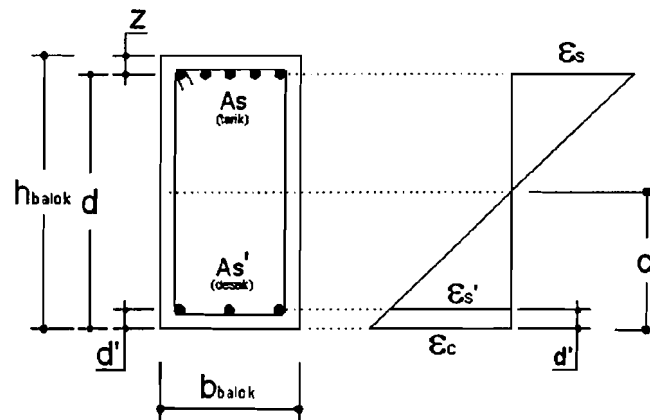
f_y = kuat leleh baja (MPa)

f'_c = kuat desak beton (MPa)

b = lebar balok (mm)

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton = 0,85

Kontrol tulangan desak



Gambar 3. 24. Tegangan Regangan Balok

Dari Gambar 3. 24, nilai tebal blok desak beton (a) adalah :

$$\frac{c - d'}{c} = \frac{\epsilon_s'}{\epsilon_c}$$

$$\frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \epsilon_s'$$

$$\left(\frac{\frac{a}{\beta_1} - d'}{\frac{a}{\beta_1}} \right) \times \epsilon_c = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\left(\frac{a - \beta_1 \times d'}{a} \right) \times \varepsilon_c = \frac{f_y}{E_s}$$

$$E_s \times \left(\frac{a - \beta_1 \times d'}{a} \right) \times \varepsilon_c = f_y$$

$$E_s \times (a - \beta_1 \times d') \times \varepsilon_c = f_y \times a$$

$$(E_s \times \varepsilon_c - f_y) \times a = \beta_1 \times d' \times E_s \times \varepsilon_c$$

$$a = \frac{\beta_1 \times d' \times E_s \times \varepsilon_c}{(E_s \times \varepsilon_c) - f_y} \dots \dots \dots (3.60)$$

dari persamaan 3.60, rumus tersebut dapat diolah lagi yang kemudian nilai c (jarak dari garis netral ke ke sisi terjauh beton desak) dapat diketahui dengan cara:

$$a = \frac{\beta_1 \times d' \times E_s \times \varepsilon_c}{(E_s \times \varepsilon_c) - f_y} \rightarrow \text{dimana } a = \beta_1 \times c$$

$$\beta_1 \times c = \frac{\beta_1 \times d' \times E_s \times \varepsilon_c}{(E_s \times \varepsilon_c) - f_y}$$

$$c = \frac{d' \times E_s \times \varepsilon_c}{(E_s \times \varepsilon_c) - f_y}$$

$$c = \frac{d'}{((E_s \times \varepsilon_c) - f_y) \times \frac{1}{E_s \times \varepsilon_c}}$$

$$c = \frac{d'}{1 - \frac{f_y}{E_s \times \varepsilon_c}} \dots \dots \dots (3.61)$$

Nilai dari persamaan 3.58 dan persamaan 3.61 dibandingkan, jika :

$a > a_k ; c > c_k \rightarrow$ baja desak belum leleh ($\varepsilon_s' < \varepsilon_s$ atau $f_s' < f_y$)

$a < a_k ; c < c_k \rightarrow$ baja desak leleh ($\varepsilon_s' > \varepsilon_s$ atau $f_s' > f_y$)

Untuk nilai momen kapasitas balok pada momen negatif (M_{kap}^-) dengan kondisi baja desak belum leleh :

$$T_s = C_c + C_s$$

$$(A_s \times f_y) \times \phi_0 = (0,85 \times f'_c \times a \times b) + \left(A_s' \times \left(\frac{c - d'}{c} \times \varepsilon_c \times E_s \right) \right)$$

$$(A_s \times f_y) \times \phi_0 = (0,85 \times f'_c \times a \times b) + \left(A_s' \times \left(\frac{a - (\beta_1 \times d')}{a} \times \varepsilon_c \times E_s \right) \right) \dots (3.62)$$

persamaan 3.62 akan menghasilkan persamaan kuadrat a. Setelah nilai a dihitung dengan penyelesaian persamaan kuadrat, maka nilai kuat leleh baja desak (f_s') adalah :

$$f_s' = \left(\frac{a - (\beta_1 \times d')}{a} \right) \varepsilon_c \times E_s \dots (3.63)$$

maka, momen kapasitas balok pada momen negatif (M_{kap}^-) adalah :

$$M_{kap}^- = M_1 + M_2 \dots (3.64)$$

dimana :

$$M_1 = C_c \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_1 = 0,85 \times f'_c \times a \times b \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots (3.65)$$

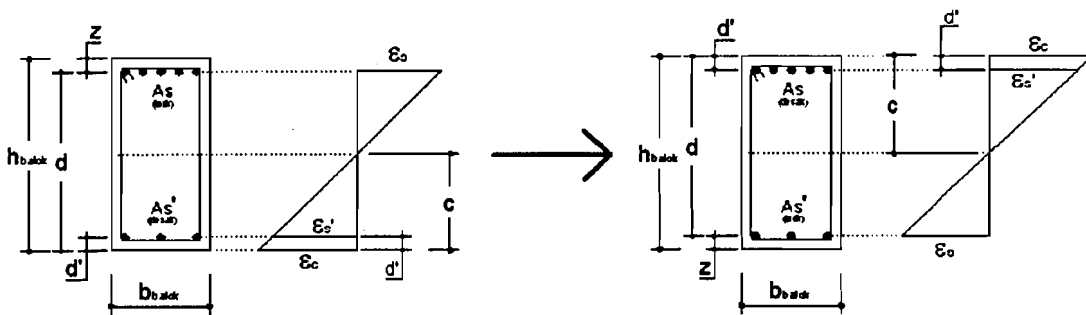
$$M_2 = C_s \times (d - d')$$

$$M_2 = A_s' \times f_s' \times (d - d') \dots (3.66)$$

2) Momen Kapasitas positif (M_{kap}^+)

Untuk menghitung M_{kap}^+ , luas tulangan yang semula adalah luas tulangan tarik berubah menjadi luas tulangan desak. Sedangkan luas tulangan yang

semula adalah tulangan desak berubah menjadi luas tulangan tarik. Hal ini bertujuan untuk untuk mengetahui kapasitas momen balok tersebut dengan kondisi tulangnya dibalik fungsinya. Fungsi yang dimaksud adalah tulangan tarik berfungsi menahan gaya tarik, sedangkan tulangan desak berfungsi menahan gaya desak. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. 25. Penampang dan tegangan regangan balok yang fungsinya dibalik

Untuk menghitung momen kapasitas positif, proses perhitungan dapat menggunakan persamaan 3.58 sampai 3.69. Dapat dipastikan bahwa tulangan desak kondisinya belum mencapai leleh.

3.8. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser

Selain menahan momen, balok di desain juga untuk dapat menahan gaya geser. Gaya geser timbul diakibatkan karena adanya gaya-gaya yang diterima oleh balok. Gaya-gaya tersebut antara lain adalah beban gravitasi dan beban gempa. Hal ini apabila tidak diperhitungkan dalam mendisain akan mengakibatkan kerusakan pada balok yang di desain, hal ini dikarenakan balok tidak mampu

menahan gaya geser. Adapun persamaan gaya geser balok portalnya adalah sebagai berikut di bawah ini:

$$\phi V_n \geq V_{u,b} \quad \dots\dots\dots (3. 67)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad \dots\dots\dots (3. 68)$$

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) b_w \cdot d \quad \dots\dots\dots (3. 69)$$

$$V_s = \frac{V_u}{0,6} - V_c \quad \dots\dots\dots (3. 70)$$

Dengan :

V_n = Kapasitas geser rencana balok.

ϕ = Faktor reduksi kekuatan = 0,60

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan.

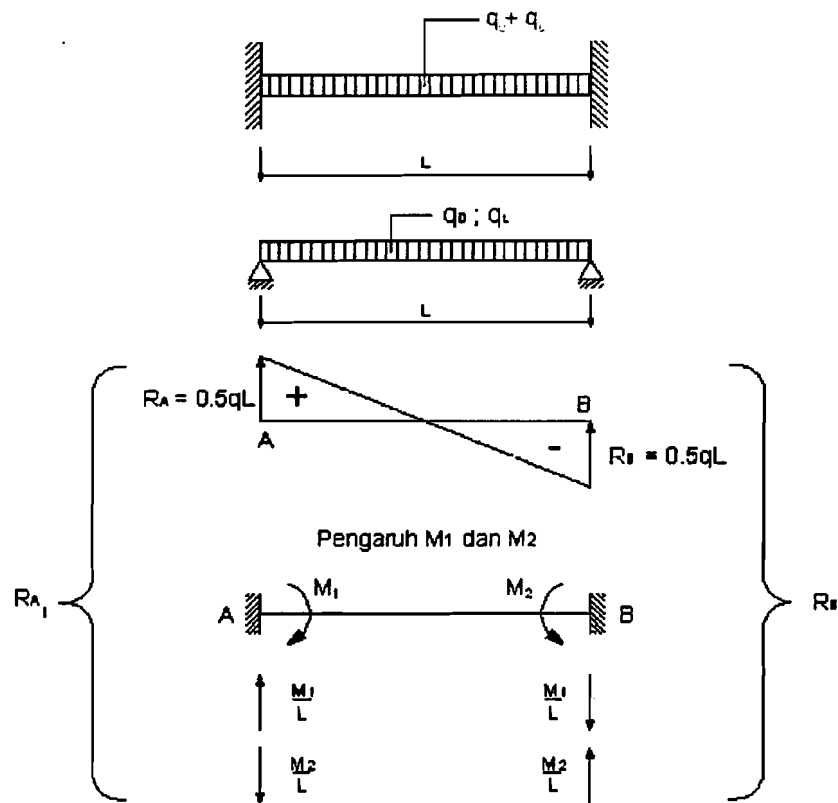
b_w = Lebar balok.

d = Jarak pusat tulangan tarik ke sisi terluar beton desak

Dalam mendisain gedung tahan gempa, prinsip desain kapasitas yaitu *strong coloumn weak beam* (kolom kuat balok lemah) mengatakan bahwa adanya pengaruh *overstrenght* (kelebihan kekuatan) pada balok sehingga dipakailah momen kapasitas (M_{kap}). Momen kapasitas ini berpengaruh pada desain gaya geser sampai momen kolom.

Gedung yang aman adalah gedung yang tahan terhadap beban gravitasi maupun beban yang diakibatkan oleh gempa. Berikut adalah gambar untuk menjelaskan analisis tentang gaya geser balok akibat gravitasi maupun akibat

gempa. Bentuk diagram gaya geser balok yang dihasilkan oleh struktur balok akibat beban gravitasi adalah seperti Gambar 3. 26 berikut ini:



Gambar 3. 26. Diagram gaya geser balok akibat beban gravitasi

$$R_{A1} = V_{g_A} = (0,5 \times q \times L) + \frac{M_1}{L} - \frac{M_2}{L} \dots\dots\dots (3. 71)$$

$$R_{B1} = V_{g_B} = (0,5 \times q \times L) + \frac{M_2}{L} - \frac{M_1}{L} \dots\dots\dots (3. 72)$$

Keterangan:

q = beban gravitasi = $q_D + q_L$

$R_{A1} = V_{g_A}$ = gaya geser balok akibat beban gravitasi di tumpuan A

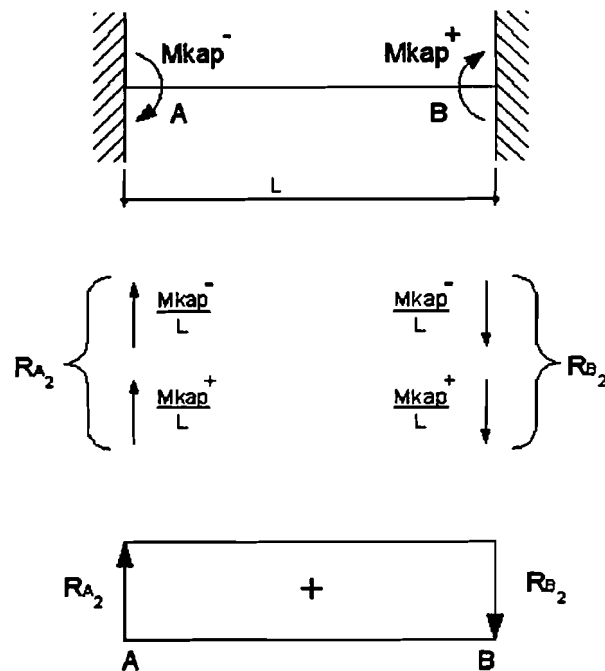
$R_{B1} = V_{g_B}$ = gaya geser balok akibat beban gravitasi di tumpuan B

M_1 = momen akibat beban gravitasi di tumpuan A

M_2 = momen akibat beban gravitasi di tumpuan B

L = panjang bentang balok

Sedangkan untuk bentuk diagram gaya geser balok yang diakibatkan oleh beban gempa (arah kanan) adalah seperti gambar berikut ini:



Gambar 3. 27. Diagram gaya geser balok akibat beban gempa

$$R_{A2} = R_{B2} = \frac{M_{kap}^-}{L} + \frac{M_{kap}^+}{L} \dots\dots\dots (3. 73)$$

dengan:

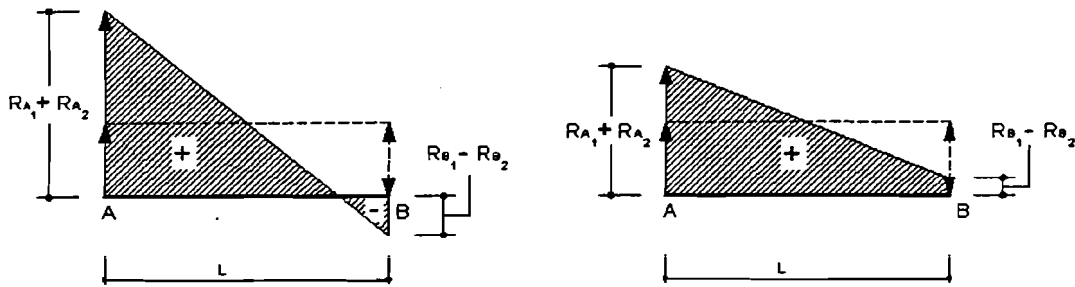
R_{A2} = gaya geser balok akibat beban gempa di tumpuan A

R_{B2} = gaya geser balok akibat beban gempa di tumpuan B

M_{kap}^- = momen kapasitas negatif balok

M_{kap}^+ = momen kapasitas positif balok

Jika digabung gaya geser balok akibat beban gravitasi dan beban gempa maka gaya geser balok total menjadi seperti Gambar 3. 28 berikut ini:



Gambar 3.28. Diagram gaya geser total balok akibat beban gravitasi dan gempa

Dengan konsep desain kapasitas, kuat geser balok portal dihitung dalam kondisi terjadi sendi – sendi plastis pada kedua ujung balok portal tersebut dengan ketentuan berikut (Gideon 3, 1993)

$$V_{u,b} = 0,7 \frac{(M_{kap}^+ + M_{kap}^-)}{l_n} + 1,05V_g \dots\dots\dots (3.74)$$

$$V_g = V_{D,b} + V_{L,b} \dots\dots\dots (3.75)$$

dengan

$V_{u,b}$ = Kuat geser terfaktor pada penampang yang ditinjau,

M_{kap}^+ = Momen kapasitas balok positif pada balok yang ditinjau.

M_{kap}^- = Momen kapasitas balok negatif pada balok yang ditinjau.

$V_{D,b}$ = Gaya geser balok akibat beban mati.

$V_{L,b}$ = Gaya geser balok akibat beban hidup.

namun tidak boleh lebih besar dari, (Gideon 3, 1993)

$$V_{u,b} = 1,05 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4}{K} V_{E,b} \right) \dots\dots\dots (3.76)$$

K adalah faktor jenis struktur ($K \geq 1$).

Bila $V_u \geq \phi V_c$, maka harus disediakan tulangan geser untuk memenuhi persamaan $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$. Bila digunakan tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur, maka:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \dots\dots\dots (3. 77)$$

Dimana :

- A_v = Luas tulangan geser
- V_s = gaya geser yang dikerahkan oleh sengkang
- d = tinggi efektif balok
- s = jarak spasi tulangan sengkang

Untuk balok yang berada di daerah dalam sendi plastis ($2h_{\text{balok}}$) seluruh gaya geser yang ada ditahan oleh tulangan geser/sengkang. Jarak spasi tulangan geser/sengkang (s) untuk daerah di dalam sendi plastis dengan menggunakan persamaan :

$$S_1 = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (3. 78)$$

$$S_2 \leq \frac{d}{4} \dots\dots\dots (3. 79)$$

$$S_3 \leq 8 \times D_{\text{tul pokok}} \dots\dots\dots (3. 80)$$

$$S_4 \leq 24 \times D_{\text{tul sengkang}} \dots\dots\dots (3. 81)$$

$$S_5 \leq \frac{1600 \times f_y \times A_v}{(A_1 + A_2) \times f_y} \dots\dots\dots (3. 82)$$

Keterangan:

- A_v = luas satu kaki dari tulangan transversal, mm^2 .
- A_1 = luas tulangan longitudinal atas, mm^2 .

A_2 = luas tulangan longitudinal bawah, mm².

$$S_6 \leq 600 \text{ mm} \dots\dots\dots (3. 83)$$

Nilai S_1 dibandingkan dengan S_2 , S_3 , S_4 , S_5 dan S_6 . Jarak sengkang tidak boleh melebihi dari nilai S_2 , S_3 , S_4 , S_5 dan S_6 . (SKSNI T-15-1991-03). Lalu dari semua itu maka diambil nilai yang terkecil. Jarak spasi tulangan geser/sengkang (s) untuk daerah di luar sendi plastis dengan menggunakan persamaan 3.78, 3.83 juga persamaan berikut ini:

$$S_6 \leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots (3. 84)$$

Persamaan 3.78, 3.83 dan 3.84 hasilnya dibandingkan dan diambil yang terkecil.

3.9. Perencanaan Kolom

Dalam perencanaan kolom, konsep yang tidak boleh dilupakan adalah prinsip *strong coloumn weak beam*, yaitu kolom harus mampu bertahan dibandingkan dengan balok. Oleh karena itu, suatu kolom harus didesain lebih kokoh dan kuat dibanding dengan balok.

Kolom merupakan komponen struktur yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada keruntuhan komponen desak, karena umumnya tidak diawali tanda peringatan yang jelas. Keruntuhan kolom dapat terjadi apabila tulangan baja luluh karena tarik, atau terjadinya kehancuran pada beton yang terdesak.

3.9.1. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur

Dalam mendisain struktur rangka dengan daktilitas penuh, kuat lentur minimum harus memenuhi persamaan-persamaan berikut (Gideon 3, 1993):

$$Mu_{,k} = \alpha_k \times \phi \times \left(\frac{L_{ki}}{L'_{ki}} \times M_{kap,ki} + \frac{L_{ka}}{L'_{ka}} \times M_{kap,ka} \right) \dots\dots\dots (3. 85)$$

persamaan 3.85 adalah momen kolom di as balok. Dalam mendisain kolom, momen kolom yang diambil adalah momen kolom di tepi muka balok. Dengan demikian, momen kolom di tepi muka balok :

$$Mu_{,k} = \frac{h'}{h} \times 0,7 \times \omega_d \times \phi \times \alpha_k \times \left(\frac{L_{ki}}{L'_{ki}} \times M_{kap,ki} + \frac{L_{ka}}{L'_{ka}} \times M_{kap,ka} \right) \dots\dots\dots (3. 86)$$

dengan:

$$\alpha_k = \frac{k_{ka/b}}{k_a + k_b} \dots\dots\dots (3. 87)$$

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari,

$$M_{u,k} = 1,05 \left(M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4}{K} M_{E,k} \right) \dots\dots\dots (3. 88)$$

dengan :

$M_{u,k}$ = Momen ultimit kolom

$M_{kap,ki}$ = Momen kapasitas lentur balok di sebelah kiri bidang muka kolom.

$M_{kap,ka}$ = Momen kapasitas lentur balok di sebelah kanan bidang muka kolom.

ω_d = Faktor pembesar dinamis (*dynamic magnification factor*) yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan ($\omega_d = 1,3$)

α_k = Faktor distribusi momen kolom portal sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah, k adalah kekakuan relatif kolom

$M_{D,k}$ = Momen kolom akibat beban mati.

$M_{L,k}$ = Momen kolom akibat beban hidup.

$M_{E,k}$ = Momen kolom akibat beban gempa.

$$k = \frac{1}{h}$$

h = tinggi kolom antar titik pertemuan ke titik pertemuan.

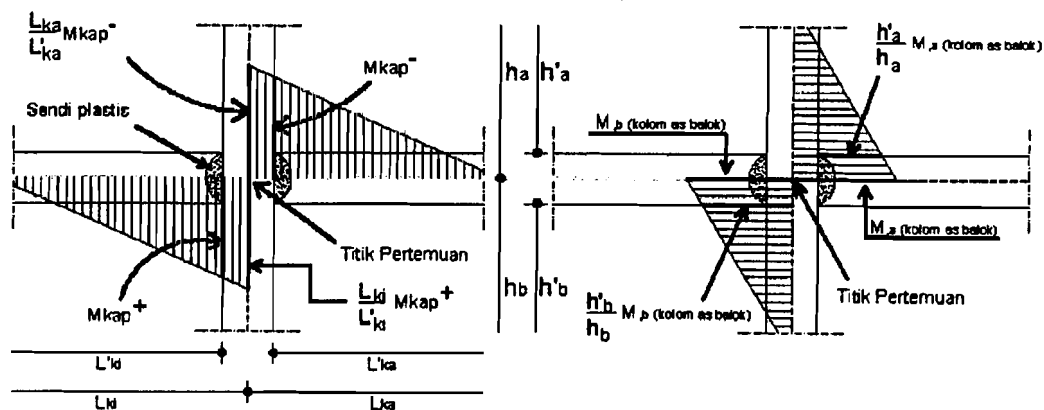
h' = Tinggi kolom bersih (kolom dibawah joint yang ditinjau).

L = Panjang balok dari titik pertemuan ke titik pertemuan

L' = Panjang balok bersih

K = Faktor jenis struktur ($K \geq 1,0$)

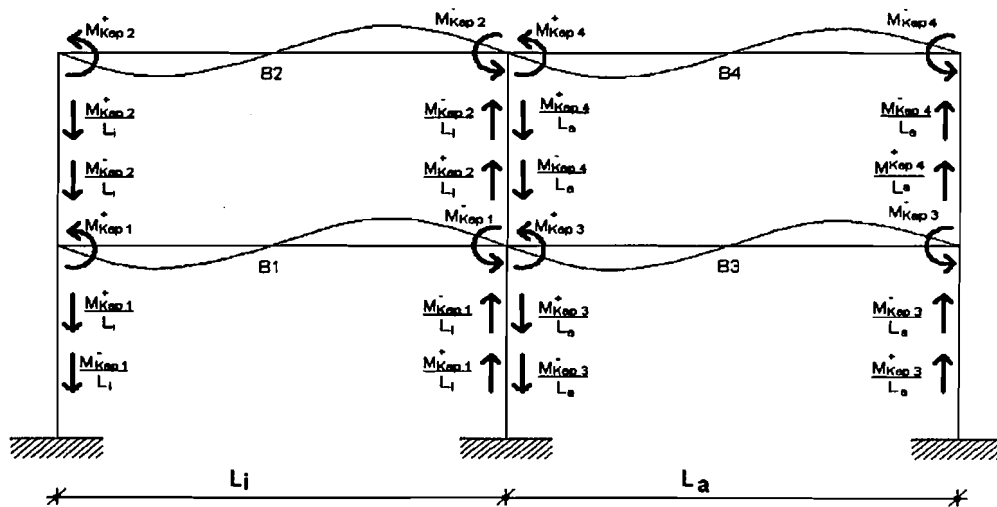
Gambar 3. 29 berikut ini akan menjelaskan proses terjadinya M_u kolom dari M_{kap} balok.



Gambar 3. 29. Pertemuan Balok Kolom dengan Sendi Plastis pada ujung – ujungnya

3.9.2. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Aksial

Setelah momen ultimit kolom $M_{u,k}$ dihitung, maka tahap selanjutnya adalah menghitung gaya aksial yang bekerja pada portal tersebut. Gaya aksial yang dihasilkan oleh kolom tersebut ada 2, yaitu gaya aksial yang dihitung berdasarkan pada gaya lintang balok pada balok *overstrength* (gaya lintang balok menjadi gaya aksial kolom) dan gaya aksial kolom hasil analisis struktur. Gambar 3. 30 berikut ini akan menjelaskan proses mendapatkan gaya aksial kolom tersebut.



Gambar 3. 30. Pertemuan balok Kolom dengan Sendi Plastis pada Ujung Balok di sebelah Kiri dan Kanan.

Beban aksial rencana, $P_{u,k}$ yang bekerja pada kolom portal dengan daktilitas penuh dihitung dengan rumus (Gideon 3, 1993):

$$P_{u,k} = \frac{0,7R_v \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05P_{g,k} \dots\dots\dots (3. 89)$$

dengan :

$P_{g,k}$ = Gaya aksial kolom akibat beban gravitasi = $P_D + P_L$

l_b = Bentang balok dari pusat ke pusat kolom.

R_v = faktor reduksi yang ditentukan sebesar:

1,0 untuk $1 < n < 4$

$1,1 - 0,025n$ untuk $4 < n < 20$

0,6 untuk $n > 20$

n = Jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau.

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari,

$$P_{u,k} = 1,05 \left(P_{g,k} + \frac{4}{K} P_{E,k} \right) \dots\dots\dots (3.90)$$

dengan :

$P_{E,k}$ = Gaya aksial kolom akibat beban gempa.

$P_{g,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gravitasi. = $P_D + P_L$

K = Faktor jenis struktur ($K \geq 1,0$).

Tahap selanjutnya dalam mendisain tulangan kolom adalah menggambar grafik Mn-Pn. Fungsi dari grafik Mn-Pn ini adalah untuk menentukan jumlah tulangan yang dibutuhkan oleh kolom.

Tiap-tiap kolom mengalami kondisi yang berbeda-beda ketika mengalami kerusakan/kegagalan material pada kolom tersebut. Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik, penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu :

1. Keruntuhan tarik, yang diawali dengan lelehnya tulangan tarik.

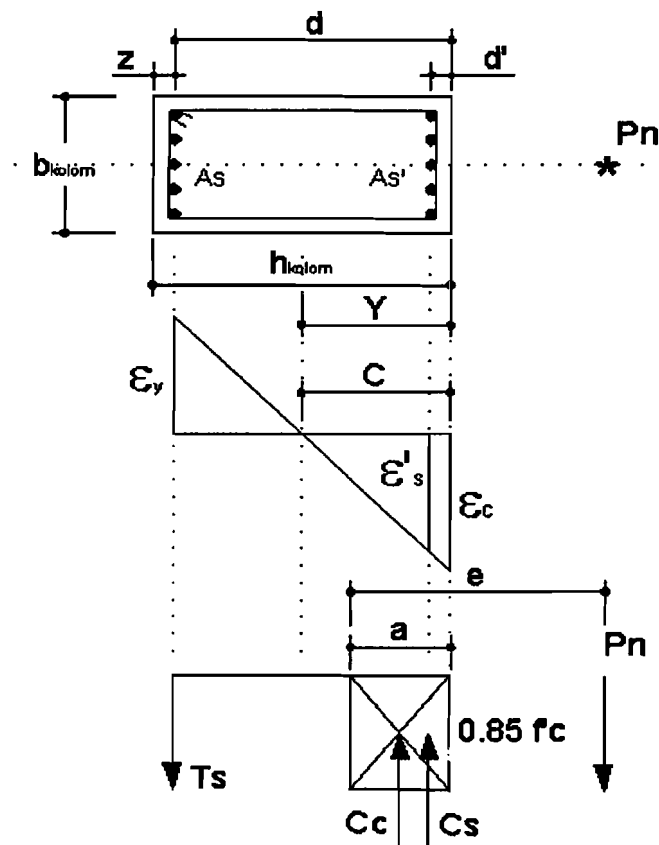
Kolom runtuh pada saat baja tarik dengan regangan ϵ_s (regangan yang terjadi) $\geq \epsilon_y$ (regangan leleh) dan beton melum mencapai ϵ_{cu} (regangan hancur).

2. Keruntuhan desak, yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan.

Kolom runtuh pada saat beton desak mencapai ϵ_{cu} (regangan hancur) = 0,003 dan baja tarik belum mencapai ϵ_y /belum leleh.

Kondisi balanced terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan. Gambar 3.

31 berikut akan menjelaskan kolom yang menerima beban aksial.



Gambar 3. 31. Tegangan Regangan dan Momen Kopel Kolom

Berikut ini adalah langkah-langkah untuk membuat grafik M_n - P_n untuk luas tulangan 1%.

1. Keadaan seimbang ($C = C_b$)

$$d = h - d'$$

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d \dots\dots\dots (3.91)$$

$$f_s' = \frac{C_b - d'}{C_b} \times 600 \dots\dots\dots (3.92)$$

jika : $f_s' > f_y$ maka $f_s'_{\text{pakai}} = f_y$

$f_s' < f_y$ maka $f_s'_{\text{pakai}} = f_s'$

$$A_g = b_{\text{kolom}} \times h_{\text{kolom}} \dots\dots\dots (3.93)$$

$$A_{st} = 1\% \times A_g \dots\dots\dots (3.94)$$

$$A_s' = A_s = \frac{A_{st}}{2} \dots\dots\dots (3.95)$$

Lalu C_c didapat dengan pers 3.11

$$a = 0,85 \times C_b \dots\dots\dots (3.96)$$

$$C_s = A_s' \times (f_s' - 0,85 \times f_c) \dots\dots\dots (3.97)$$

Lalu T_s didapat dengan pers 3.12

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s \dots\dots\dots (3.98)$$

$$Y = \frac{h}{2} \dots\dots\dots (3.99)$$

$$M_{nb} = C_c \times (Y - a/2) + C_s \times (Y - d') + T_s \times (d - Y) \dots\dots\dots (3.100)$$

2. Patah Tarik ($C < C_b$)

Untuk nilai f_s' dicari dengan pers 3.92, sedangkan untuk nilai f_s dihitung dengan pers 3.22. Selanjutnya nilai C_c dihitung dengan pers 3.11, dan nilai a dihitung dengan pers 3.96. Dan untuk nilai C_s , T_s , P_n , Y , dan M_n dihitung dengan persamaan yang sama dengan diatas, yaitu 3.95, 3.12, 3.98, 3.99, dan 3.100.

3. Patah Desak ($C > C_b$)

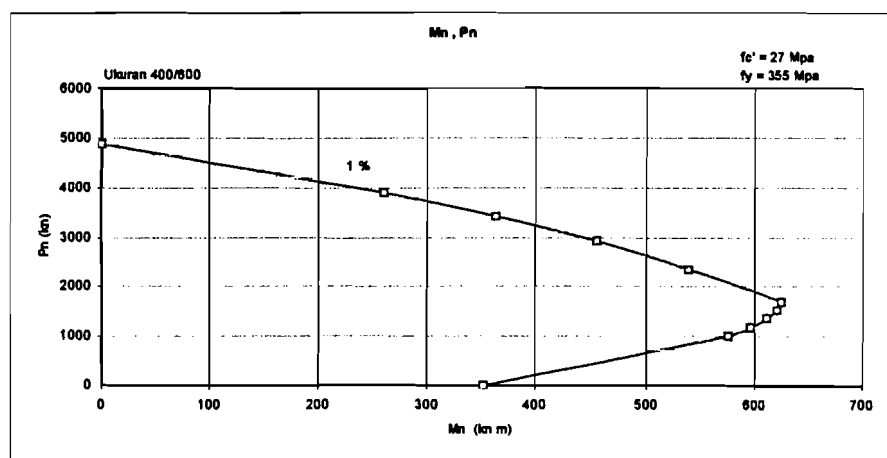
Untuk patah desak, persamaan-persamaan yang dicari sama seperti persamaan-persamaan yang digunakan pada patah tarik. Yang akan berbeda adalah hasil dari nilai C dan C_b , nilai ini yang akan menentukan bahwa kolom tersebut patah tarik atau patah desak.

- **$M_n = 0$**

$$P_n = 0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + (A_{st} \times f_y) \dots\dots\dots (3.101)$$

- **$P_n = 0$**

Nilai a didapat dengan pers 3.13 dan nilai M_n dihitung dengan pers 3.14. Setelah perhitungan diatas telah dihitung, nilai M_n dan P_n pada masing-masing kondisi tersebut dibuatkan grafik Mn-Pn yang berbentuk seperti Gambar 3. 32 berikut ini:



Gambar 3. 32. Diagram interaksi Mn-Pn untuk luas tulangan 1%

Gambar 3. 32 menunjukkan grafik interaksi Mn-Pn untuk luasan tulangan 1%. Untuk luasan yang selanjutnya dibuatkan grafik interaksi Mn-Pn dengan

luasan tulangan 2% - 6% dengan cara yang sama pada saat membuat grafik untuk luasan 1%.

Setelah grafik interaksi Mn-Pn dengan luasan tulangan 1% s/d 6% jadi, maka perhitungan tulangan dapat dikerjakan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

Momen ultimit kolom (Mu,k) dan gaya aksial ultimate kolom (Pu,k) telah diketahui, maka nilai Momen nominal kolom (Mn_{kolom}) dan gaya aksial nominal kolom (Pn_{kolom}) adalah:

$$Mn_{kolom} = \frac{Mu,k}{\phi} \dots\dots\dots (3. 102)$$

$$Pn_{kolom} = \frac{Pu,k}{\phi} \dots\dots\dots (3. 103)$$

Dengan:

- ϕ = faktor reduksi kekuatan kolom
- = 0,70 → untuk kolom dengan pengikat spiral
- = 0,65 → untuk kolom dengan pengikat sengkang

Kemudian Mn_{kolom} dan Pn_{kolom} diplotkan di grafik interaksi Mn-Pn dan kemudian ditarik garis pada bagian koordinat Mn dan Pn tersebut. Kemudian garis tersebut akan bertemu di satu titik dimana titik tersebut menandakan luasan tulangan yang akan digunakan pada kolom tersebut.

Setelah luasan tulangan didapat maka perhitungan selanjutnya adalah :

$$Ast = X,XX \% \times Ag$$

$$A_{tul} = 0.25.\pi.d^2$$

$$n = \frac{A_{st}}{A_{tul}} \dots\dots\dots (3. 104)$$

Dimana :

X,XX % adalah luasan tulangan yang didapat dari grafik interaksi Mn-Pn

d = diameter tulangan yang akan digunakan

n = Jumlah tulangan kolom.

Untuk menghitung gaya aksial nominal (Pn) pada kolom, dapat digunakan rumus Whitney. Berikut rumus-rumus dengan kondisi rusak kolom yang berbeda untuk mengetahui nilai gaya aksial nominal (Pn) pada kolom:

- **$P_u \leq \phi P_{nb}$ (Runtuh Tarik)**

Persamaan 3. 105 adalah (Nawy, 1990) :

$$P_n = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d \times \left(\left(\frac{h-2 \cdot e}{2 \cdot d} \right) + \sqrt{\left(\frac{h-2 \cdot e}{2 \cdot d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right)$$

- **$P_u \geq \phi P_{nb}$ (Runtuh Desak)**

$$P_n = \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} \times \frac{b \times h \times f'c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,8} \dots\dots\dots (3. 106)$$

3.9.3. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser

Kuat geser kolom portal dengan daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung-ujung yang bertemu pada kolom tersebut dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{u,kbawah}}{h'_k} \dots\dots\dots (3.107)$$

dan dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \left(M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k} \right) \dots\dots\dots (3.108)$$

dengan :

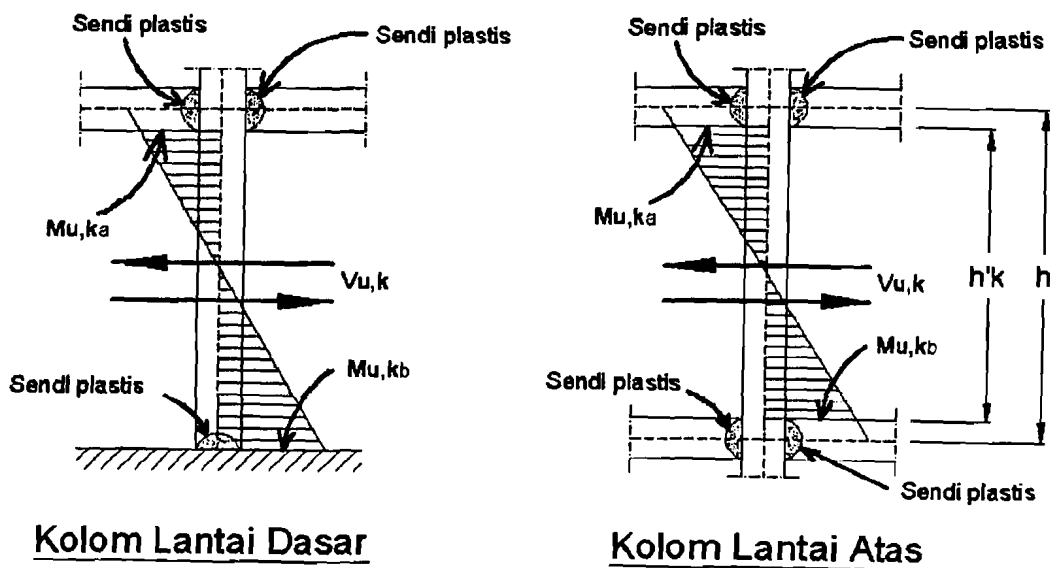
$M_{u,k \text{ atas}}$ = Momen ultimate kolom pada ujung bagian atas kolom.

$M_{u,k \text{ bawah}}$ = Momen ultimate kolom pada ujung bagian bawah kolom.

h'_k = tinggi bersih kolom.

$V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa.

Gambar 3. 33 berikut akan menjelaskan terjadinya geser pada kolom baik itu pada lantai dasar maupun pada lantai atas.



Gambar 3. 33. Kolom Lantai Dasar dan Kolom Lantai Atas

Kuat geser yang disumbangkan beton untuk struktur yang dibebani tekan aksial diberikan dengan ketentuan,

$$V_c = 2 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) \cdot b_w \cdot d \quad \dots\dots\dots (3.109)$$

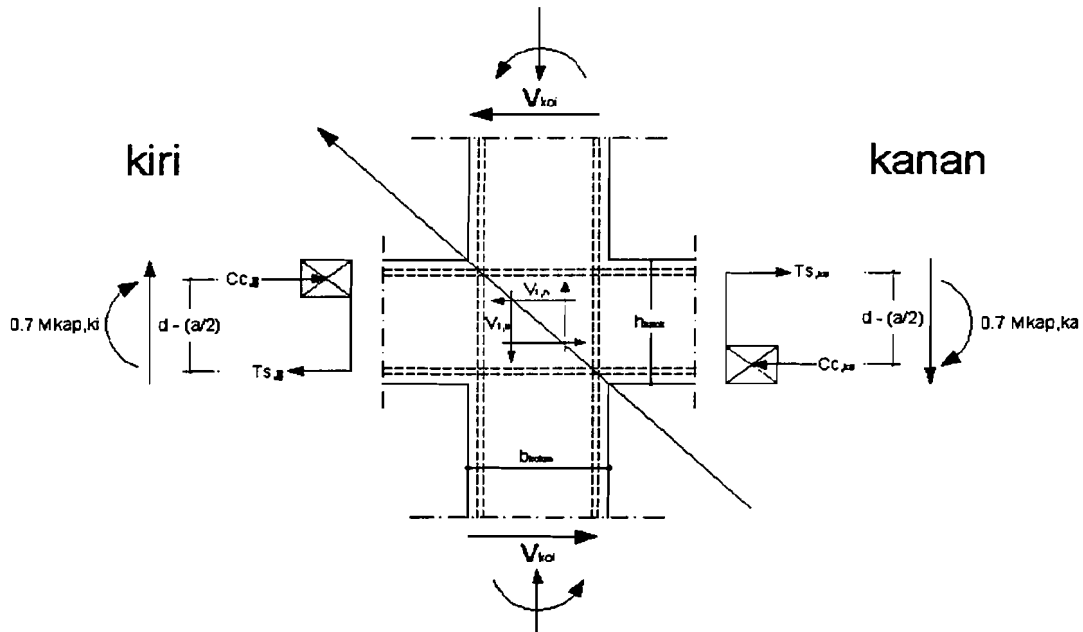
Spasi tulangan transversal kolom menurut SK SNI-15-1991-03 ayat

3.14.4 butir 4, yaitu :

- a. $S \leq$ seperempat dari dimensi komponen struktur terkecil
- b. $S \leq$ delapan kali diameter tulangan memanjang
- c. $S \leq 100$ mm

3.10. Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom

Panel pertemuan balok kolom portal diproporsikan untuk dapat memenuhi persyaratan kuat geser horizontal perlu ($V_{u,h}$) dan kuat geser vertikal perlu ($V_{u,v}$) yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis pada kedua ujung balok (Gideon 3, 1993). Seperti Gambar 3. 34 berikut ini yang menjelaskan panel pertemuan balok dan kolom:



Gambar 3. 34. Panel Pertemuan Balok dan Kolom Portal

Gaya-gaya yang membentuk keseimbangan pada join rangka ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

Gaya geser horizontal kolom pada join (V_{kol}) ditentukan dari (Gideon 3,1993),

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap,ka} \right)}{\frac{1}{2} (h_{k,a} + h_{k,b})} \dots\dots\dots (3. 110)$$

dengan:

l_{ki} = panjang bentang balok sebelah kiri join.

l'_{ki} = panjang bentang netto balok sebelah kiri join.

l_{ka} = panjang bentang balok sebelah kanan join.

l'_{ka} = panjang bentang netto balok sebelah kanan join.

h_{ka} = tinggi kolom atas, h_{kb} adalah tinggi kolom bawah.

Tegangan geser horizontal nominal ($V_{j,h}$) dalam join adalah,

$$V_{j,h} = C_{ka} + T_{ki} - V_{kol} \dots\dots\dots (3. 111)$$

Nilai C_{ka} dan T_{ki} dihitung dengan rumus :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \dots\dots\dots (3. 112)$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \dots\dots\dots (3. 113)$$

Keterangan:

C_{ka} = gaya desak beton dalam inti join.

T_{ki} = gaya tarik baja dalam inti join.

Z = Kopel momen antara gaya desak beton dan gaya tarik baja dalam inti beton -
disebelah kiri dan kanan join.

Kontrol tegangan geser horizontal minimum ditentukan dari,

$$V_{jh} = \frac{V_{j,h}}{b_j \cdot h_c} \dots\dots\dots (3. 114)$$

dengan:

b_j = tinggi balok.

h_c = tinggi potongan penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau.

nilai V_{jh} tidak boleh melebihi ketentuan berikut:

$$V_{jh} \leq 1,5 \sqrt{f'_c} \text{ (Mpa)} \dots\dots\dots (3. 115)$$

Untuk penulangannya, langkah penyelesaiannya:

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \left\{ \sqrt{\left(\frac{P_{n,k}}{A_g} - 0,1 \cdot f'_c \right)} \right\} b_j \cdot h_c \dots\dots\dots (3. 116)$$

Dengan:

$P_{n,k}$ = Gaya aksial kolom yang berada di atas joint yang ditinjau.

Tulangan geser horizontal harus dapat memikul gaya geser rencana join

$$V_{sh} = V_{j,h} - V_{ch} \dots\dots\dots (3. 117)$$

Luas tulangan yang dibutuhkan join tersebut adalah:

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y} \dots\dots\dots (3. 118)$$

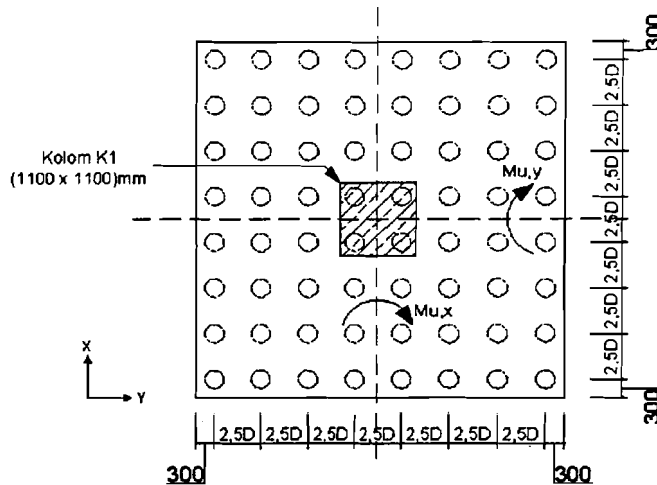
3.11. Perencanaan Pondasi

Dalam merencanakan pondasi tiang, perlu diketahui terlebih dahulu daya dukung tiang yang direncanakan. Dikarenakan tidak adanya data sondir tanah, maka dalam tugas akhir ini diambil daya dukung tiang, $Q_u = 1000 \text{ KN} = 100 \text{ Ton}$. Penentuan jumlah tiang dilakukan dengan coba-coba sampai ditemukan konfigurasi jumlah tiang yang cocok. Setelah ditemukan jumlah tiang yang diperlukan, kemudian dapat dihitung efisiensi tiang dengan persamaan (3.121).

Efisiensi tiang berdasarkan *Converse – Laberre Formula*. (Das, 1990)

$$E_g = 1 - \arctg \frac{d}{s} \left(\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \dots\dots\dots (3. 119)$$

- Dengan:
- Eg = Efisiensi tiang
 - d = diameter tiang
 - s = jarak antar tiang
 - n = jumlah baris dalam konfigurasi tiang
 - m = jumlah tiang dalam sebaris



Gambar 3. 35. Konfigurasi Kelompok Tiang Pancang

Setelah didapatkan konfigurasi yang tepat, kemudian dihitung beban servis yang diterima oleh kelompok tiang.

$$\Sigma P = P + \text{berat pile cap} + \text{berat tanah urug} \dots\dots\dots (3. 120)$$

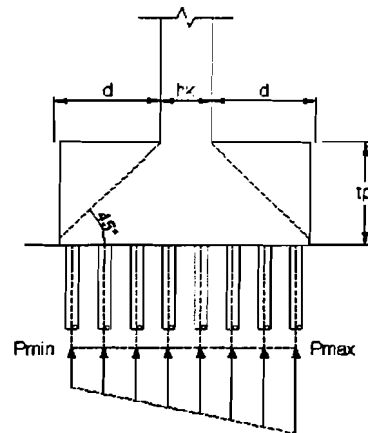
$$\Sigma P_u = 1,05 P \dots\dots\dots (3. 121)$$

Beban pada konfigurasi tiang :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P_u}{n} + \frac{M_{u,x} \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \Sigma Y^2} + \frac{M_{u,y} \cdot X_{max}}{n_y \cdot \Sigma X^2} \leq Q_u \cdot E_g \dots\dots\dots (3. 122)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P_u}{n} - \frac{M_{u,x} \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \Sigma Y^2} - \frac{M_{u,y} \cdot X_{max}}{n_y \cdot \Sigma X^2} \dots\dots\dots (3. 123)$$

Dengan $M_{u,x}$ momen searah sumbu y, $M_{u,y}$ momen searah sumbu x, X_{max} jarak tiang terjauh dalam arah sumbu x, Y_{max} jarak tiang terjauh dalam arah sumbu y, n_x jumlah tiang sebaris dalam arah sumbu x, n_y jumlah tiang sebaris dalam arah sumbu y, ΣX^2 jumlah jarak tiang kuadrat searah sumbu x, dan ΣY^2 jumlah jarak tiang kuadrat searah sumbu y.



Gambar 3. 36. Reaksi tiang akibat gaya aksial dan momen

Kontrol terhadap geser satu arah (sejauh d)

$$d = tp - pb - 0,5 \cdot \phi_{tul}$$

$$V_u = \sum n \cdot P_{max}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

Kontrol terhadap geser satu arah (sejauh d)

$$V_u = \sum n \cdot P$$

$$b_o = 2 \cdot (h_{kolom} + d) + 2 \cdot (b_{kolom} + d)$$

$$\beta_o = 1$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_o} \right) \cdot (2 \cdot \sqrt{f'c}) \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot \sqrt{f'c} \right) \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = (4 \cdot \sqrt{f'c}) \cdot b_o \cdot d$$

dengan :

- β_0 = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat yang bekerja atau bidang reaksi.
- B_0 = panjang keliling penampang kritis geser dua arah yang bekerja pada fondasi telapak.
- α_s = 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom eksterior, dan 20 untuk kolom sudut.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian adalah suatu rangkaian pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas suatu permasalahan yang diuraikan menurut suatu tahapan yang sistematis.

4.1. Lokasi Penelitian

Lokasi objek penelitian direncanakan berada pada daerah gempa III yang terletak pada tanah lunak.

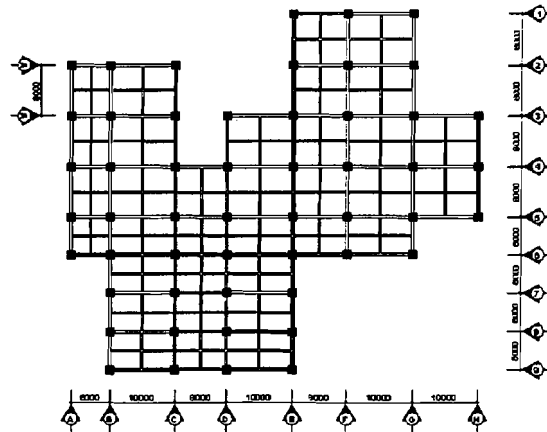
4.2. Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam tugas akhir ini meliputi data struktur. Data struktur diperoleh dari pemodelan suatu struktur portal beton bertulang dengan tingkat tertentu yang akan dianalisis menggunakan 2 cara yaitu Analisis 2 dimensi dan Analisis 3 dimensi.

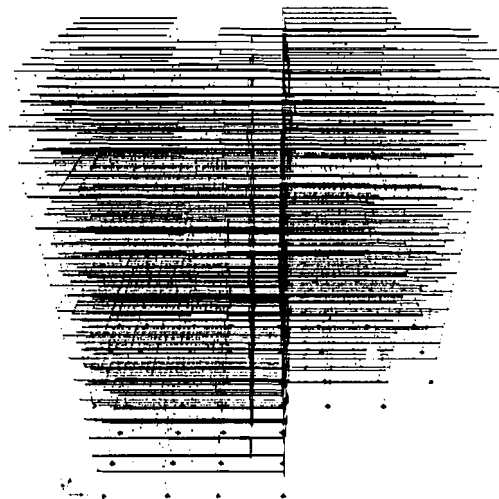
4.3. Model Struktur

Model struktur yang digunakan adalah struktur portal beton bertulang 15 lantai dengan bentuk bangunan yang asimetris dengan jumlah tingkat yang sama yaitu 15 lantai. Dalam penelitian ini akan membandingkan hasil analisis struktur

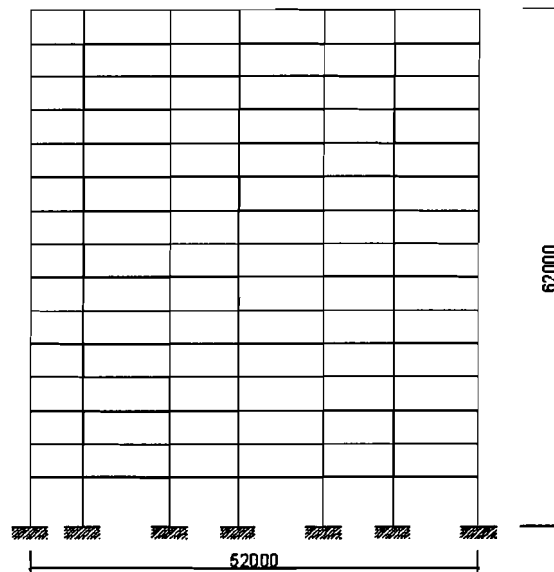
2D dengan analisis struktur 3D. Gambar-gambar berikut adalah model struktur yang digunakan.



Gambar 4. 1. Model denah struktur yang digunakan



Gambar 4. 2. Model 3 dimensi struktur yang digunakan



Gambar 4. 3. Model salah satu potongan portal struktur yang digunakan

4.4. Bahan dan Pembebanan

1. Mutu beton yang dipakai $f'_c = 30$ MPa, dan modulus elastisitas beton adalah $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c}$ MPa.
2. Kuat leleh baja karakteristik $f_y = 400$ MPa.
3. Fungsi bangunan untuk pertokoan, restaurant, hotel.
4. Pembebanan struktur menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987.
5. Beban gempa menggunakan beban horisontal metode statik ekuivalen yang mengacu pada Peraturan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 2002.

4.5. Tahapan Analisis

Analisis memiliki tahap-tahap sebagai berikut:

1. Menghitung beban yang bekerja pada struktur meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Untuk beban mati dan beban hidup dihitung

tanpa menggunakan *envelope method* (dihitung secara otomatis menggunakan perangkat lunak bantu untuk analisis 3D sedangkan untuk 2D tetap menggunakan *envelope method*), dan beban gempa menggunakan *static ekuivalen method*.

2. Setelah model dibuat sesuai dengan dimensi dan spesifikasi material yang telah ditentukan maka beban-beban yang telah dihitung dimasukkan kedalam perangkat lunak bantu yaitu ETABS Versi 8.
3. Menjalankan atau menganalisis struktur baik secara 2D maupun 3D dan memilih *output* yang akan digunakan dalam analisis.
4. Mengolah hasil analisis program dengan membandingkan cara 2D dengan 3D dengan beberapa variasi.
5. Mendisain elemen struktur dengan anggapan daktalitas penuh.
6. Menarik kesimpulan dari hasil analisis dan desain.

BAB V

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Estimasi Awal Dimensi Struktur

Dalam tahap desain, tiap-tiap elemen struktur akan direncanakan atau diperhitungkan terhadap beban-beban yang bekerja pada elemen tersebut. Pada tahap ini dimulai dengan perencanaan estimasi dimensi elemen struktur.

Estimasi awal dimensi elemen dari struktur ini digunakan sebagai tahap awal perkiraan untuk kebutuhan dimensi struktur dan akan digunakan sebagai data masukan dalam perangkat lunak bantu untuk analisis struktur yaitu ETABS. Dalam tahap pendisainannya, dimensi yang telah di estimasi sebelumnya dapat diubah-ubah lagi sesuai kebutuhan. Berikut adalah contoh perhitungan estimasi awal dimensi dari semua elemen struktur yang terdapat dalam bangunan yang akan di analisis beserta dengan berat elemen itu sendiri:

1. Balok

Rumus yang digunakan dalam estimasi awal balok adalah :

$$H_{\text{balok}} = (1/10 \text{ s/d } 1/12) \cdot L_{\text{balok}}$$

$$B_{\text{balok}} = (1/2) \cdot H_{\text{balok}}$$

1) Balok induk

Panjang balok 6 m ($L_{\text{balok}} = 6 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} H_{\text{balok},1} &= (1/10) \cdot L_{\text{balok}} \\ &= (1/10) \cdot 6 = 0,6 \text{ m} = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{balok},1} &= (1/2) \cdot H_{\text{balok}} \\ &= (1/2) \cdot 600 = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, untuk balok bentangan 6m digunakan balok berdimensi 300.600 mm

Panjang balok 8 m ($L_{\text{balok}} = 8 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} H_{\text{balok},2} &= (1/10) \cdot L_{\text{balok}} \\ &= (1/10) \cdot 8 = 0,8 \text{ m} = 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$B_{\text{balok},2} = (1/2) \cdot H_{\text{balok}}$$

$$= (1/2) \cdot 800 = 400 \text{ mm}$$

Jadi, untuk balok bentangan 8 m digunakan balok berdimensi 400x800 mm

Panjang balok 10 m ($L_{\text{balok}} = 10 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} H_{\text{balok},3} &= (1/11) \cdot L_{\text{balok}} \\ &= (1/11) \cdot 10 = 0,9 \text{ m} = 900 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{balok},3} &= (1/2) \cdot H_{\text{balok}} \\ &= (1/2) \cdot 900 = 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, untuk balok bentangan 10 m digunakan balok berdimensi 450x900 mm

2) Balok anak

Untuk balok, estimasi awal yang digunakan adalah: $H_{\text{balok}} \geq 400 \text{ mm}$.

2. Kolom

Rumus yang digunakan dalam mengestimasi kolom awal adalah:

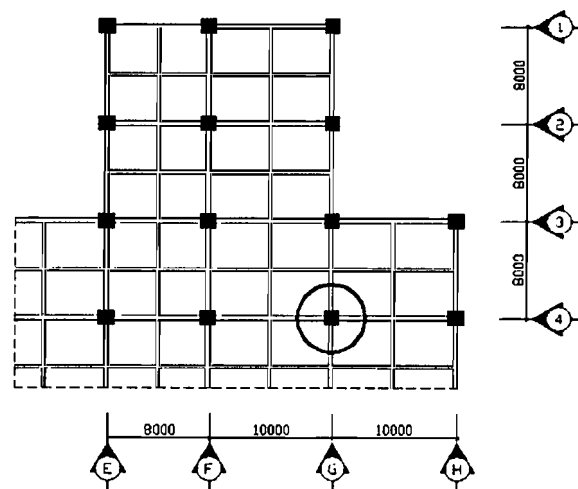
$$A_{\text{kolom}} = \frac{W}{0,65 \times f'c \times 0,35}$$

Keterangan :

A_{kolom} = Luasan kolom awal (mm^2)

W = Berat struktur tigtat diatas kolom yang ditinjau (KN)

dalam estimasi kolom ini, semua kolom dibuat sama dimensinya. Sebagai acuannya, kolom yang di estimasi awal posisinya berada di as portal 4-G. Pada Gambar 5. 1 berikut ini akan menjelaskan posisi kolom yang akan di estimasi dimensinya.



Gambar 5. 1. Gambar lokasi kolom yang digunakan untuk estimasi awal

Berat Struktur (W) dihitung dari atap

1) Balok

$$L_x = (0,5 \cdot L_{bx,ki}) + (0,5 \cdot L_{bx,ka}) = (0,5 \cdot 10) + (0,5 \cdot 10) = 10 \text{ m}$$

$$L_y = (0,5 \cdot L_{by,ki}) + (0,5 \cdot L_{by,ka}) = (0,5 \cdot 8) + (0,5 \cdot 8) = 8 \text{ m}$$

Keterangan :

L_x = Panjang balok total ditinjau dari kolom arah x, portal 4 (m)

L_y = Panjang balok total ditinjau dari kolom arah y, portal G (m)

$L_{bx,ki}$ = Panjang balok bag kiri kolom arah x, portal 4 (m)

$L_{bx,ka}$ = Panjang balok bag kanan kolom arah x, portal 4 (m)

$L_{by,ki}$ = Panjang balok bag kiri kolom arah y, portal G (m)

$L_{by,ka}$ = Panjang balok bag kanan kolom arah y, portal G (m)

$$A_x = H_{balok,3} \cdot B_{balok,3} = 0,45 \cdot 0,9 = 0,405 \text{ mm}^2$$

$$A_y = H_{balok,2} \cdot B_{balok,2} = 0,4 \cdot 0,8 = 0,32 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

A_x = Luas balok yang ditinjau kolom x, portal 4 (mm^2)

A_y = Luas balok yang ditinjau kolom y, portal G (mm^2)

$$\begin{aligned} W_{balok,2} &= A_y \times L_y \times b_j \\ &= 0,32 \cdot 8 \cdot 24 = 61,44 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{balok,3} &= A_x \times L_x \times b_j \\ &= 0,405 \cdot 10 \cdot 24 = 97,2 \text{ KN} \end{aligned}$$

Keterangan :

$W_{balok,2}$ = Berat balok yang ditinjau kolom y, portal G (mm^2)

$W_{balok,3}$ = Berat balok yang ditinjau kolom x, portal 4 (mm^2)

$$\begin{aligned} W_{balok \text{ atap}} &= W_{balok,2} + W_{balok,3} \\ &= 61,44 + 97,2 = 158,64 \text{ KN} \end{aligned}$$

2) Plat

$$L_{\text{Plat},x} = L_x = 10 \text{ m} \quad L_{\text{Plat},y} = L_x = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{plat}} &= L_{\text{Plat},x} \cdot L_{\text{Plat},y} \\ &= 10 \cdot 8 = 80 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{Plat}} &= (A_{\text{plat}} \cdot q_D) + (A_{\text{plat}} \cdot q_L) \\ &= (80 \cdot 2,88) + (80 \cdot 1) = 310,4 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat struktur (W)} &= W_{\text{balok atap}} + W_{\text{Plat}} \\ &= 158,64 + 310,4 = 469,04 \text{ KN} \end{aligned}$$

Jadi berat struktur untuk atap (W_{atap}) = 469,04 KN

$$\begin{aligned} A_{\text{kolom}} &= \frac{W}{0,65 \times f'c \times 0,35} = \frac{469,04}{0,65 \times 30 \times 0,35} \\ &= 0,0687 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$B_{\text{kolom}} = H_{\text{kolom}} = \sqrt{0,0687} = 0,2622 \text{ m}$$

Dimensi diambil 1 meter. Jadi, untuk kolom dibawah atap adalah 1 x 1 meter. Tabel 5. 1 menunjukkan ukuran estimasi awal untuk kolom. Namun karena estimasi ini dianggap tidak ekonomis maka dimensi kolom yang dipakai ditunjukkan pada Tabel 5. 2.

Tabel 5. 1. Estimasi awal kolom

Kolom	W	KOLOM					
		A	b perlu	h perlu	H	b pakai	h pakai
15	469,04	0,0687	0,2622	0,2622	4	1	1
14	1020,24	0,1495	0,3866	0,3866	4	1	1
13	1571,44	0,2302	0,4798	0,4798	4	1	1
12	2122,64	0,3110	0,5577	0,5577	4	1	1
11	2673,84	0,3918	0,6259	0,6259	4	1	1
10	3225,04	0,4725	0,6874	0,6874	4	1,1	1,1
9	3777,08	0,5534	0,7439	0,7439	4	1,1	1,1
8	4329,12	0,6343	0,7964	0,7964	4	1,1	1,1
7	4881,16	0,7152	0,8457	0,8457	4	1,1	1,1
6	5433,2	0,7961	0,8922	0,8922	4	1,1	1,1
5	5985,24	0,8770	0,9365	0,9365	4	1,2	1,2
4	6538,2	0,9580	0,9788	0,9788	4	1,2	1,2
3	7091,16	1,0390	1,0193	1,0193	4	1,2	1,2
2	7644,12	1,1200	1,0583	1,0583	4	1,2	1,2
1	8197,08	1,2010	1,0959	1,0959	6	1,2	1,2

Tabel 5. 2. Estimasi akhir kolom

Kolom	W	KOLOM					
		A	b perlu	h perlu	H	b pakai	h pakai
15	469,04	0,0687	0,2622	0,2622	4	0,7	0,7
14	1020,24	0,1495	0,3866	0,3866	4	0,7	0,7
13	1571,44	0,2302	0,4798	0,4798	4	0,7	0,7
12	2122,64	0,3110	0,5577	0,5577	4	0,7	0,7
11	2673,84	0,3918	0,6259	0,6259	4	0,7	0,7
10	3225,04	0,4725	0,6874	0,6874	4	0,9	0,9
9	3777,08	0,5534	0,7439	0,7439	4	0,9	0,9
8	4329,12	0,6343	0,7964	0,7964	4	0,9	0,9
7	4881,16	0,7152	0,8457	0,8457	4	0,9	0,9
6	5433,2	0,7961	0,8922	0,8922	4	0,9	0,9
5	5985,24	0,8770	0,9365	0,9365	4	1,1	1,1
4	6538,2	0,9580	0,9788	0,9788	4	1,1	1,1
3	7091,16	1,0390	1,0193	1,0193	4	1,1	1,1
2	7644,12	1,1200	1,0583	1,0583	4	1,1	1,1
1	8197,08	1,2010	1,0959	1,0959	6	1,1	1,1
					62		

5.2. Perhitungan Pembebanan

5.2.1. Lantai dan Atap

Beban plat Atap

Beban Mati (q_D)

$$\text{Plat} = 0,1 \cdot 24 = 2,4 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{Lapisan kedap air} = 0,02 \cdot 24 = 0,48 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\hline = 2,88 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup } (q_L) = 1 \quad \text{KN/m}^2$$

Beban plat Lantai

Beban Mati (q_D)

$$\text{Plat} = 0,12 \cdot 24 = 2,88 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{Lapisan Pasir} = 0,03 \cdot 18 = 0,54 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{Lapisan Keramik} = 0,01 \cdot 24 = 0,024 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\text{Lapisan Spesi} = 0,02 \cdot 24 = 0,048 \quad \text{KN/m}^2$$

Beban partisi	= 0,20	KN/m ²
	= 4,340	KN/m ²
Beban Hidup (q _L)		
Beban toko,hotel,restoran	= 2,5	KN/m ²

5.2.2. Perhitungan Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah beban yang ditimbulkan adanya beban mati dan beban hidup yang didistribusikan secara merata pada elemen struktur. Dengan perangkat lunak bantu yaitu ETABS, diberikan kemudahan dalam mendisain suatu struktur, salah satunya dalam memasukkan nilai beban gravitasi pada plat lantai dan plat atap.

Ketika akan memasukkan nilai beban gravitasi ke struktur yang akan di disain, dalam ETABS diberikan kemudahan dengan mendefinisikan plat sebagai elemen tersendiri dan terlebih dahulu harus didefinisikan sebelumnya dan kemudian akan menerima beban gravitasi. Beban gravitasi yang bekerja pada plat atap dan lantai yang berupa beban merata permukaan (*uniform area loads*), secara otomatis akan didistribusikan area ke masing-masing balok pada setiap panel.

Beban mati (q_D) merata permukaan (*gravity uniform area loads*) yang bekerja merupakan beban plat atap/lantai yang dikurangi dengan berat plat beton, sedangkan beban hidup (q_L) sama dengan beban pada masing-masing plat. Area dimana elemen balok menerima beban gravitasi baik beban merata maupun beban titik dapat dilihat di lampiran T1.11 hingga lampiran T1.14.

Berikut ini adalah nilai beban-beban yang merupakan data input yang akan dimasukkan ke dalam program ETABS adalah:

1. Beban merata

Pembebanan Plat Atap

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 2,88 - 2,4 = 0,48 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (Q}_L\text{)} = 1 \text{ KN/m}^2$$

Pembebanan Plat Lantai

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 4,340 - 2,88 = 1,46 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (Q}_L\text{)} = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

Berat sendiri balok

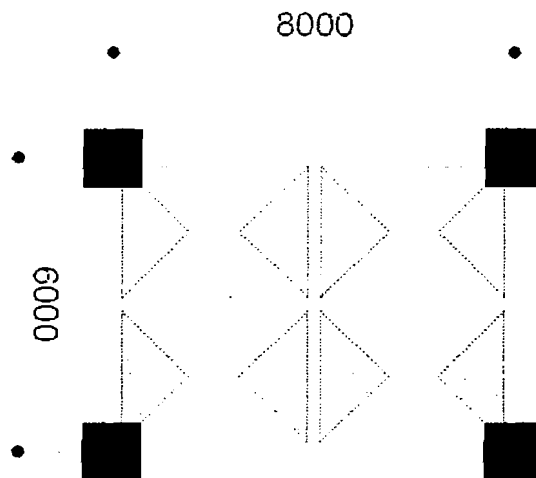
Berat sendiri elemen balok sudah dianggap termasuk di dalam berat mati elemen tersebut.

Berat tembok pasangan bata $\frac{1}{2}$ batu

$$\text{Beban tembok} = 2,5 \cdot 3,2 = 8 \text{ KN/m}^2$$

Direncanakan berat tembok ini terletak di pinggir struktur tersebut. Nilai-nilai beban diatas langsung dimasukkan ke dalam program ETABS untuk analisis 3 Dimensi. Sedangkan nilai beban-beban yang merupakan data input yang akan dimasukkan ke dalam program ETABS untuk analisis 2 Dimensi adalah sebagai berikut:

Bentuk segitiga (type 1- untuk lantai)



Gambar 5. 2. Bentuk beban segitiga untuk analisis 2 dimensi

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 4,34 \cdot 1,5 = 6,51 \text{ KN/m'}$$

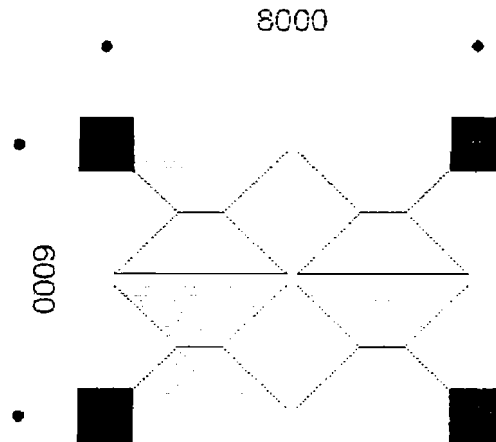
$$\text{Beban hidup merata (Q}_L\text{)} = 2,5 \cdot 1,5 = 3,75 \text{ KN/m'}$$

Bentuk beban segitiga tersebut jika dijadikan menjadi bentuk persegi, maka :

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 4,34 \cdot ((1/3) \cdot 3) = 4,34 \text{ KN/m'}$$

$$\text{Beban hidup merata (} Q_L \text{)} = 2,5 \cdot ((1/3) \cdot 3) = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

Bentuk trapesium (type 1 – untuk lantai)



Gambar 5. 3. Bentuk beban trapesium untuk analisis 2 dimensi

$$\text{Beban mati merata (} Q_D \text{)} = 4,34 \cdot 1,5 = 6,51 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (} Q_L \text{)} = 2,5 \cdot 1,5 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

Bentuk beban trapesium tersebut jika dijadikan menjadi bentuk persegi, maka:

$$\text{Beban mati merata (} Q_D \text{)} = 4,34 \cdot (1,5 - (4/3 \cdot (1,5^3/4^2))) = 5,2894 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (} Q_L \text{)} = 2,5 \cdot (1,5 - (4/3 \cdot (1,5^3/4^2))) = 3,0469 \text{ KN/m}^2$$

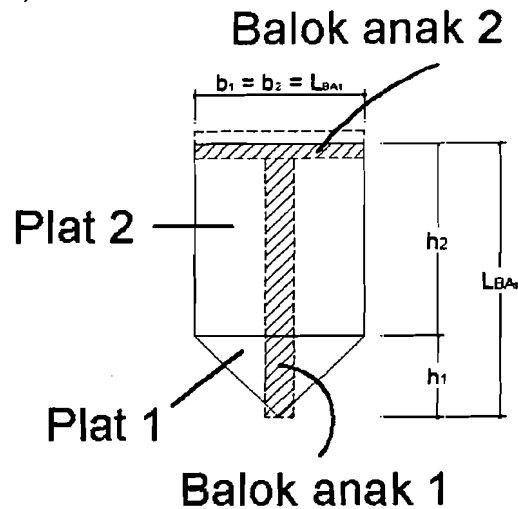
Untuk nilai dari type yang lain dilampirkan di tabel, dan untuk ukuran plat yang lain ditunjukkan pada Tabel 5. 3 berikut ini.

Tabel 5. 3. Tipe ukuran plat

TYPE	UKURAN (m)
I	6 x 8
II	6 x 6
III	8 x 10
IV	6 x 10
V	8 x 8

2. beban titik

Type 1 (lantai)



Gambar 5. 4. Bentuk beban titik untuk analisis 2 dimensi

Beban titik akibat beban mati (P_D)

$$\text{Plat} = ((0,5 \cdot 3 \cdot 1,5) + (3 \cdot 1,5)) \cdot 4,34 = 29,295 \text{ KN}$$

$$\text{Bal} = (0,25 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 24) + (0,125 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 24) = 13,5 \text{ KN}$$

$$P_D = 29,295 + 13,5 = 42,795 \text{ KN}$$

Beban titik akibat beban hidup (P_L)

$$P_L = \text{Plat} = ((0,5 \cdot 3 \cdot 1,5) + (3 \cdot 1,5)) \cdot 2,5 = 16,875 \text{ KN}$$

Besar nilai beban titik dengan type yang berbeda dapat dilihat pada lampiran T1.13 dan lampiran T1.14.

5.2.3. Perhitungan Berat Total Struktur (W)

• Lantai 2 (Portal 1)

Beban Mati

$$\text{Plat P1} = q_D \cdot A_{\text{plat}} = 4,34 \cdot 72 = 312,48 \text{ KN}$$

$$\text{Balok B2} = b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24 = 153,6 \text{ KN}$$

$$\text{B3} = b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24 = 102,6 \text{ KN}$$

$$\text{Bal} = b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24 = 24 \text{ KN}$$

	Ba2	= b . h . L . 24 = (0,25/2) . 0,5 . 18 . 24	= 27 KN
Kolom	K1	= b . h . t . 24 = (1,2 . 1,2 . 6 . 24) . 3	= 622,08 KN
Tembok	T1	= t . L . 2,5 = 3,2 . 18 . 2,5	= 144 KN
	W_D		<hr/> = 1385,76 KN
Beban Hidup			
Plat	P1	= $q_L . A \text{ plat} . 0,8 = 2,5 . 72 . 0,8$	= 144 KN
	W_L		<hr/> = 144 KN
	$W_{total} = W_D + W_L$	= 1385,76 + 144	= 1529,76 KN

• Lantai 3 dan 4 (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	= $q_D . A \text{ plat} = 4,34 . 72$	= 312,48 KN
Balok	B2	= b . h . L . 24 = 0,4 . 0,8 . 20 . 24	= 153,6 KN
	B3	= b . h . L . 24 = 0,45 . 0,95 . 10 . 24	= 102,6 KN
	Ba1	= b . h . L . 24 = 0,25 . 0,5 . 8 . 24	= 24 KN
	Ba2	= b . h . L . 24 = (0,25/2) . 0,5 . 18 . 24	= 27 KN
Kolom	K1	= b . h . t . 24 = (1,2 . 1,2 . 4 . 24) . 3	= 414,72 KN
Tembok	T1	= t . L . 2,5 = 3,2 . 18 . 2,5	= 144 KN
	W_D		<hr/> = 1178,4 KN

Beban Hidup

Plat	P1	= $q_L . A \text{ plat} . 0,8 = 2,5 . 72 . 0,8$	= 144 KN
	W_L		<hr/> = 144 KN
	$W_{total} = W_D + W_L$	= 1178,4 + 144	= 1322,4 KN

• Lantai 5 dan 6 (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	= $q_D . A \text{ plat} = 4,34 . 72$	= 312,48 KN
Balok	B2	= b . h . L . 24 = 0,4 . 0,8 . 20 . 24	= 153,6 KN
	B3	= b . h . L . 24 = 0,45 . 0,95 . 10 . 24	= 102,6 KN
	Ba1	= b . h . L . 24 = 0,25 . 0,5 . 8 . 24	= 24 KN
	Ba2	= b . h . L . 24 = (0,25/2) . 0,5 . 18 . 24	= 27 KN

Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1,2 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 414,72 \text{ KN}$
Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	W_D		$= 1178,4 \text{ KN}$
Beban Hidup			
Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,8 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 54 \text{ KN}$
	W_L		$= 54 \text{ KN}$
	$W_{\text{total}} = W_D + W_L = 1178,4 + 54$		$= 1232,4 \text{ KN}$

• Lantai 7 dan 8 (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 4,34 \cdot 72$	$= 312,48 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1,1 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 348,48 \text{ KN}$
Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	W_D		$= 1112,16 \text{ KN}$

Beban Hidup

Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,5 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,5$	$= 90 \text{ KN}$
	W_L		$= 90 \text{ KN}$
	$W_{\text{total}} = W_D + W_L = 1112,16 + 90$		$= 1202,16 \text{ KN}$

• Lantai 9, 10 dan 11 (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 4,34 \cdot 72$	$= 312,48 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1,1 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 348,48 \text{ KN}$

Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	W_D		$= 1112,16 \text{ KN}$
Beban Hidup			
Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,3 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 54 \text{ KN}$
	W_L		$= 54 \text{ KN}$
	W_{total}	$= W_D + W_L = 1112,16 + 54$	$= 1166,16 \text{ KN}$

• Lantai 12, 13, 14 dan 15 (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 4,34 \cdot 72$	$= 312,48 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 288 \text{ KN}$
Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	W_D		$= 1051,68 \text{ KN}$

Beban Hidup

Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,3 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 54 \text{ KN}$
	W_L		$= 54 \text{ KN}$
	W_{total}	$= W_D + W_L = 1051,68 + 54$	$= 1105,68 \text{ KN}$

• Atap (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 2,88 \cdot 72$	$= 207,36 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 288 \text{ KN}$
	W_D		$= 802,56 \text{ KN}$

Beban Hidup

Plat	P1	$= q_L \cdot A_{\text{plat}} \cdot 0,3 = 1 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 21,6 \text{ KN}$
	W_L		$= 21,6 \text{ KN}$
	W_{total}	$= W_D + W_L = 802,56 + 21,6$	$= 824,16 \text{ KN}$

Untuk berat struktur pada portal yang lainnya, di tabelkan di lampiran T2.

5.2.4. Perhitungan Beban Gempa

1. Periode Getar Gempa (T)

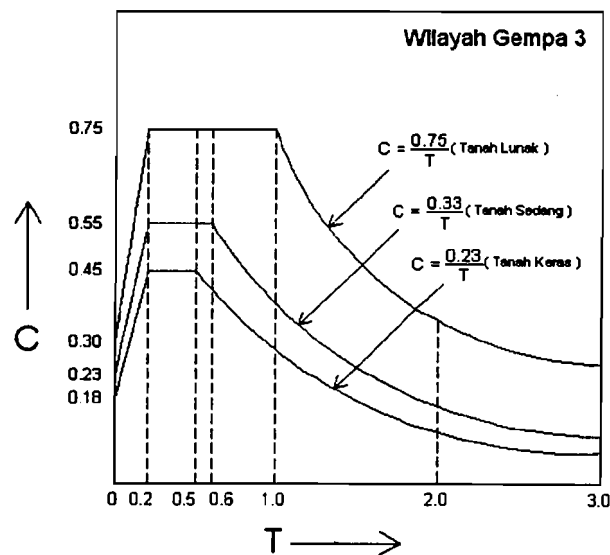
Periode getar gempa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{awal}} &= 0,06 \cdot H^{3/4} && \text{(pers 3.2)} \\
 &= 0,06 \cdot 62 \\
 &= 1,325699271 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

2. Faktor respon gempa (C)

Struktur berada di wilayah gempa 3 dan di atas tanah lunak.

T = 1,325699271 detik, dari Gambar 5. 5 maka nilai C = 0,6.



Gambar 5. 5. Spektrum Respon Gempa Untuk Wilayah Gempa 3

3. Faktor keutamaan (I) dan faktor reduksi beban gempa (R)

Ditentukan nilai $I = 1$ (berdasarkan fungsi gedung tersebut = Pertokoan, restoran dan hotel). Sedangkan nilai faktor reduksi beban gempa (R) = 8,5 (duktilitas penuh).

4. Gaya Geser dasar horizontal akibat gempa (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{C \times I}{R} \times W_t && \text{(pers 3.1)} \\ &= \frac{0,6 \times 1}{8,5} \times 17789,04 \\ &= 1255,696941 \text{ KN} \end{aligned}$$

5. Distribusi gaya geser dasar akibat gempa (F)

$$F = \frac{W_i \times h_i}{\sum (W_i \times h_i)} \times V \quad \text{(pers 3.4)}$$

Untuk portal 1 :

$$\begin{aligned} \text{Atap } h_{\text{atap}} &= 62 \text{ m} \\ W_{\text{atap}} &= 824,16 \text{ KN} \\ W_t &= 15773,04 \text{ KN} \\ \sum(W \times h) &= 507042,72 \text{ KNm} \\ V &= 1113,39 \text{ KN} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_{\text{atap}} &= \frac{824,16 \times 62}{507042,72} \times 1113,39 \\ &= 112,2 \text{ KN} \end{aligned}$$

6. Kontrol waktu getar struktur dengan persamaan T - Rayleigh

$$T = 6,3 \times \sqrt{\frac{\sum W_i \times d_i^2}{g \times \sum F_i \times d_i}} \quad \text{(pers 3.3)}$$

Untuk control waktu getar struktur dengan T-Rayleigh, maka untuk nilai d_i (*displacement*) diambil dari hasil analisis struktur dengan perangkat lunak

bantu. Nilai ini dibandingkan terlebih dahulu dengan kombinasi beban yang ada, lalu diambil yang terbesar. Tabel 5. 4 menunjukkan *displacement* dari kombinasi beban 1 hingga 9. Tabel 5. 5 menunjukkan perhitungan control waktu getar dengan *di* diambil rata-rata dari point-point tepi bangunan.

Tabel 5. 4. Displacement max point (comb1 s/d comb9) pada iterasi 1

COMB	DATA		NILAI POSITIF		Uxmax	Uymax	POINT	
	Ux	Uy	Ux	Uy			Uxmax	Uymax
2	0,0615	-0,1668	0,0615	0,1668	0,1368	0,1668	184	83
3	0,1368	-0,0774	0,1368	0,0774			185	115
4	0,0437	0,1471	0,0437	0,1471			186	130
5	0,1236	0,0561	0,1236	0,0561			187	144
6	-0,0438	-0,1492	0,0438	0,1492			188	158
7	-0,1222	-0,0565	0,1222	0,0565				
8	-0,1354	0,0753	0,1354	0,0753				
9	-0,0601	0,1647	0,0601	0,1647				

Tabel 5. 5. Evaluasi periode getar T – Rayleigh iterasi 1

Story	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	2557,805	18856,5	0,1324	0,0175	330,3767	338,5642	4	0,00065
14	2916,167	22982,1	0,1298	0,0168	387,0113	378,4242	4	0,00096
13	2715,052	22982,1	0,1259	0,0159	364,4975	341,9244	4	0,00131
12	2513,937	22982,1	0,1207	0,0146	334,8315	303,4396	4	0,00165
11	2312,822	22982,1	0,1141	0,0130	299,1706	263,8800	4	0,00197
10	2208,084	24030,4	0,1062	0,0113	271,1380	234,5469	4	0,00217
9	1997,791	24030,4	0,0975	0,0095	228,6364	194,8685	4	0,00240
8	1787,497	24030,4	0,0879	0,0077	185,8480	157,1966	4	0,00261
7	1648,071	25110,4	0,0775	0,0060	150,7577	127,9992	4	0,00280
6	1428,328	25110,4	0,0663	0,0044	110,3556	94,6886	4	0,00293
5	1211,907	25178,6	0,0546	0,0030	75,0345	66,1582	4	0,00293
4	991,5604	25178,6	0,0429	0,0018	46,2617	42,5025	4	0,00295
3	853,8927	27878,6	0,0311	0,0010	26,8784	26,5136	4	0,00288
2	609,9233	27878,6	0,0195	0,0004	10,6286	11,9090	4	0,00261
1	413,1591	31472,8	0,0091	0,0001	2,5985	3,7542	6	0,00151
					2824,0249	2586,069	62	

$$T_{\text{awal}} = 1,3257$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 2,1019 \quad , \text{ maka nilai } C = 0.38$$

Iterasi 1:

$$T_1 = 6,3 \times \sqrt{\frac{2824,0249}{9,81 \times 2586,069}} = 2,1019 \text{ detik}$$

Ternyata T_1 yang telah dihitung nilainya menyimpang lebih dari 20% dari T_{awal} . maka, perhitungan periode getar gempa dihitung kembali dengan mengambil nilai C yang baru. Nilai C yang baru diambil berdasarkan nilai T_1 .

$$C_{\text{baru}} = 0,38$$

$$V = \frac{C \times I}{R} \times W_t = \frac{0,38 \times 1}{0,85} \times 15773,04$$

$$= 742,26 \text{ KN}$$

Untuk portal 1:

$$\text{Atap } h_{\text{atap}} = 62 \text{ m}$$

$$W_{\text{atap}} = 824,16 \text{ KN}$$

$$W_t = 15773,04 \text{ KN}$$

$$\Sigma(W \times h) = 507042,72 \text{ KNm}$$

$$V = 742,26 \text{ KN}$$

Maka :

$$F_{\text{atap}} = \frac{824,16 \times 62}{507042,72} \times 742,26 = 74,802 \text{ KN}$$

Tabel 5. 6. Evaluasi periode getar T – Rayleigh iterasi 2

Story	Fi	Wi	di	di2	Wi x di2	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	1619,9436	18856,56	0,0840	0,0071	133,2075	136,1548	4	0,00042
14	1846,9063	22982,16	0,0824	0,0068	155,9799	152,1541	4	0,00061
13	1719,5335	22982,16	0,0799	0,0064	146,8473	137,4511	4	0,00083
12	1592,1806	22982,16	0,0766	0,0059	134,8456	121,9579	4	0,00105
11	1464,7878	22982,16	0,0724	0,0052	120,4426	106,0399	4	0,00125
10	1398,4538	24030,48	0,0674	0,0045	109,1226	94,2376	4	0,00138
9	1265,2677	24030,48	0,0619	0,0038	91,9892	78,2834	4	0,00152
8	1132,0816	24030,48	0,0558	0,0031	74,7515	63,1403	4	0,00166
7	1043,7785	25110,48	0,0491	0,0024	60,6202	51,2849	4	0,00178
6	904,6080	25110,48	0,0420	0,0018	44,3623	38,0224	4	0,00186
5	767,5412	25178,64	0,0346	0,0012	30,1558	26,5626	4	0,00186
4	627,9882	25178,64	0,0272	0,0007	18,5676	17,0627	4	0,00187
3	540,7987	27878,64	0,0197	0,0004	10,7967	10,6426	4	0,00183
2	386,2848	27878,64	0,0124	0,0002	4,2683	4,7797	4	0,00166
1	261,6675	31472,88	0,0058	0,0000	1,0433	1,5065	6	0,00096
					1137,0205	1039,2806	02	

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 2,1019$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-2}} = 2,1039 \text{ , maka nilai } C = 0.38$$

Iterasi 2 :

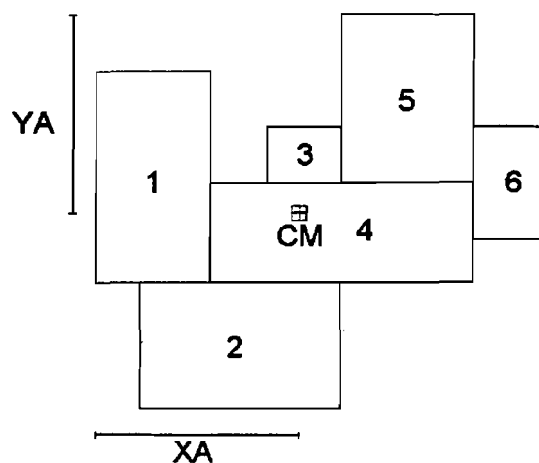
$$T_2 = 6,3 \times \sqrt{\frac{1137,0205}{9,81 \times 1039,2806}} = 2,1039 \text{ detik}$$

Ternyata T_2 yang telah dihitung nilainya mendekati 20% dari T_1 . Maka, perhitungan periode getar gempa tidak perlu dihitung kembali.

5.3. Perhitungan Eksentrisitas

1. Denah Gedung

Titik berat gedung ini akan ditunjukkan pada perhitungan Tabel 5. 7 berikut ini, dan hasilnya letak titik pusat massa bangunan ditunjukkan pada Gambar 5. 6.



Gambar 5. 6. Titik berat Gedung Variasi Kedua

Tabel 5. 7. Titik Berat Gedung Variasi Kedua

Bidang	b	h	Luas (A)	X KIRI	Y ATAS	X * A	Y * A
1	16	30	480	8	23	3840	11040
2	28	18	504	20	47	10080	23688
3	10	8	80	29	20	2320	1600
4	36	14	504	34	31	17136	15624
5	18	24	432	43	12	18576	5184
6	10	16	160	57	24	9120	3840
			2160			61072	60976

$$X_A = 28.2741$$

$$Y_A = 28.2296$$

Satuan dalam Meter

$$X_B = 33.7259$$

$$Y_B = 27.7704$$

X TOTAL	Y TOTAL
62	56

Untuk perhitungan letak titik pusat kekakuan akan ditunjukkan pada Tabel 5. 8 berikut ini.

Tabel 5. 8. Jumlah kolom di tiap portal

jml-kolom	arah x	jarak ke as - A	Jml . jarak
portal 1	3	43	129
portal 2	6	26	156
portal 3	8	31	248
portal 4	8	31	248
portal 5	8	31	248
portal 6	7	26	182
portal 7	4	20	80
portal 8	4	20	80
portal 9	4	20	80
total	52		1451
jml-kolom	arah x	jarak ke sb y	Jml . jarak
portal 1	3	0	0
portal 2	6	8	48
portal 3	8	16	128
portal 4	8	24	192
portal 5	8	32	256
portal 6	7	38	266
portal 7	4	44	176
portal 8	4	50	200
portal 9	4	56	224
total	52		1490

Inertia Kolom

$$I_x = I_y = \frac{1}{12} \cdot b_{kolom} \cdot h_{kolom}^3$$

$$I_x = I_y = \frac{1}{12} \cdot 1,1 \cdot 1,1^3 = 0,1220083 \text{ m}^4$$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

Rumus Umum:

$$Y = \frac{\sum I_i \cdot Y_i}{\sum I_i} \quad X = \frac{\sum I_i \cdot X_i}{\sum I_i}$$

$$I_{total-x} = 56 \cdot 0,1220083 \\ = 6,3444333$$

$$I_{total-y} = 56 \cdot 0,1220083 \\ = 6,3444333$$

$$y = \frac{\sum I \cdot Y}{\sum I}$$

$$y = \frac{I_{kolom} (jml_kolom \cdot jrk)}{6,3444333} = \frac{0,1220083 \cdot (1451)}{6,3444333}$$

$$= 27,903846$$

$$x = \frac{\sum I.X}{\sum I}$$

$$x = \frac{I_{kolom} (jml_kolom \cdot jrk)}{6,3444333} = \frac{0,1220083 \cdot (1490)}{6,3444333}$$

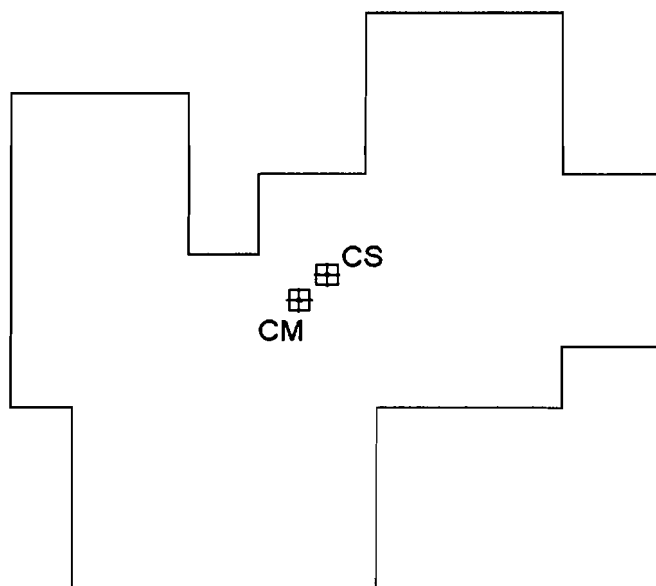
$$= 28,653846$$

Sehingga didapat CS sebagai berikut:

CS arah x = 28,653846 m

CS arah y = 27,903846 m

Gambar 5. 7 adalah letak titik pusat massa dan letak titik pusat kekakuan pada bangunan.



Gambar 5. 7. Pusat Masa Dan Kekakuan Gedung

Maka nilai eksentrisitas nya adalah :

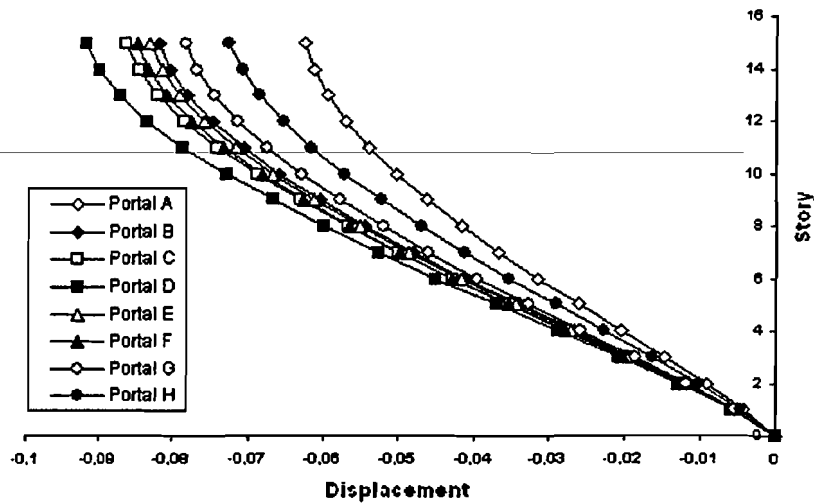
$$\text{Arah x} = 27,903846 - 28,653846 = 0,3702279 \text{ m}$$

$$\text{Arah y} = 28,653846 - 27,903846 = 0,4242165 \text{ m}$$

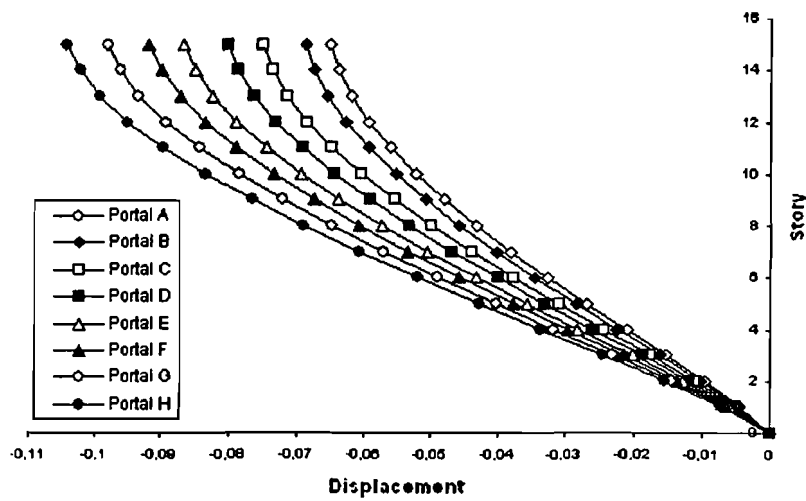
Atau sekitar = 1,327 % untuk arah X dan Y sekitar =1,480 %

5.4. Displacement

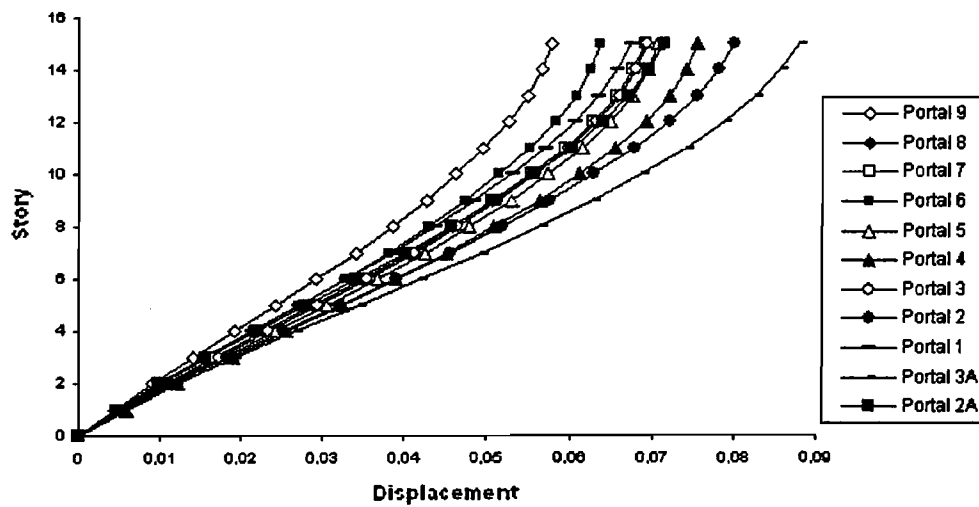
Satuan untuk displacement adalah mm.



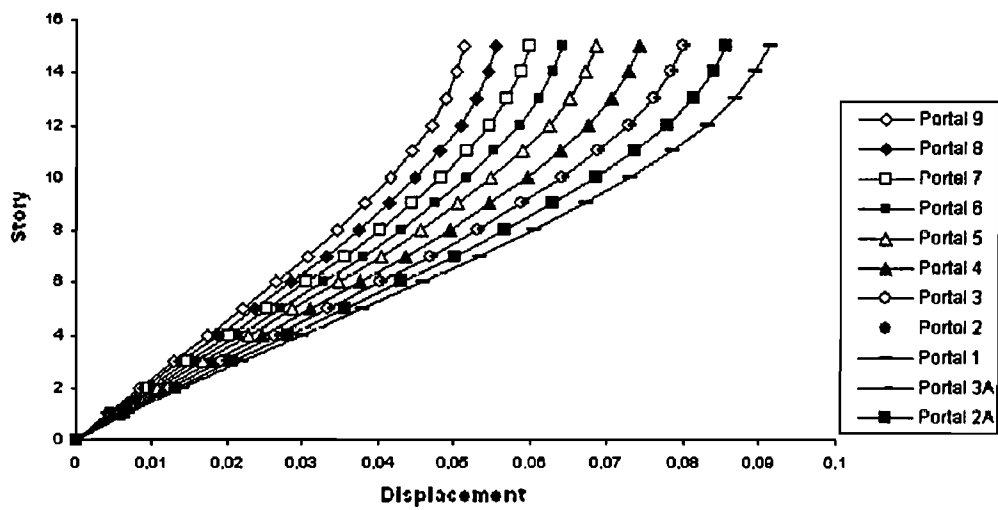
Gambar 5. 8. Grafik *Displacement* pada Portal A s/d H Akibat Gempa dari Arah Y (Comb2) Dengan analisis 2 dimensi



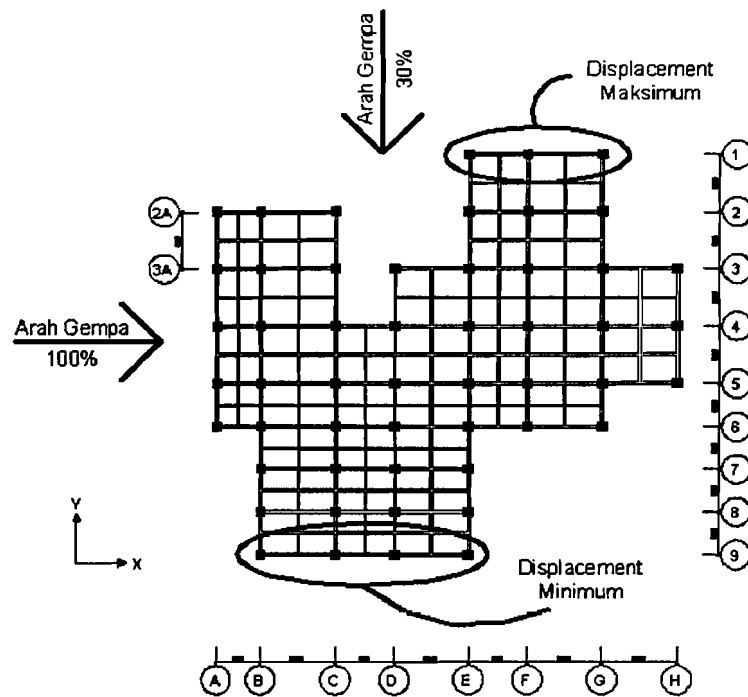
Gambar 5. 9. Grafik *Displacement* pada Portal A s/d H Akibat Gempa dari Arah Y (Comb2) Dengan analisis 3 dimensi



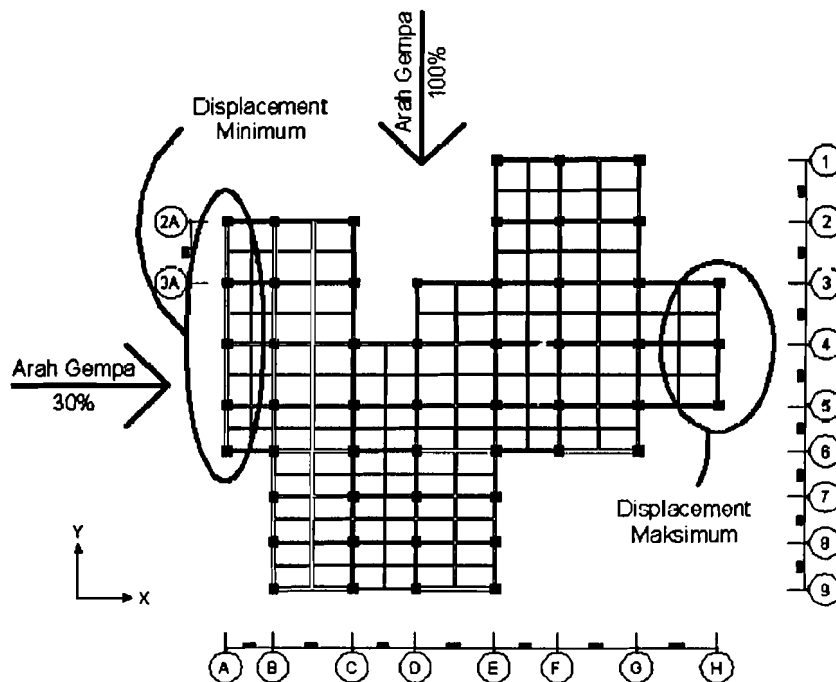
Gambar 5. 10. Grafik *Displacement* pada Portal 1 s/d 9 Akibat Gempa dari Arah X (Comb3) Dengan Analisis 2 Dimensi



Gambar 5. 11. Grafik *Displacement* pada Portal 1 s/d 9 Akibat Gempa dari Arah X (Comb3) Dengan Analisis 3 Dimensi



Gambar 5.12. Denah Lokasi *Displacement* Maksimum dan Minimum Portal Akibat gempa arah X pada Analisis 3 Dimensi

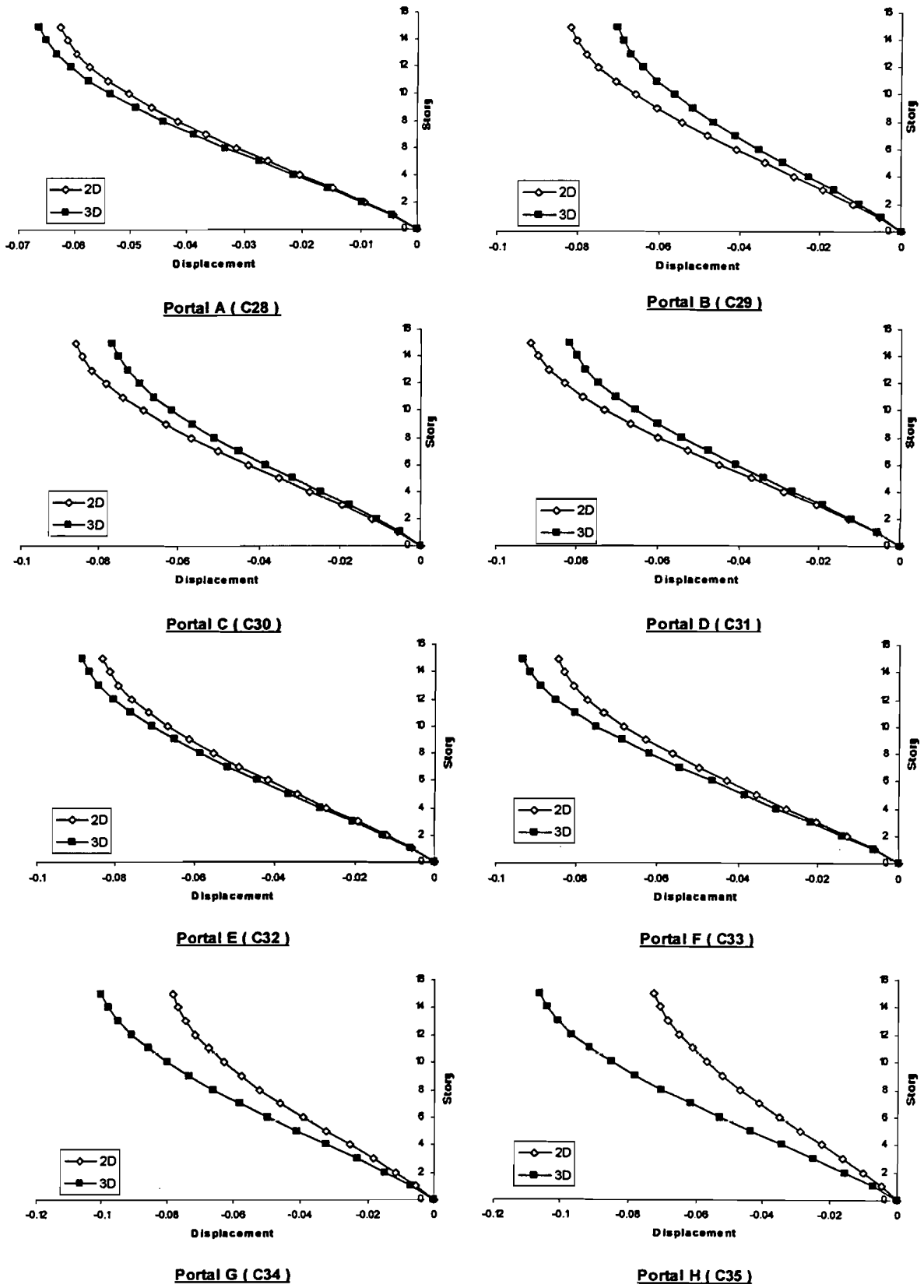


Gambar 5.13. Denah Lokasi *Displacement* Maksimum dan Minimum Portal Akibat gempa arah Y pada Analisis 3 Dimensi

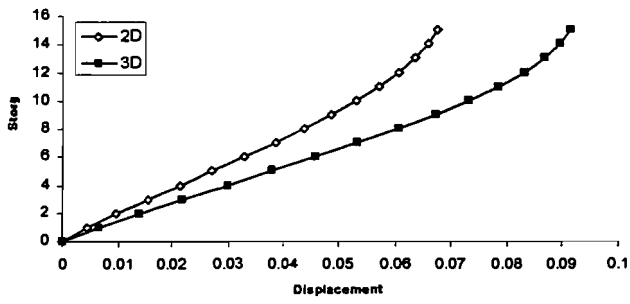
Displacement arah Y portal-portal struktur 2D disajikan pada Gambar 5. 8. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai *displacement* yang terbesar terjadi pada Portal D, sedangkan untuk *displacement* yang terkecil terjadi pada Portal A. Untuk *displacement* portal-portal yang searah dengan sumbu X struktur 2D ditunjukkan pada Gambar 5. 10. Pada gambar tersebut didapat nilai *displacement* yang terbesar terjadi pada Portal 3A, sedangkan untuk nilai *displacement* yang terkecil terjadi pada Portal 9. Respon yang terjadi dalam arah ini maupun arah Y juga tidak beraturan sehingga sulit untuk dibuat generalisasi. Hal ini dikarenakan portal-portal yang dianalisis dilakukan secara parsial tidak dalam satu kesatuan bangunan.

Gambar 5. 9 menunjukkan *displacement* arah Y struktur 3D. Pada bagian ini, *displacement* yang terbesar terjadi pada Portal H, sedangkan *displacement* yang terkecil terjadi pada Portal A. Hasil *displacement* yang terjadi dari analisis 3D lebih mempunyai hasil yang teratur, ini dibuktikan jika dilihat portal A hingga portal H maka nilai *displacement* yang semakin membesar. Gambar 5. 11 menunjukkan *displacement* arah X untuk analisis 3D. Pada bagian ini, *Displacement* yang terbesar terjadi pada Portal 1, sedangkan *displacement* terkecil terjadi pada Portal 9. Seperti pada *displacement* arah Y, *displacement* dari analisis 3D pada arah X ini juga beraturan, dari portal 9 hingga portal 1 nilai *displacement* yang diperoleh semakin membesar. Hal ini terjadi dikarenakan, analisis yang dilakukan terhadap portal-portal dilakukan secara utuh dan saling berkaitan, tidak seperti analisis 2 dimensi yang proses analisis dilakukan parsial sehingga hasil yang didapat menjadi tidak teratur. Lokasi *displacement* yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 5. 12 untuk arah X dan Gambar 5. 13 untuk arah Y.

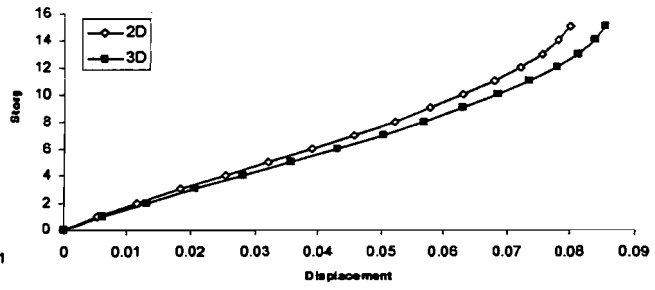
Gambar 5. 12 untuk arah X dan Gambar 5. 13 untuk arah Y, merupakan hasil analisis dengan cara 3 dimensi yang menunjukkan bahwa yang mengalami *displacement* terbesar dan yang terkecil berada pada portal tepi yang searah dengan arah datangnya gempa.



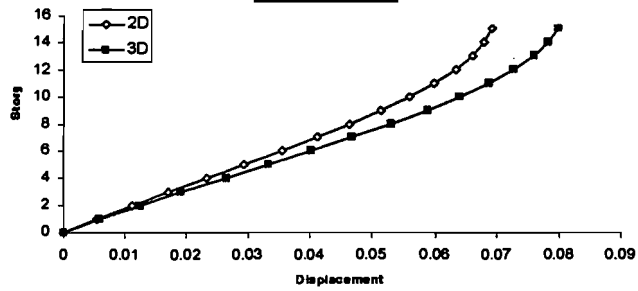
Gambar 5. 14. Grafik Perbandingan *Displacement* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal A s/d H



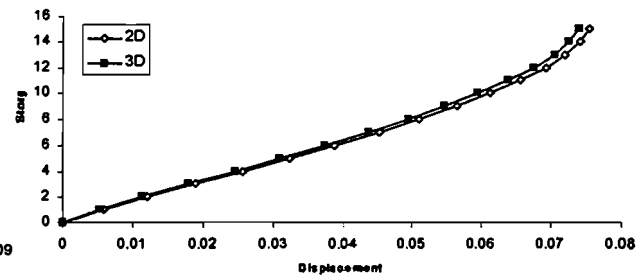
Portal 1 (C50)



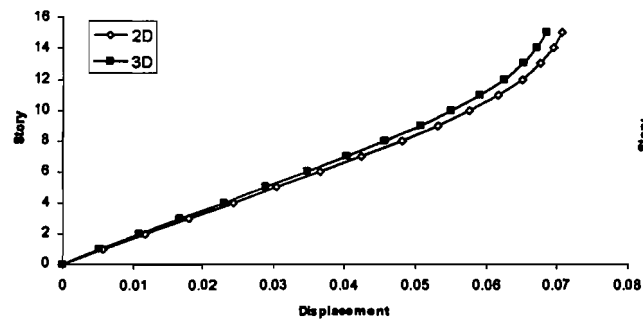
Portal 2 (C47)



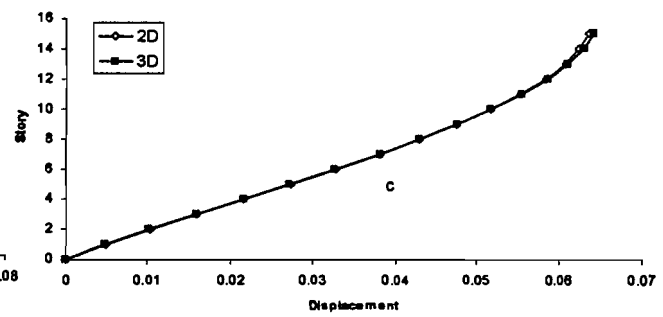
Portal 3 (C40)



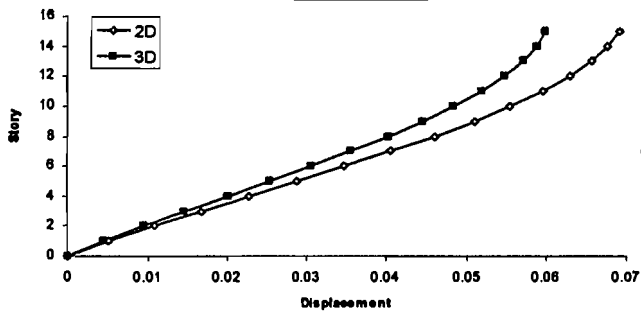
Portal 4 (C32)



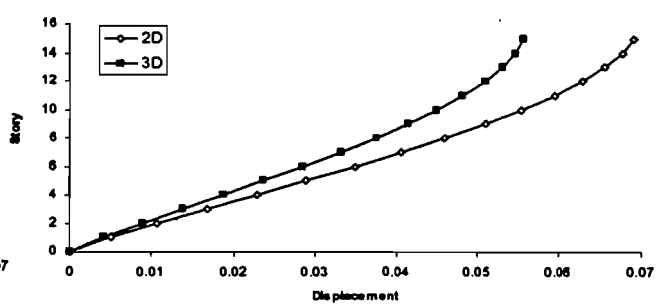
Portal 5 (C24)



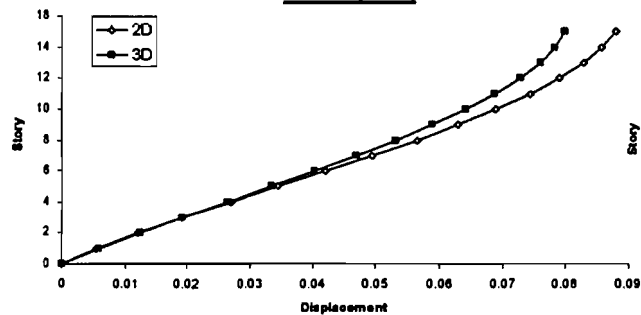
Portal 6 (C17)



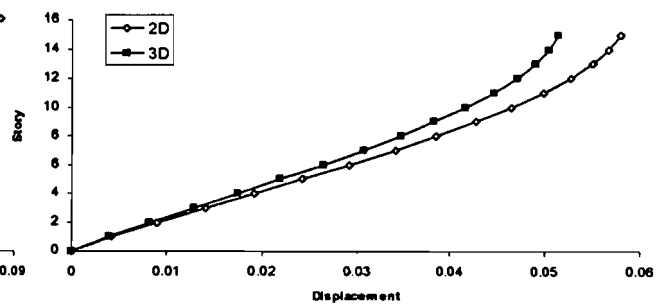
Portal 7 (C12)



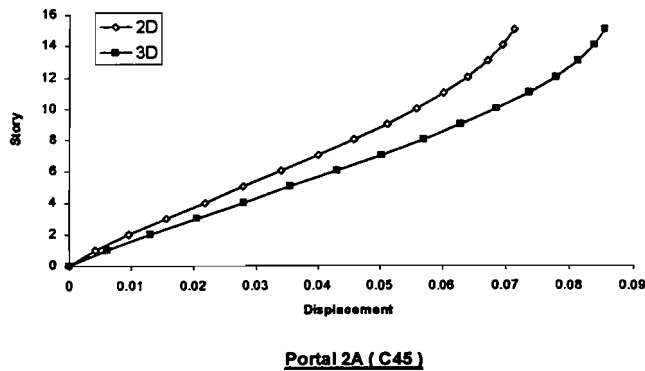
Portal 8 (C8)



Portal 3A (C37)



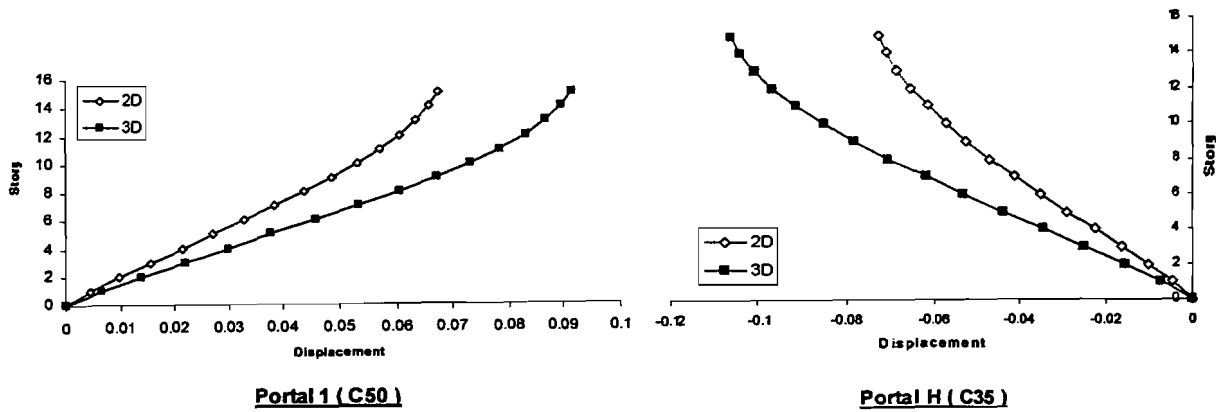
Portal 9 (C4)



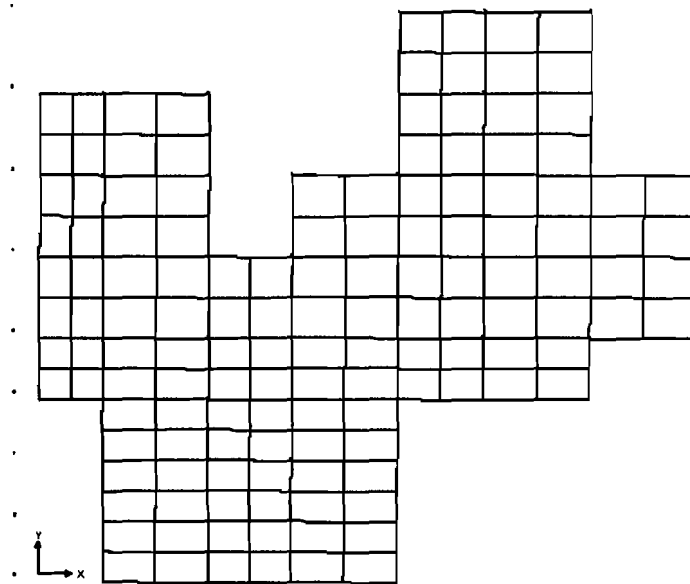
Gambar 5.15. Grafik Perbandingan *Displacement* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal 1 s/d 9

Gambar 5.14 menunjukkan *displacement* arah Y untuk tiap-tiap portal, dan Gambar 5.15 menunjukkan *displacement* arah X untuk tiap-tiap portal. Pada struktur 3 dimensi, tiap-tiap portal saling terkait sehingga akan menghasilkan nilai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan pada struktur 2 dimensi. Sehingga dengan kekakuan yang lebih tinggi, nilai *displacement* dari respon struktur 3 dimensi seharusnya lebih kecil dibandingkan struktur 2 dimensi. Namun *displacement* yang terjadi pada tiap portal untuk 3 dimensi tidak seluruhnya lebih kecil dari 2 dimensi, hal ini diduga karena terjadinya puntir yang ditimbulkan dari pembebanan gempa 2 arah. Gambar 5.17 menunjukkan terjadinya puntir pada bangunan 3 dimensi. Dengan adanya puntir pada bangunan ini maka *displacement* portal yang berada pada tepi bangunan atau jauh dari pusat massa akan lebih besar dari pada portal yang berada di tengah atau dekat dengan pusat massa. Gambar 5.18 dan Gambar 5.19 menunjukkan *displacement* tepi bangunan dan tengah bangunan.

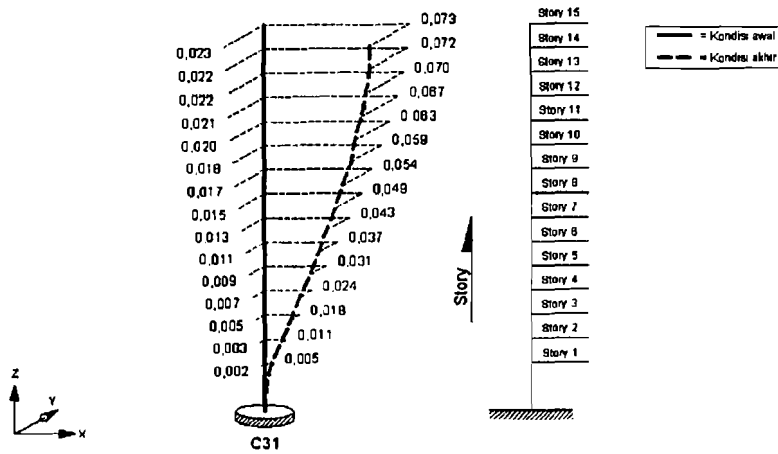
Gambar 5.16 menunjukkan perbedaan *displacement* yang paling signifikan antara analisis 3 dimensi dengan 2 dimensi. Portal yang mengalami *displacement* paling signifikan terjadi pada portal 1 dan portal H. *Displacement* yang terjadi dari analisis 3 dimensi menunjukkan adanya perbedaan yang cukup jauh terhadap *displacement* pada hasil analisis 2 dimensi.



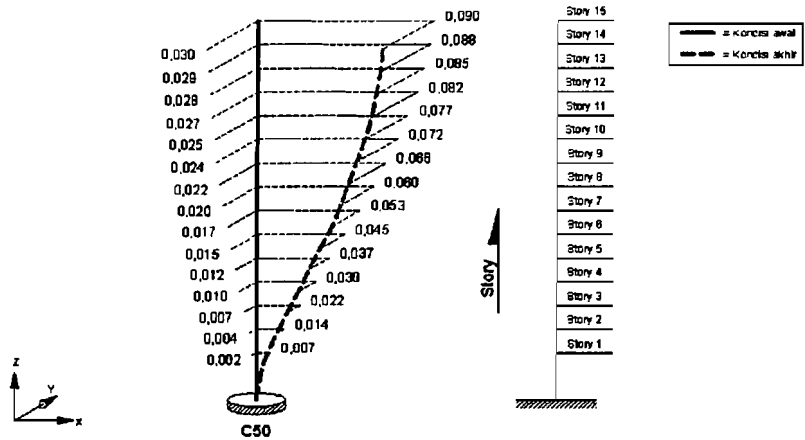
Gambar 5. 16. Grafik Displacement paling signifikan antara Analisis 2 Dimensi dengan 3 Dimensi



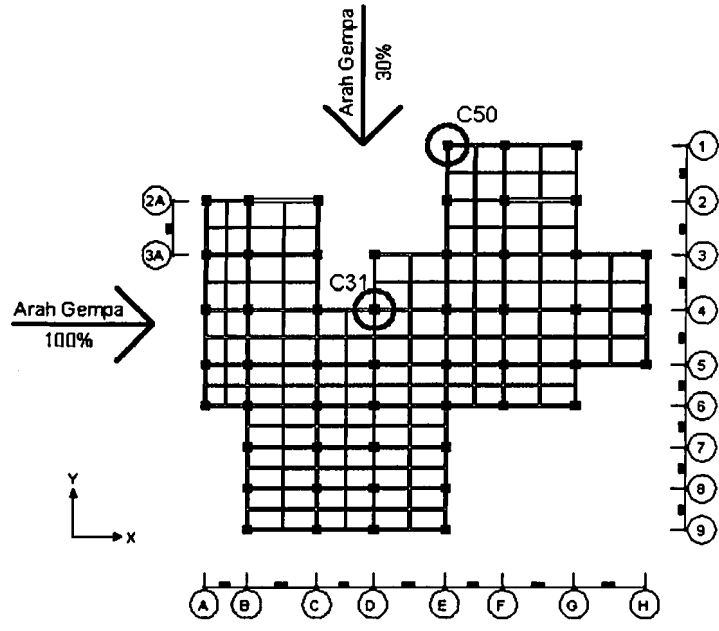
Gambar 5. 17. Puntir Pada Struktur 3 Dimensi



Gambar 5. 18. Displacement C31 untuk 2 arah

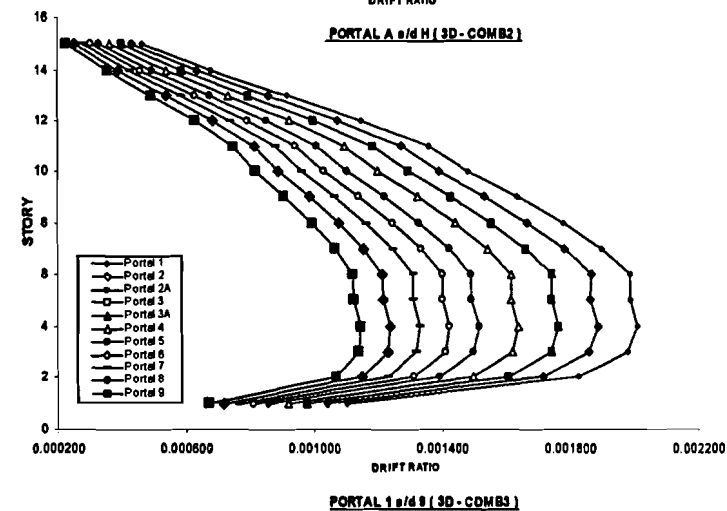
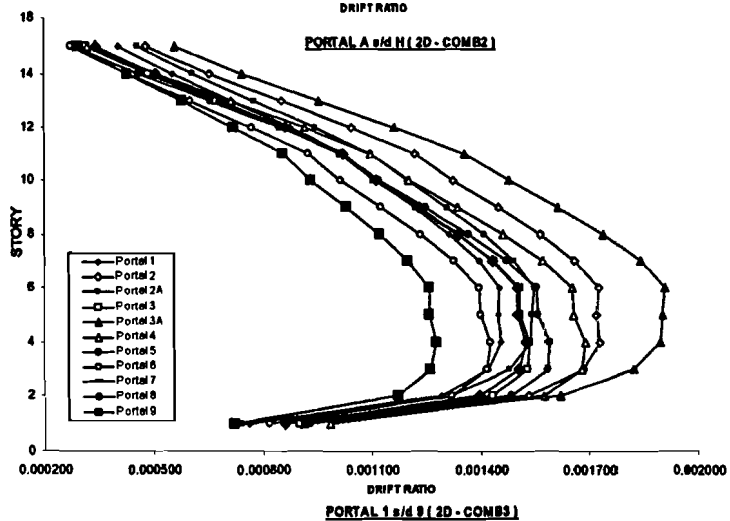
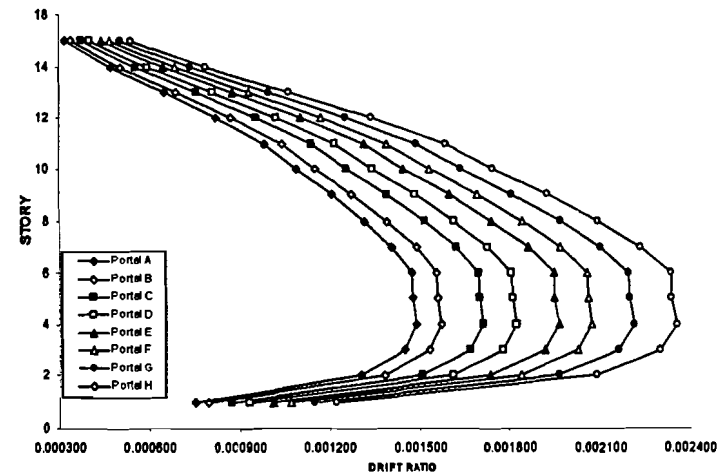
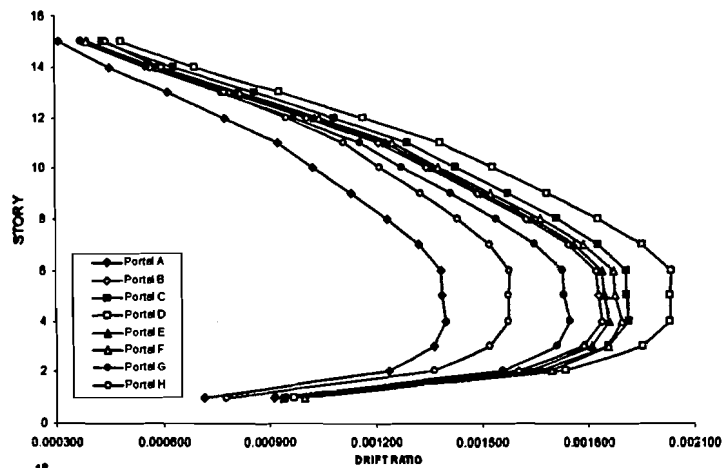


Gambar 5. 19. Displacement C50 untuk 2 arah

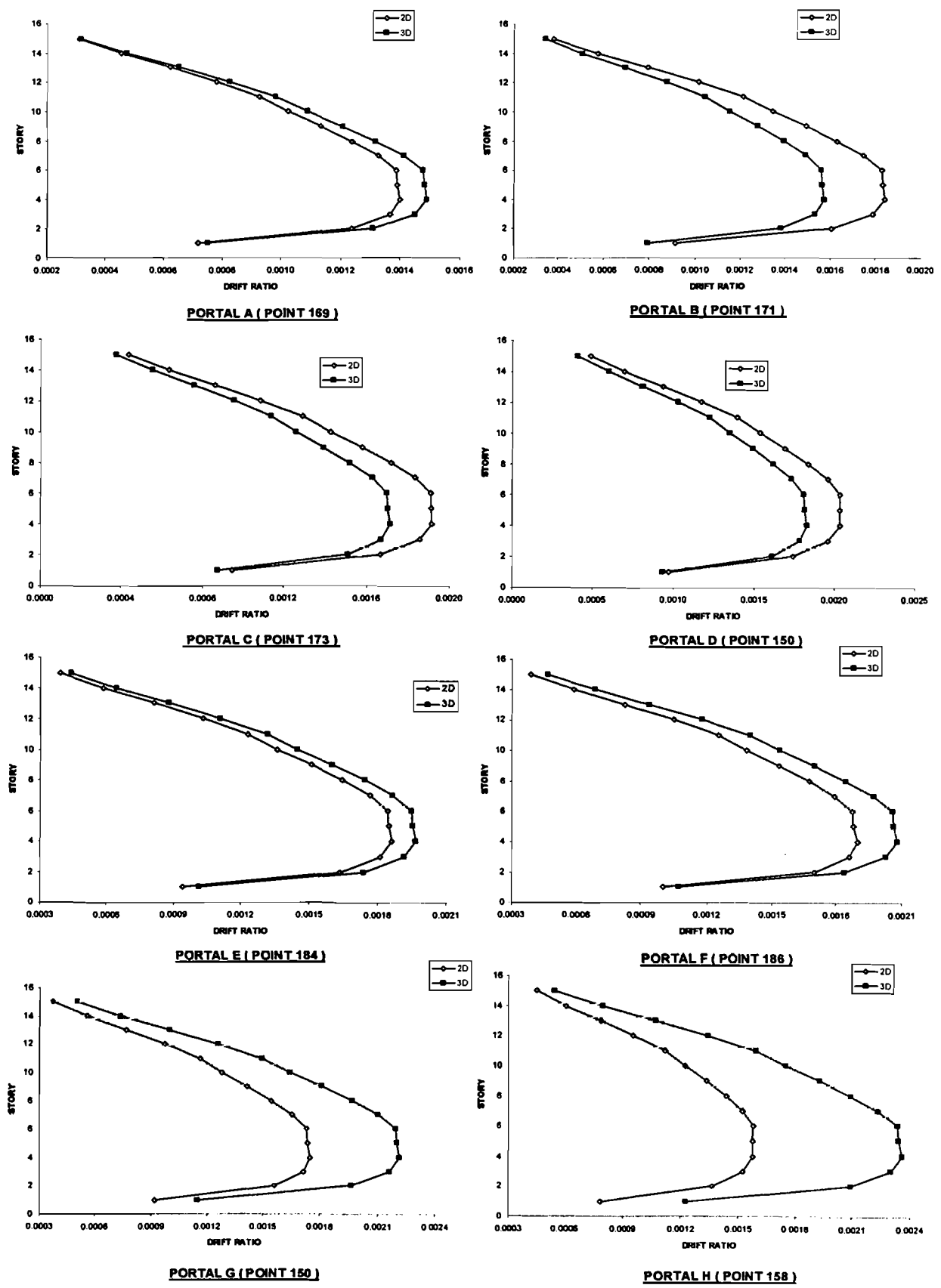


Gambar 5. 20. Lokasi Tinjauan displacement C31 dan C50

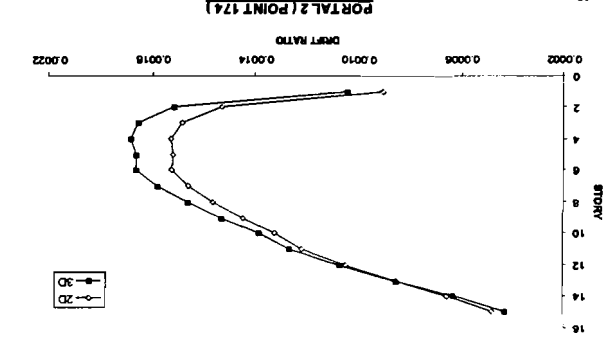
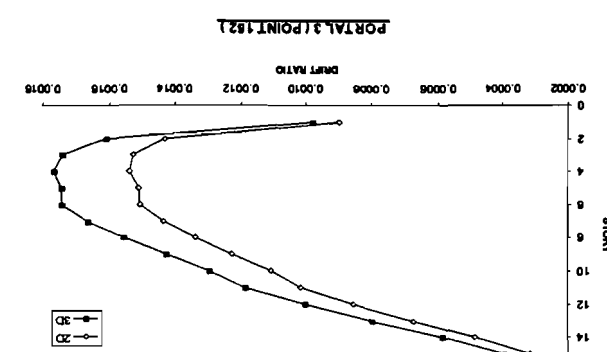
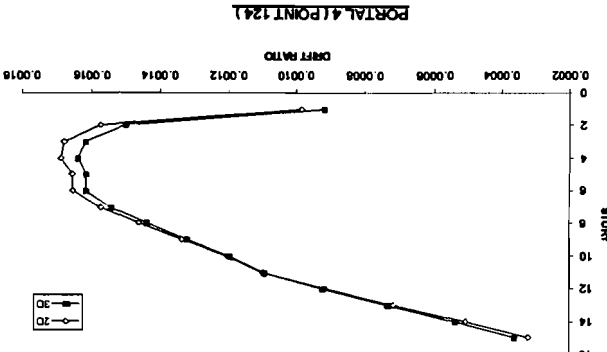
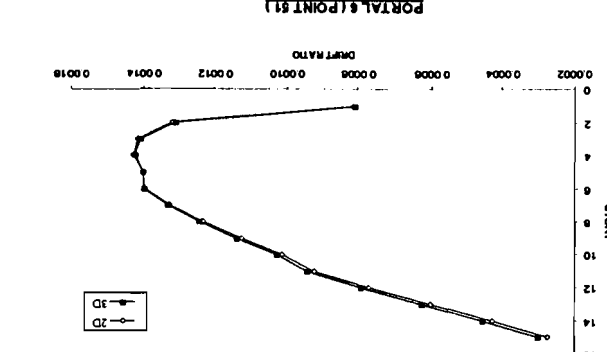
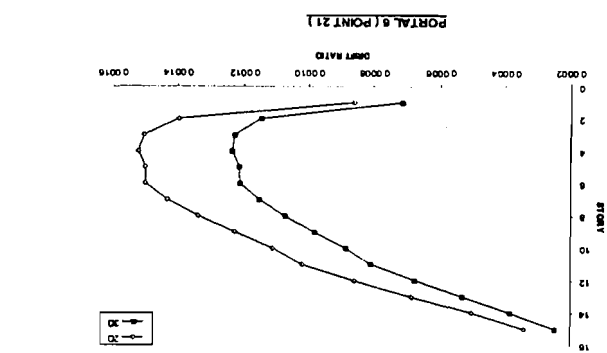
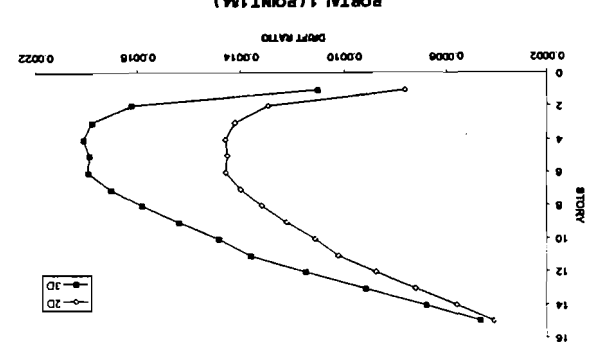
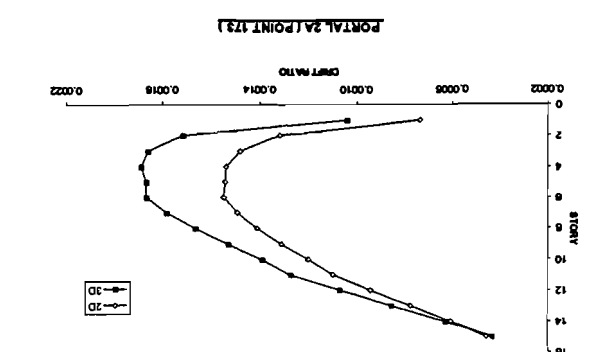
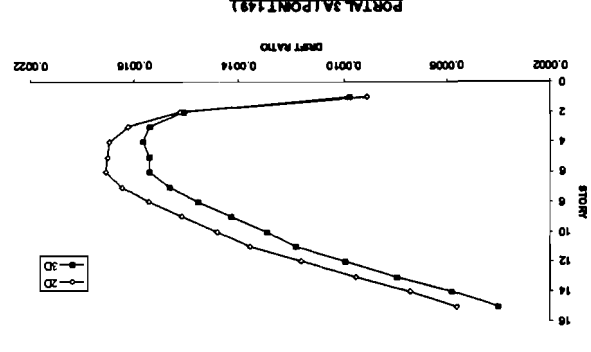
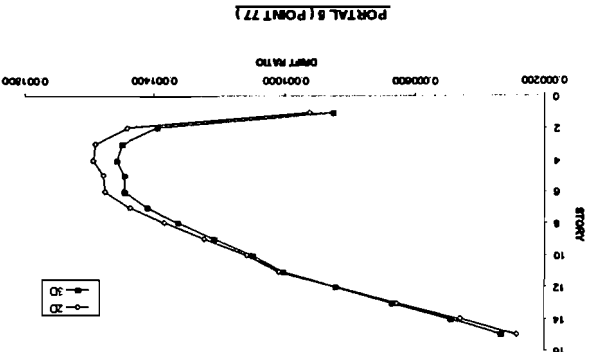
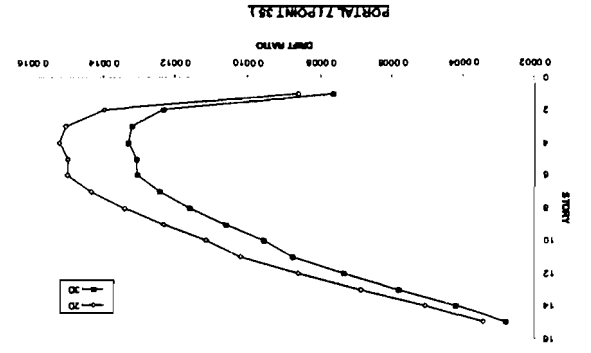
5.5. Drift Ratio

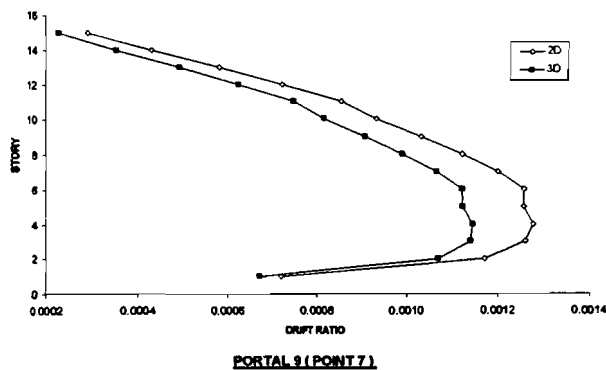


Gambar 5. 21. Grafik *Drift Ratio* Hasil analisis 2 Dimensi dan 3 Dimensi pada Seluruh Portal



Gambar 5. 22. Grafik Perbandingan *Drift Ratio* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal A s/d H

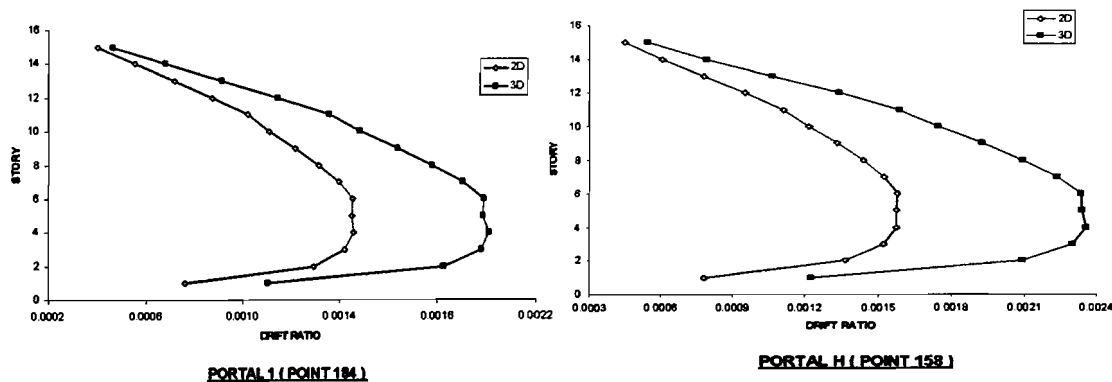




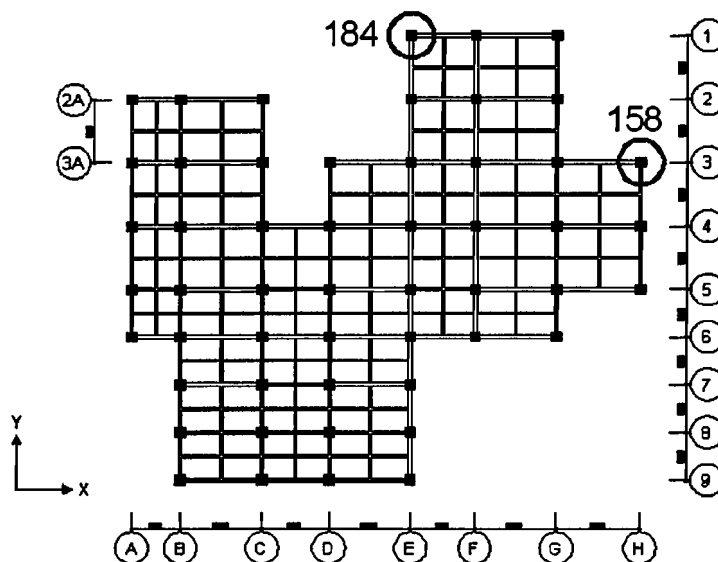
Gambar 5. 23. Grafik Perbandingan *Drift Ratio* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal 1 s/d 9

Gambar 5. 21 menunjukkan *drift ratio* dari hasil analisis 2D dan 3D. Pada gambar tersebut, untuk arah X struktur 3D *drift ratio* yang terbesar terjadi pada portal H dan terkecil adalah portal A. Jika dilihat nilainya dari portal H hingga portal A nilai *drift ratio* akan semakin mengecil. Untuk arah Y yaitu, terbesar adalah portal 1 dan terkecil adalah portal 9. Dilihat dari nilainya, nilai *drift ratio* dari portal 1 hingga portal 9 nilainya semakin mengecil juga. Setelah diamati didapat bahwa, portal yang mengalami *displacement* terbesar ternyata juga mengalami nilai *drift ratio* yang terbesar pula, pola untuk hasil *drift ratio* dan *displacement* dari respon hasil analisis 3D ini pun sama. Sedangkan pada *drift ratio* dari analisis 2D, alur hasilnya juga sulit untuk digeneralisir karena hasilnya tidak beraturan, dan ini juga terjadi pada *displacement* dari hasil analisis 2D. penyebabnya adalah analisis struktur yang dilakukan secara parsial per portal baik itu dalam arah Y maupun arah X.

Gambar 5. 24 menunjukkan perbedaan nilai *drift ratio* yang paling signifikan antara respon 2 dimensi dan 3 dimensi. Letak point yang mengalami *drift ratio* paling signifikan perbedaannya dapat dilihat pada Gambar 5. 25. Hasil pengamatan pada *drift ratio* yang memiliki perbedaan paling signifikan ternyata terjadi pada portal yang memiliki nilai *displacement point* yang paling signifikan juga perbedaannya.



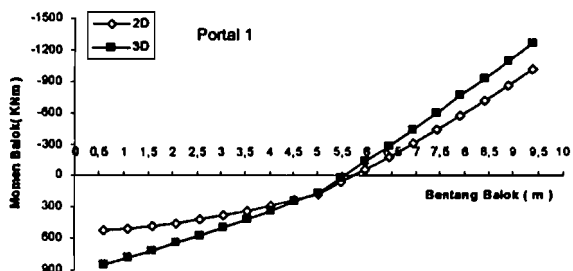
Gambar 5. 24. Grafik *Drift Ratio* paling signifikan antara Analisis 2 Dimensi dengan 3 Dimensi



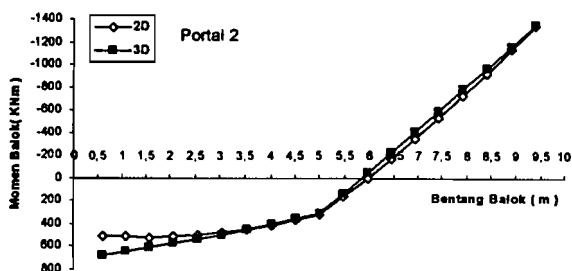
Gambar 5. 25. Denah Point *Drift Ratio* paling signifikan antara Analisis 2D dengan 3D

5.6. Momen Maksimum Balok

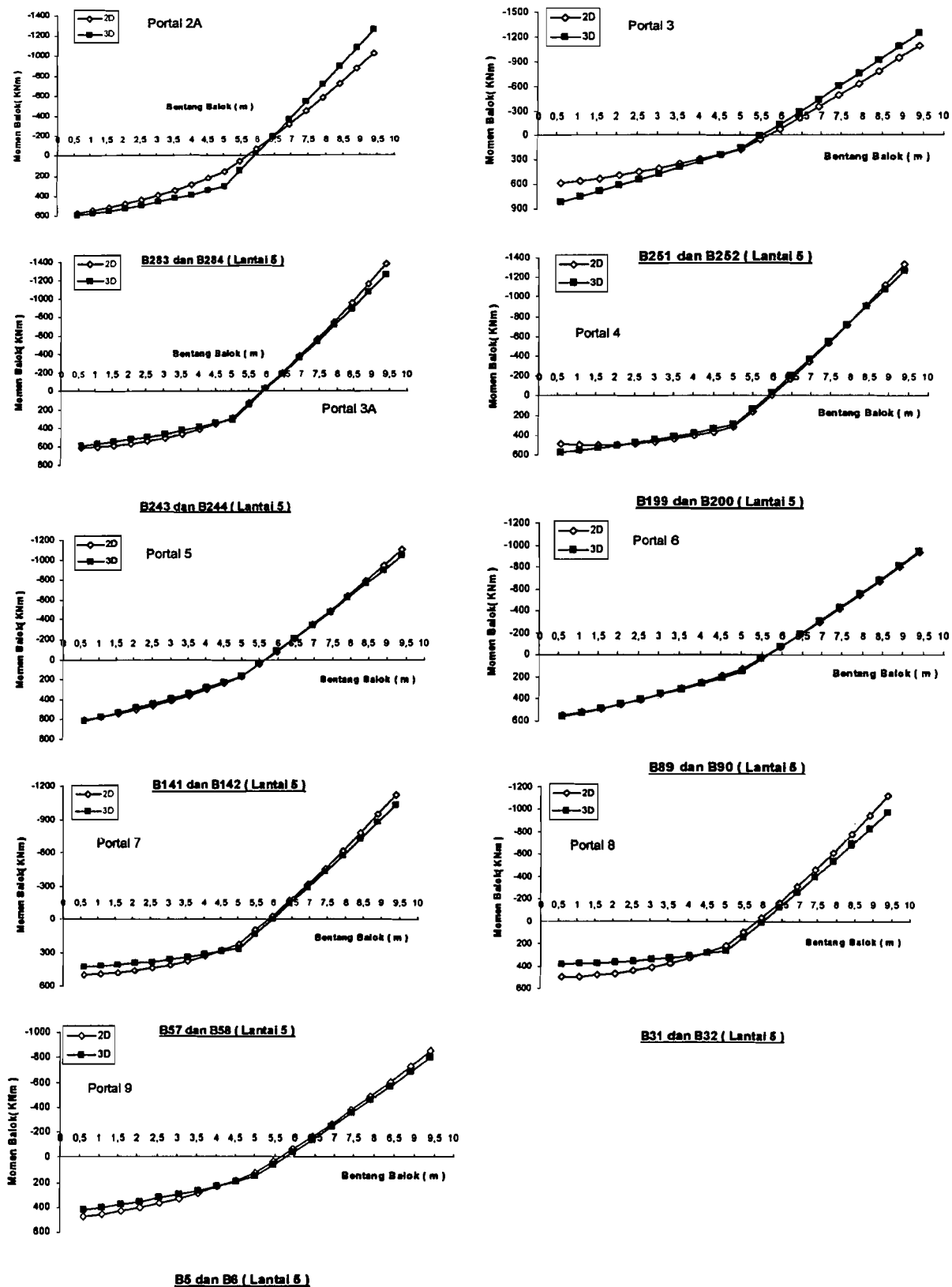
Berikut ini grafik momen maksimum balok tiap-tiap portal yang dianalisis 2 dimensi dan 3 dimensi (posisi balok dapat dilihat di denah balok pada lampiran):



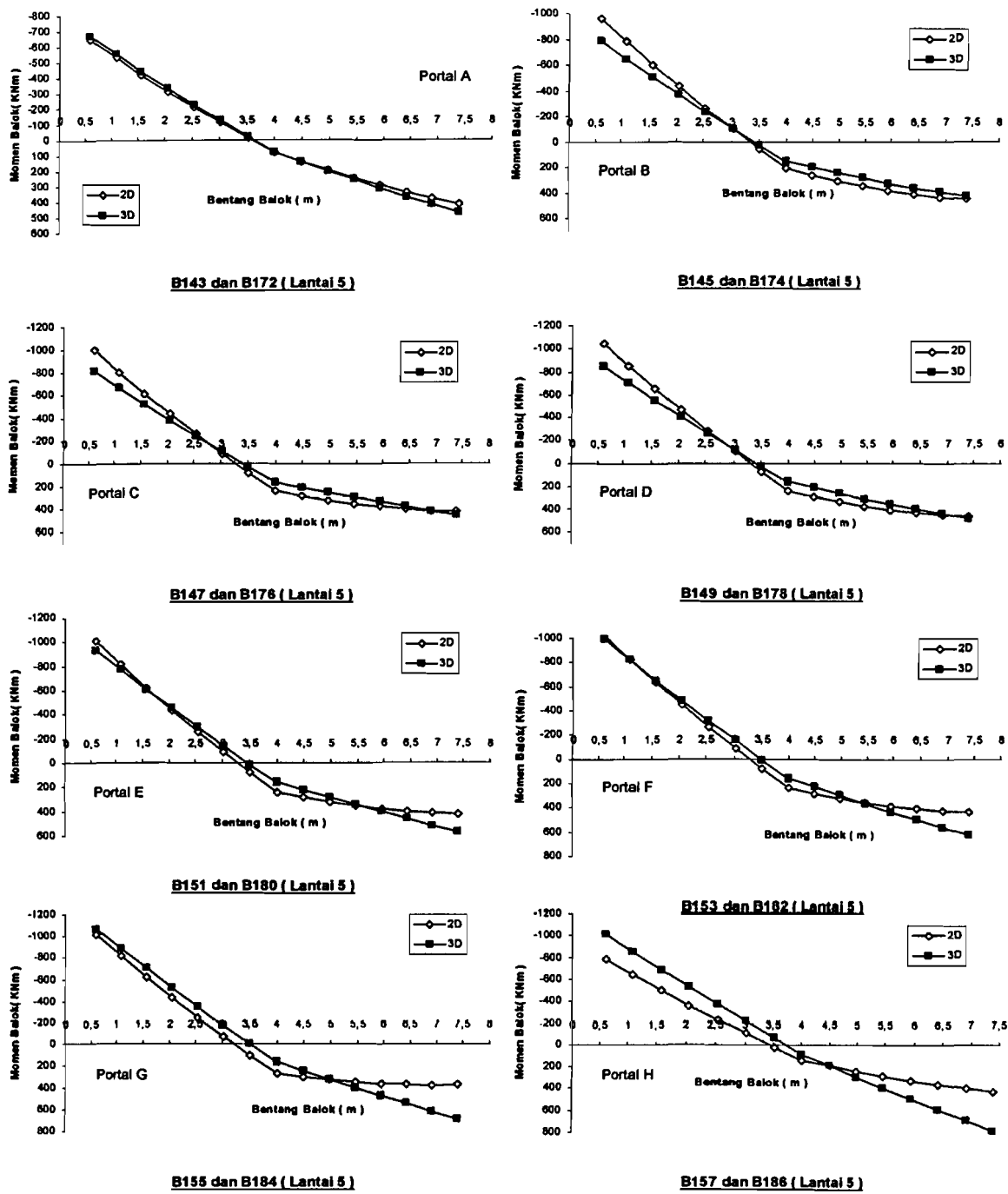
B305 dan B306 (Lantai 5)



B287 dan B288 (Lantai 5)



Gambar 5. 26. Grafik Momen Maksimum Balok Portal 1 s/d Portal 9 Akibat Gempa dari Arah X



Gambar 5. 27. Grafik Momen Maksimum Balok Portal A s/d Portal H Akibat Gempa dari Arah Y

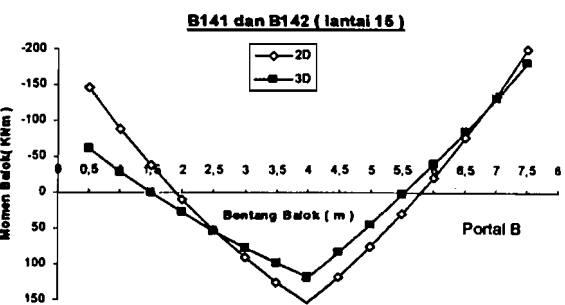
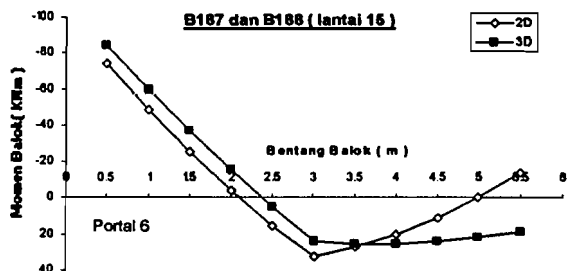
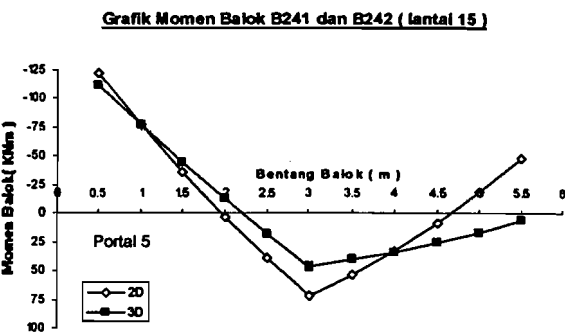
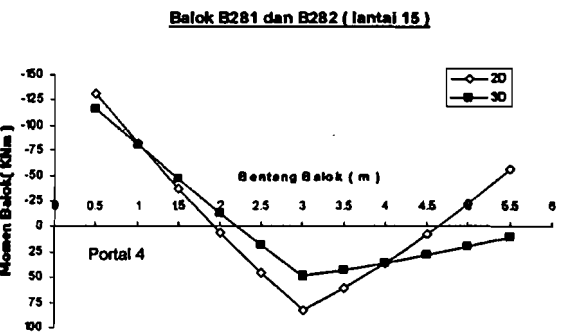
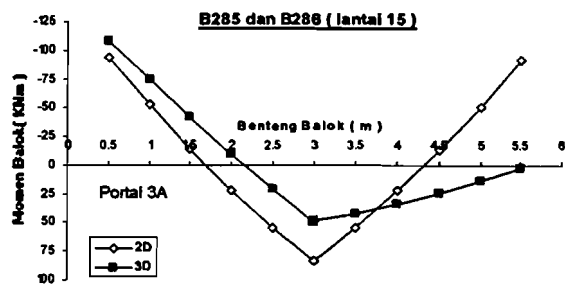
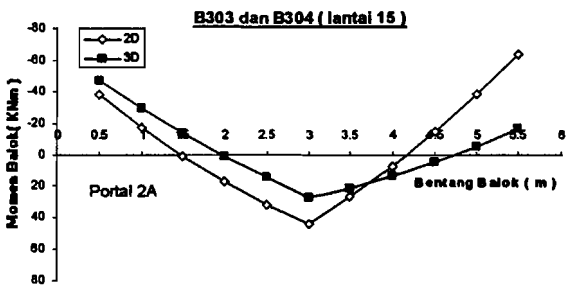
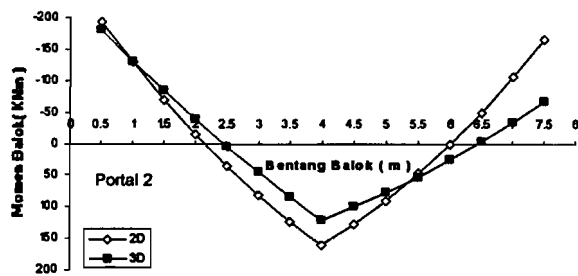
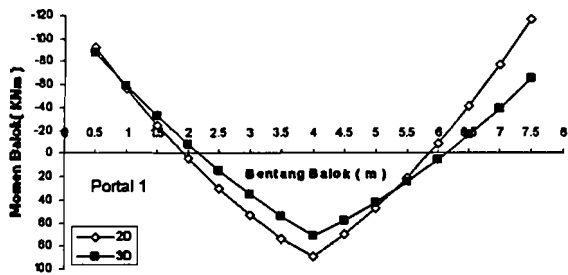
Gambar 5. 26 dan Gambar 5. 27 menunjukkan momen maksimum di tiap-tiap portal dalam arah X dan arah Y. Momen-momen maksimum balok tersebut terjadi di *story* 5 dan memiliki panjang bentang yang terpanjang untuk masing-masing arah portal. Hal ini dikarenakan pada *story* tersebut memiliki nilai *drift ratio* yang terbesar. Momen yang terjadi pada balok-balok yang ditampilkan pada Gambar 5. 26 dan Gambar 5. 27 terjadi akibat kombinasi beban yang diterima oleh balok-balok tersebut. Kombinasi beban yang diterima oleh balok-balok tersebut adalah kombinasi dari beban mati, beban hidup dan beban gempa.

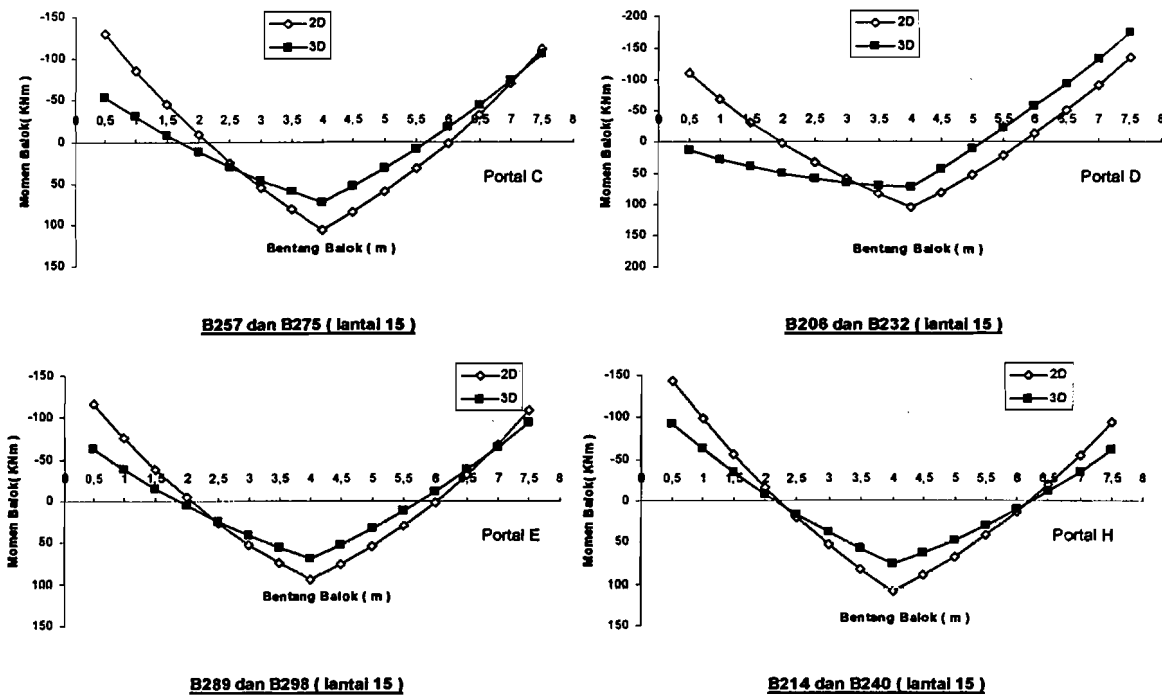
Dominasi beban gempa yang terjadi pada struktur gedung yang dianalisis tampak jelas pada Gambar 5. 26 dan Gambar 5. 27. Hal ini dapat dibuktikan bahwa nilai momen yang terjadi di daerah tumpuan (M^+) lebih besar dibandingkan nilai momen yang ada di daerah lapangan (M^+). Kondisi dimana beban gempa lebih dominan dibandingkan dengan beban gravitasi disebut *Earthquake Load Dominated* (ELD), sedangkan apabila beban gravitasi lebih dominan dibandingkan beban gempa disebut *Gravity Load dominated* (GLD). Pada gedung yang telah dianalisis ini, kondisi yang terjadi adalah *Earthquake Load Dominated* (ELD).

Pada gedung yang telah dianalisis ini, beban dominan yang terjadi adalah beban gempa atau *Earthquake Load Dominated* (ELD). Hal ini terjadi dikarenakan bangunan yang telah dianalisis merupakan gedung bertingkat banyak dan terletak pada daerah gempa yang besar, yaitu terletak di daerah gempa 3. Selain itu, yang menyebabkan beban gempa menjadi besar adalah dikarenakan bangunan tersebut dibangun di atas tanah yang lunak. Tentunya, jika suatu bangunan direncanakan dibangun di atas tanah lunak mengakibatkan nilai koefisien gempa dasar C akan menjadi besar. Akibat yang terjadi dari pembesaran nilai koefisien gempa dasar C adalah nilai gaya geser dasar V akan menjadi besar dan selanjutnya gaya horizontal tingkat (F_i) menjadi lebih besar pula. Koefisien gempa dasar C, gaya geser dasar V dan gaya horizontal tingkat (F_i) merupakan rumus dalam menghitung beban gempa yang telah ditulis di Bab landasan teori.

5.7. Momen Balok Yang Signifikan

Berikut ini grafik momen tumpuan balok yang memiliki perbedaan yang paling signifikan tiap-tiap portal yang dianalisis 2 dimensi dan 3 dimensi (posisi balok dapat dilihat di denah balok pada lampiran):





Gambar 5. 28. Grafik Momen Tumpuan Balok yang signifikan

Dari Gambar 5. 28 diperoleh keterangan bahwa terdapat selisih perbedaan antara hasil analisis 3D dan analisis 2D, dan berikut adalah hasil perhitungannya terhadap hasil dari analisis 3 dimensi.

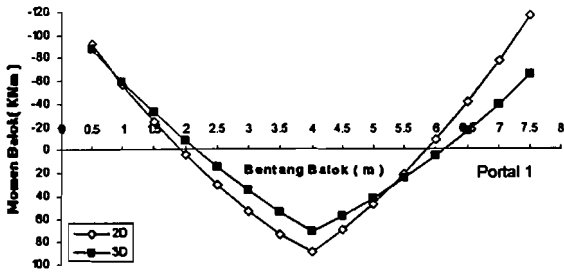
Tabel 5. 9 Perhitungan Selisih Momen Tumpuan

Portal	Balok	Selisih (%)
1	B303 - B304	80
2	B285 - B286	153
2A	B281 - B282	320
3A	B241 - B242	4037
4	B187 - B188	676
5	B141 - B142	873
6	B79 - B80	177
B	B255 - B273	141
C	B257 - B275	137
D	B206 - B232	923
E	B289 - B298	87
H	B214 - B240	56

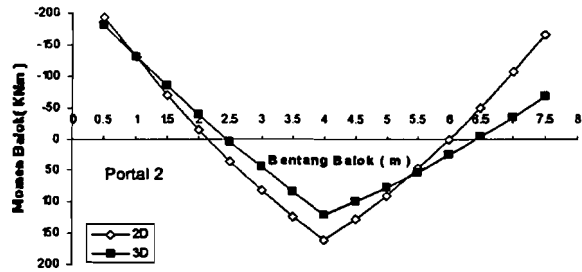
Nilai momen tumpuan yang paling signifikan adalah balok B241&B242 pada Portal 3A. Pada portal 3A dapat diketahui bahwa nilai *displacement* lebih kecil dibandingkan dengan portal 1 (*Displacement* terbesar), sehingga *drift ratio* Portal 3A nilainya lebih kecil dibandingkan dengan *drift ratio* Portal 1. Jadi, balok yang memiliki perbedaan nilai momen tumpuan yang signifikan belum tentu berada pada portal yang memiliki nilai *displacement* yang terbesar, dan perbedaan nilai *displacement* yang paling signifikan, *drift ratio* yang terbesar dan perbedaan nilai *drift ratio* yang paling signifikan.

Namun jika hanya dilihat dari nilai *displacement* 2D dan 3D, momen balok akan mengikuti *displacement*. Artinya jika nilai *displacement* 3D lebih besar dari pada 2D maka momen balok 3D akan lebih besar dari pada momen balok 2D, begitu juga sebaliknya jika nilai *displacement* 2D lebih besar dari pada 3D maka momen balok 2D akan lebih besar dari pada momen balok 3D. Momen yang terjadi dari analisis 2D lebih menyerupai pada diagram momen yang didominasi oleh gravitasi. Ini dikarenakan beban gempa yang relatif kecil yang terjadi pada lantai atap.

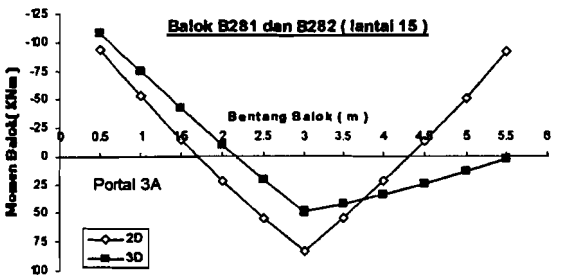
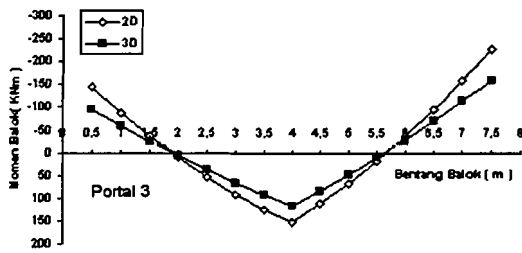
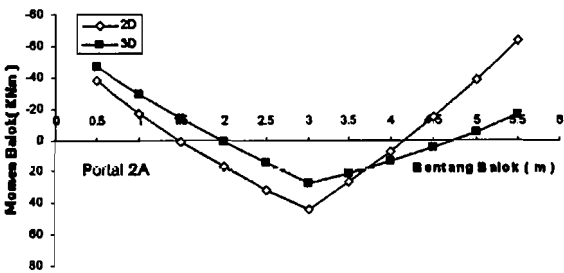
Berikut ini grafik momen lapangan balok yang signifikan tiap-tiap portal yang dianalisis 2 dimensi dan 3 dimensi (posisi balok dapat dilihat di denah balok pada lampiran):



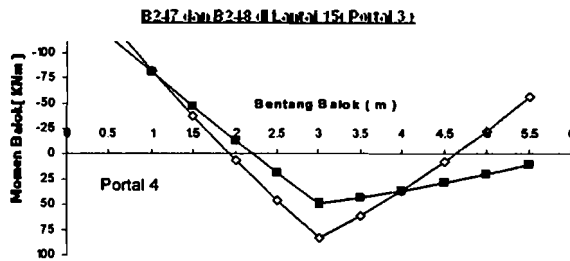
B303 dan B304 (lantai 15)



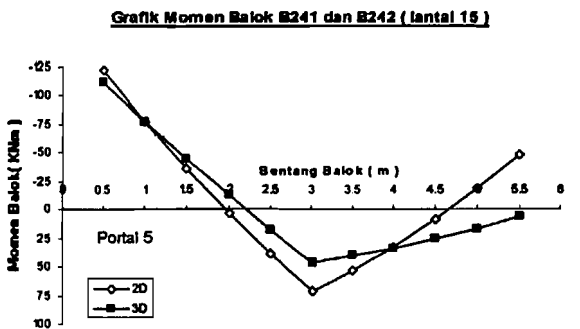
B285 dan B286 (lantai 15)



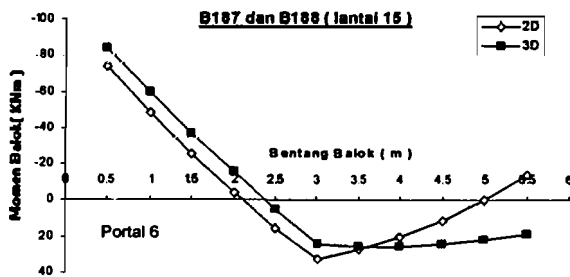
Balok B281 dan B282 (lantai 15)



B247 dan B248 (lantai 15, Portal 3)



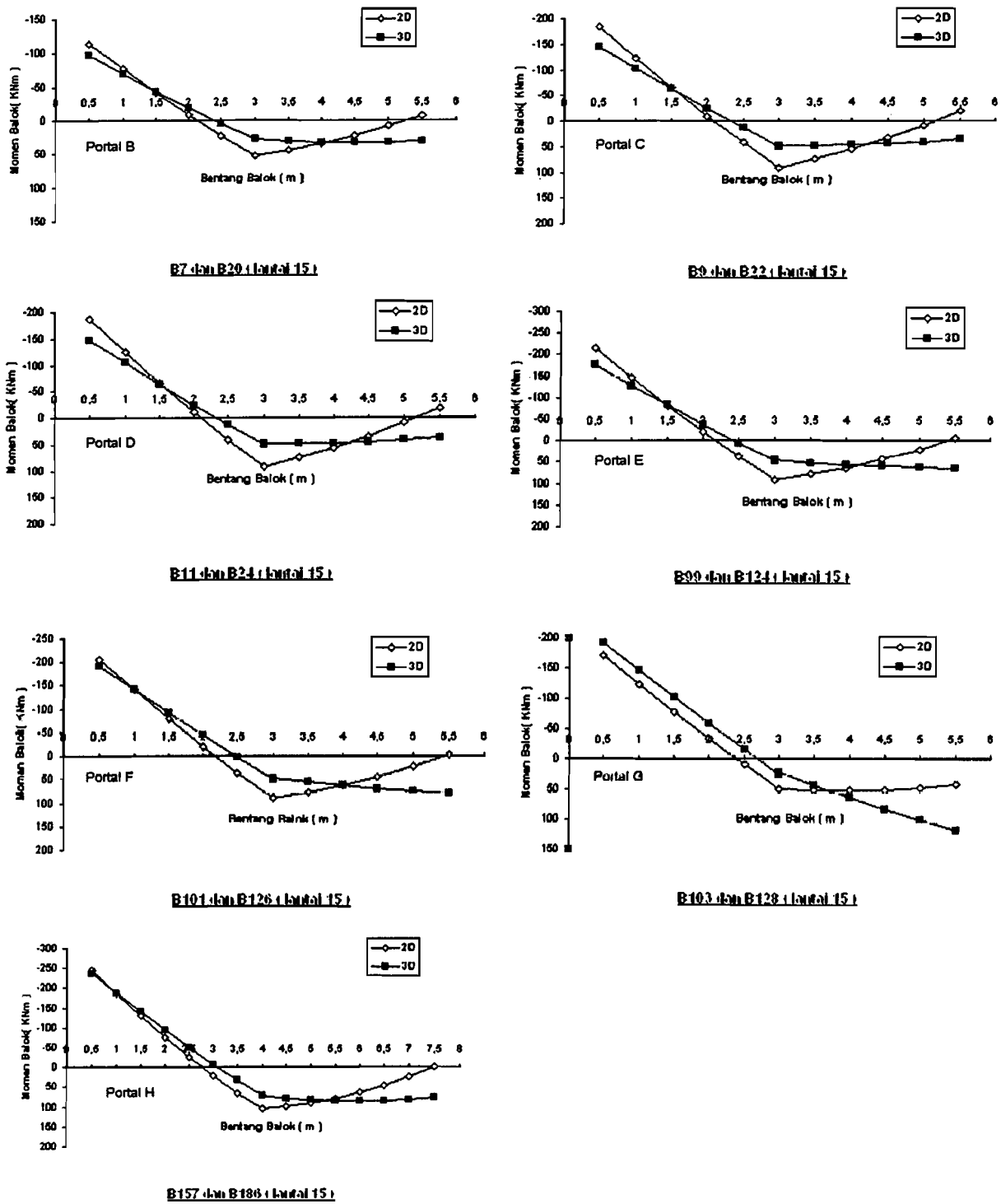
Grafik Momen Balok B241 dan B242 (lantai 15)



B187 dan B188 (lantai 15)

B141 dan B142 (lantai 15)

B79 dan B80 (lantai 15)



Gambar 5. 29. Grafik Momen Lapangan Balok yang signifikan

Dari Gambar 5. 29 diperoleh keterangan bahwa terdapat selisih perbedaan antara hasil analisis 3D dan analisis 2D, dan berikut adalah tabel hasil perhitungannya terhadap hasil dari analisis 3 dimensi.

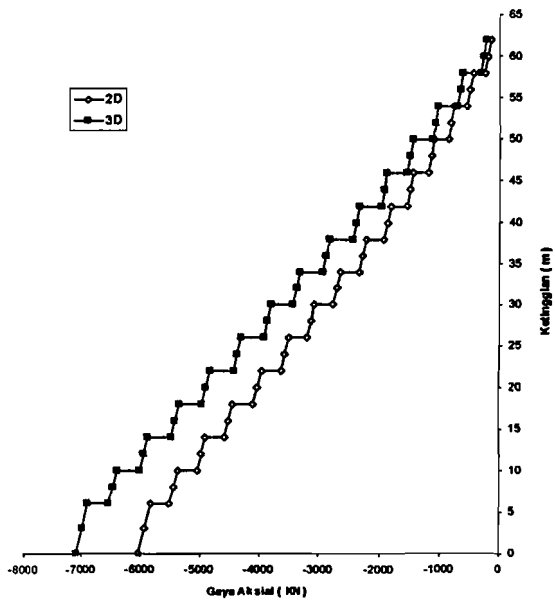
Tabel 5. 10 Perhitungan Selisih Momen Lapangan

Portal	Balok	Selisih (%)
1	B303 - B304	25
2	B285 - B286	32,5
2A	B281 - B282	59,2
3	B247 - B248	24,4
3A	B241 - B242	70,3
4	B187 - B188	69,7
5	B141 - B142	50,4
6	B79 - B80	33,8
B	B7 - B20	85,2
C	B9 - B22	86
D	B11 - B24	86
E	B99 - B124	95,3
F	B101 - B126	92,9
G	B103 - B128	106,9
H	B157 - B186	45,8

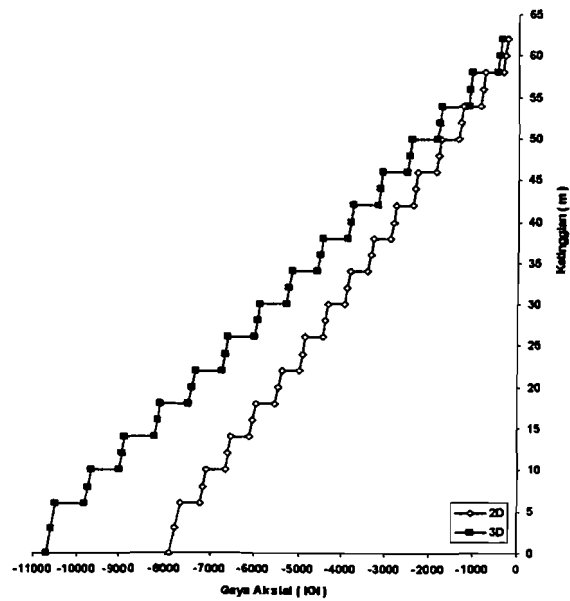
Nilai momen lapangan yang paling signifikan adalah balok B103&B128 pada Portal G. Pada portal G dapat dikatakan bahwa *displacement* nya lebih kecil dibandingkan dengan portal 1 (*Displacement* terbesar) sehingga *drift ratio* Portal G nilainya lebih kecil dibandingkan dengan *drift ratio* Portal 1. Jadi, balok yang memiliki perbedaan nilai momen lapangan yang signifikan belum tentu berada pada portal yang memiliki nilai *displacement* yang terbesar, dan perbedaan nilai *displacement* yang paling signifikan, *drift ratio* yang terbesar dan perbedaan nilai *drift ratio* yang paling signifikan.

5.8. Gaya Aksial Kolom Maksimum

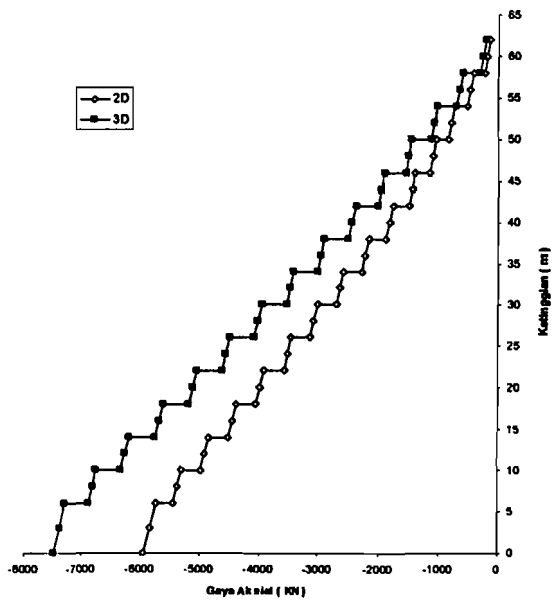
Berikut grafik gaya aksial kolom maksimum tiap-tiap portal hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.



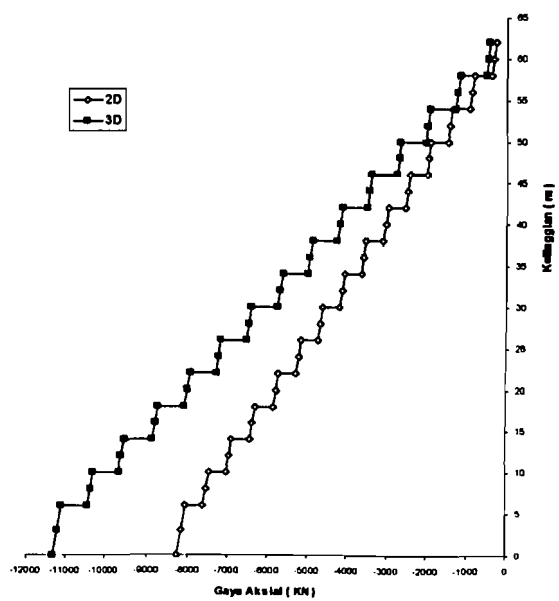
C62



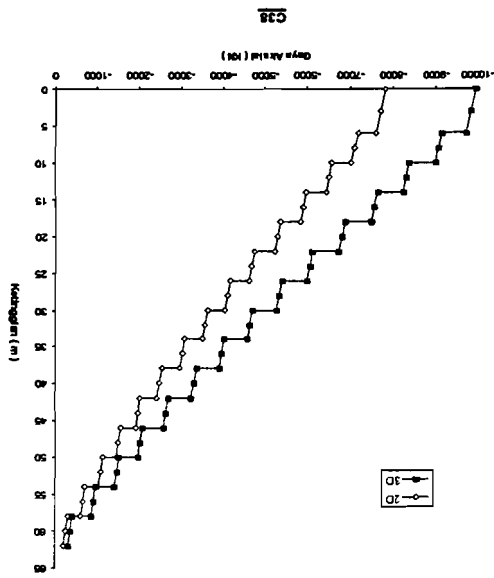
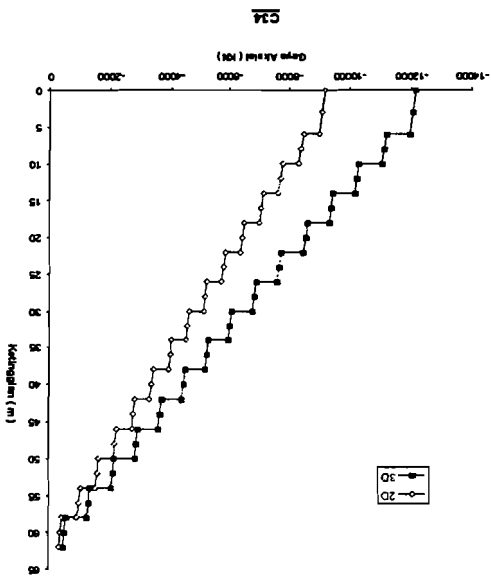
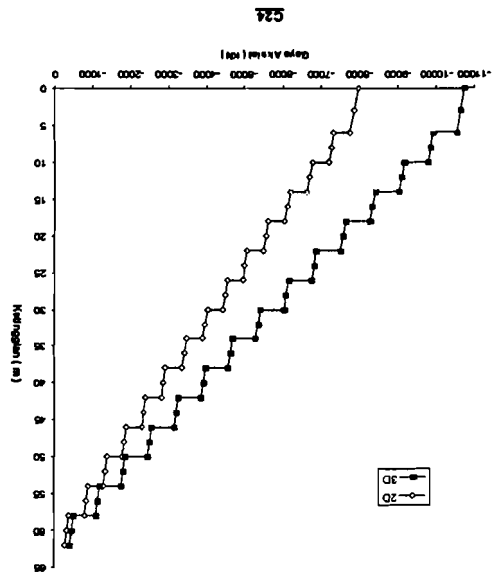
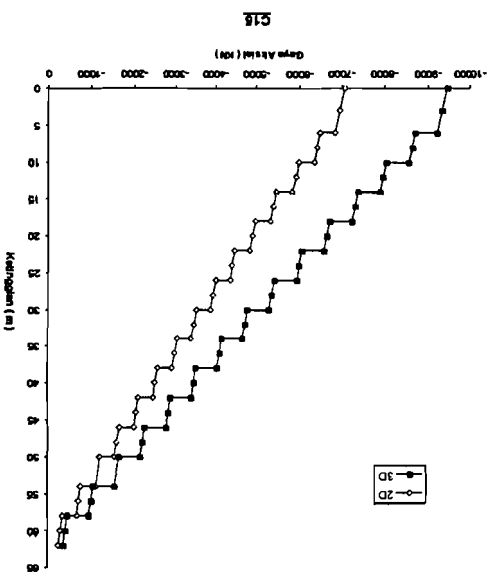
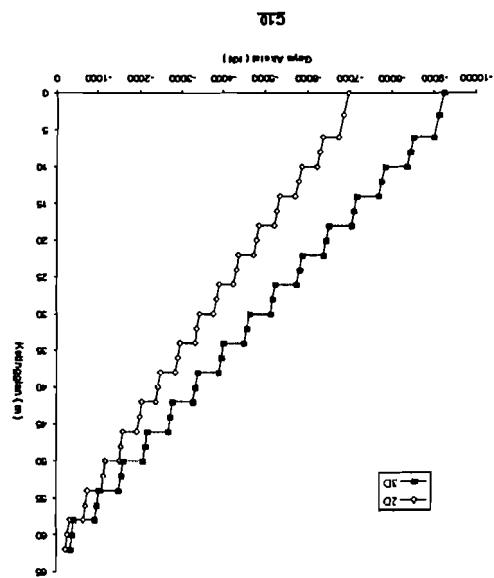
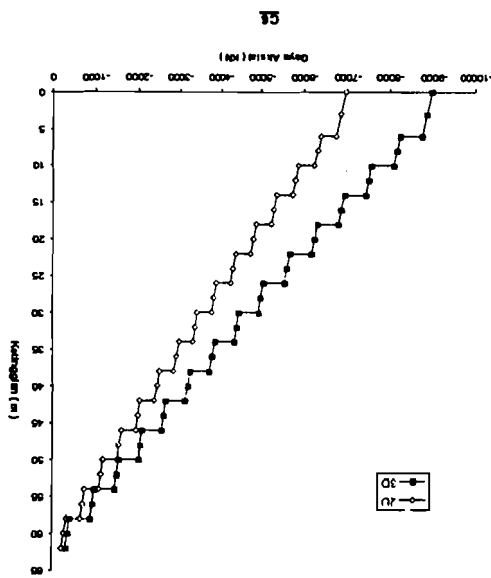
C48

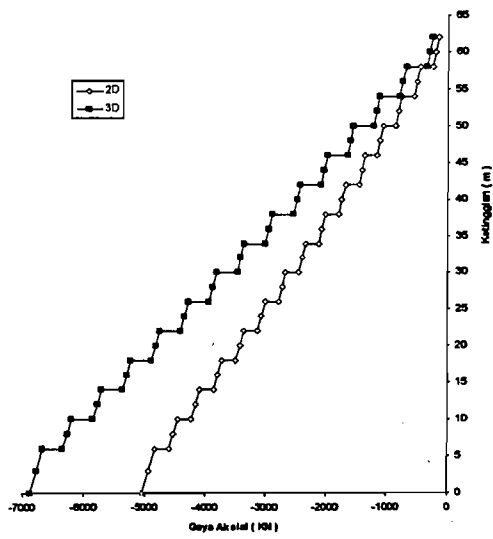


C46

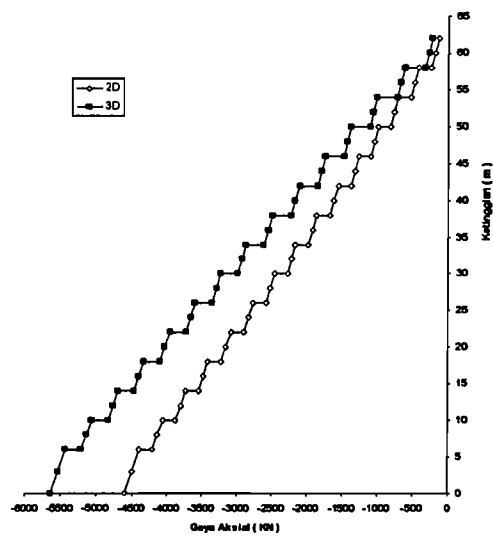


C41

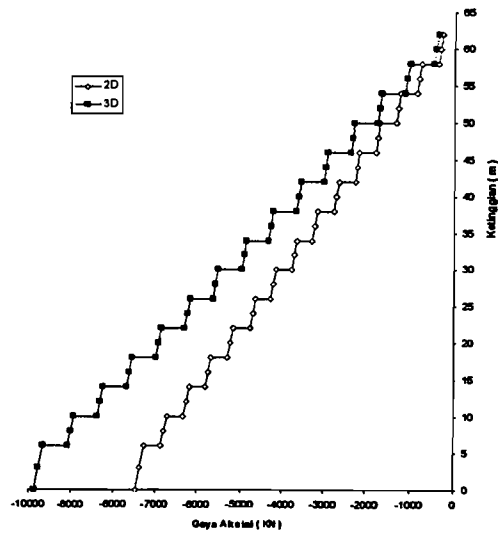




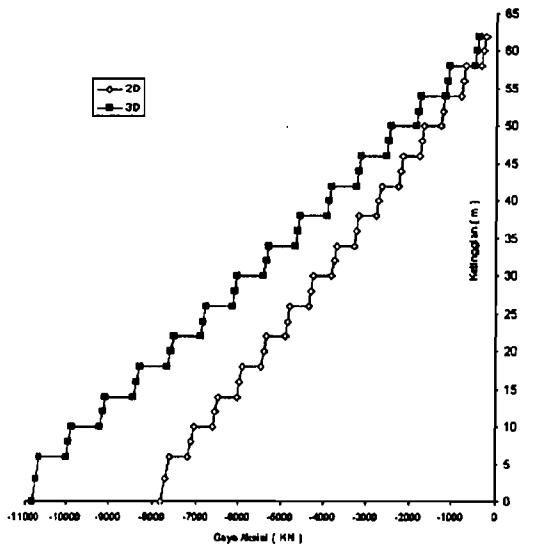
G2
Gambar 5. 30. Grafik Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal 1 s/d Portal 9 Akibat Gempa Arah X



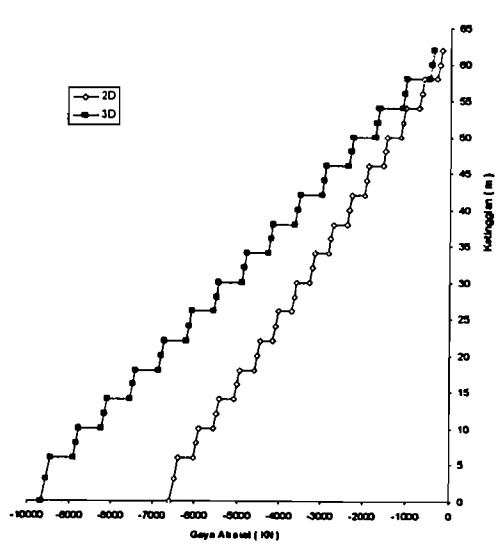
C28



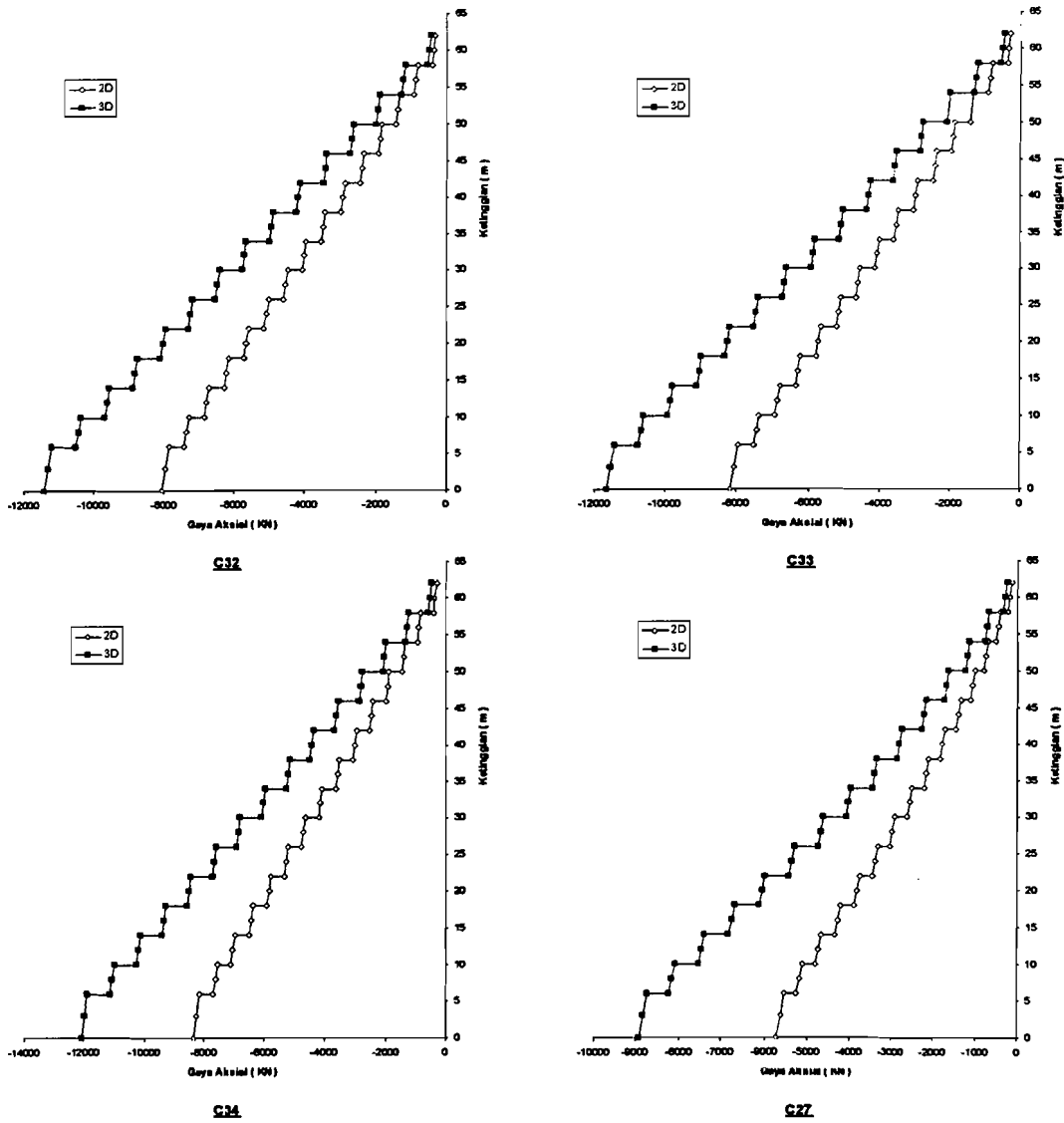
C29



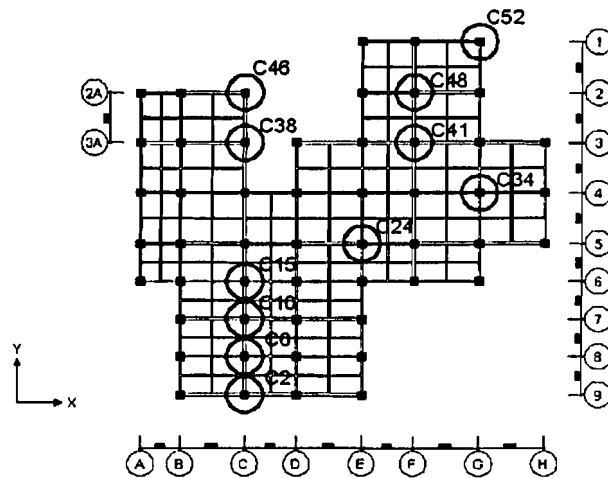
C22



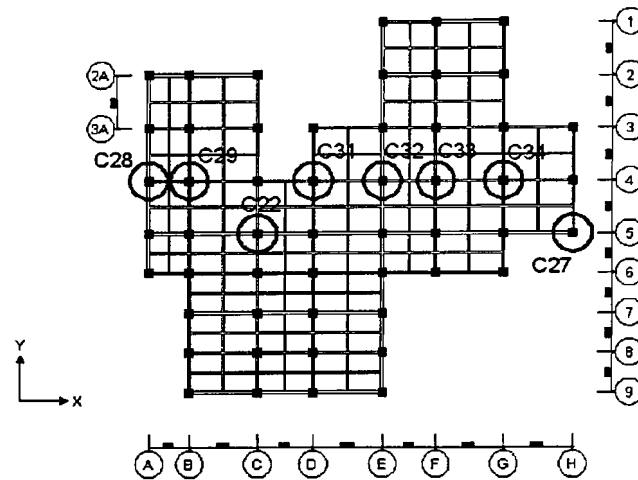
C31



Gambar 5. 31. Grafik Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal A s/d Portal H Akibat Gempa Aras Y



Gambar 5. 32. Denah Lokasi Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal Akibat Gempa Aras X



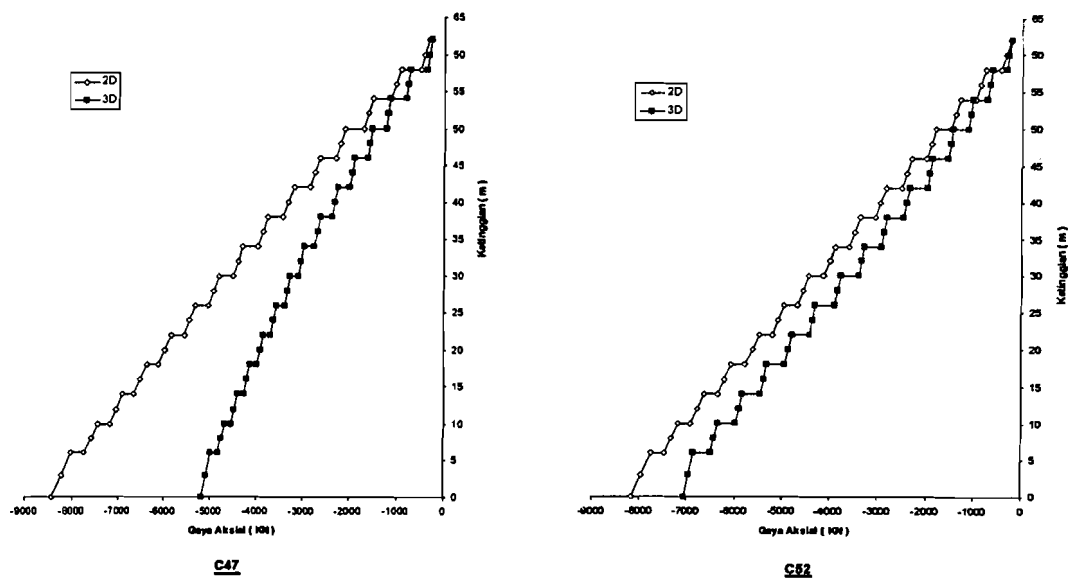
Gambar 5. 33. Denah Lokasi Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal
Akibat Gempa Arah Y

Gambar 5. 30 dan Gambar 5. 31 menunjukkan gaya aksial kolom untuk analisis 2D dan 3D. Gaya aksial hasil analisis 2 dimensi dengan 3 dimensi memperlihatkan perbedaan yang cukup besar. Bahwa gaya aksial kolom yang dianalisis dengan cara 3 dimensi memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan cara analisis 2 dimensi. Hal ini dikarenakan beban-beban yang diterima oleh kolom pada analisis 3 dimensi lebih besar dibandingkan dengan analisis 2 dimensi.

Gambar 5. 31 menunjukkan perbedaan nilai yang paling signifikan antara gaya aksial dari analisis 2D dan analisis 3D. Perbedaan gaya aksial yang paling signifikan antara analisis 2 dimensi dan 3 dimensi terjadi pada kolom C27 pada Portal H, selisih perbedaan tersebut yaitu sebesar 35,9%. Jika diperhatikan, kolom C27 berada di portal yang memiliki *displacement* yang terbesar dan memiliki perbedaan yang paling signifikan, tentunya memiliki *drift ratio* yang maksimum dan perbedaannya pun paling signifikan juga.

Kolom yang memiliki nilai gaya aksial terbesar dari hasil 3 dimensi terjadi pada kolom C34. Letak dari kolom C34 dapat dilihat pada Gambar 5. 33. Faktor penyebabnya adalah kolom tersebut berada di antara balok-balok yang memiliki panjang bentang yang terbesar ($L=10\text{m}$). Kolom ini berada di antara balok-balok yang memiliki panjang bentang yang terbesar, maka nilai beban-beban yang diterima oleh kolom besar pula. Beban yang diterima oleh kolom tersebut berasal dari beban gravitasi dan beban gempa.

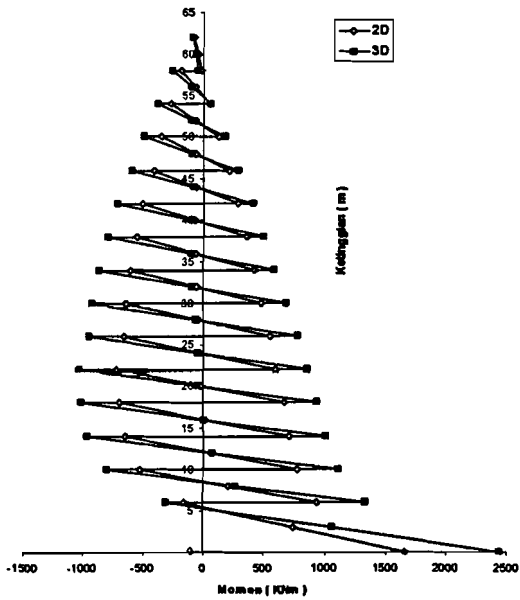
Lain halnya jika pada gaya aksial dari respon analisis 2D dari arah X dan arah Y dijumlahkan. Gambar 5. 34 menunjukkan penjumlahan gaya aksial dari arah X dan arah Y. Namun hal ini tidak dapat diperbandingkan dikarenakan pada gaya aksial 2D beban gempa yang diterima adalah 100% dari tiap-tiap arahnya, sedangkan untuk gaya aksial dari respon analisis 3D, beban gempa yang diterima 100% dan 30% untuk arah X dan arah Y.



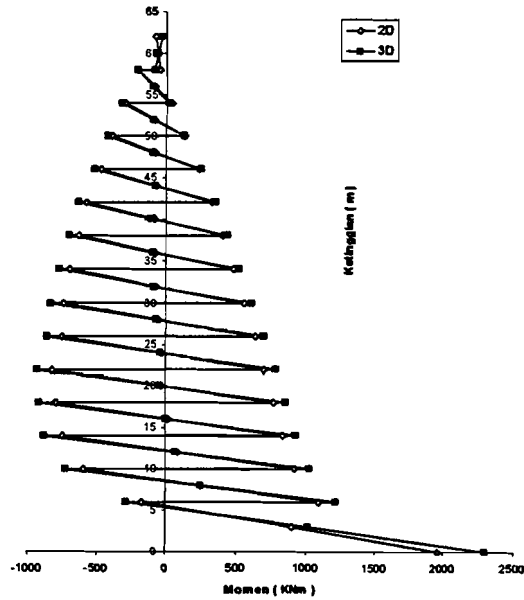
Gambar 5. 34. Penjumlahan Gaya Aksial Dari Respon Analisis 2D

5.9. Momen Kolom Maksimum

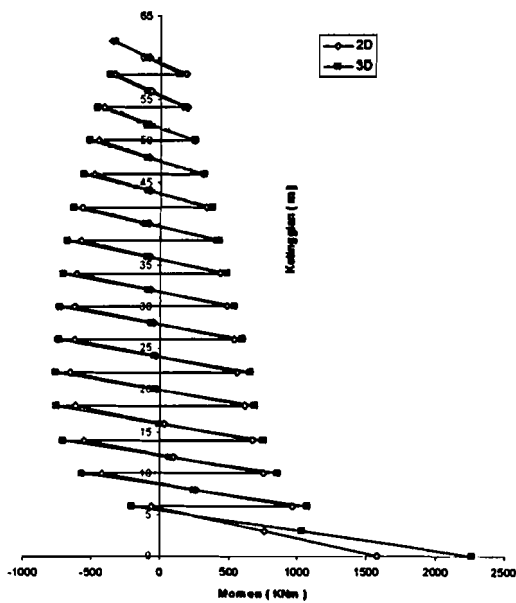
Berikut grafik momen kolom maksimum tiap-tiap portal hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.



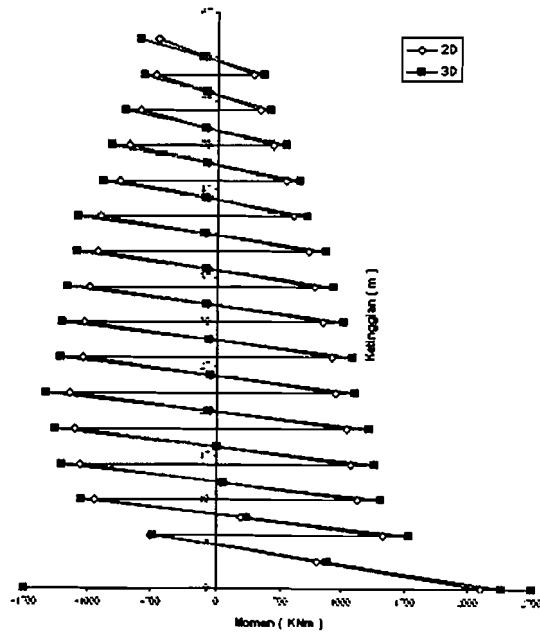
C81



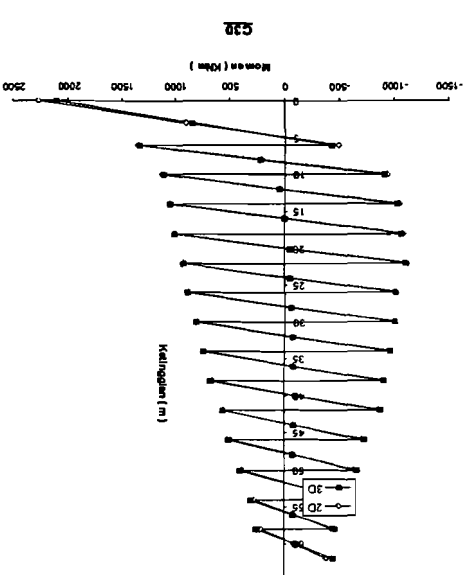
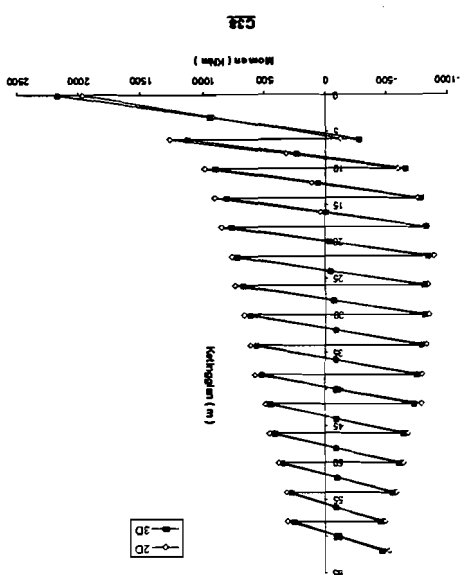
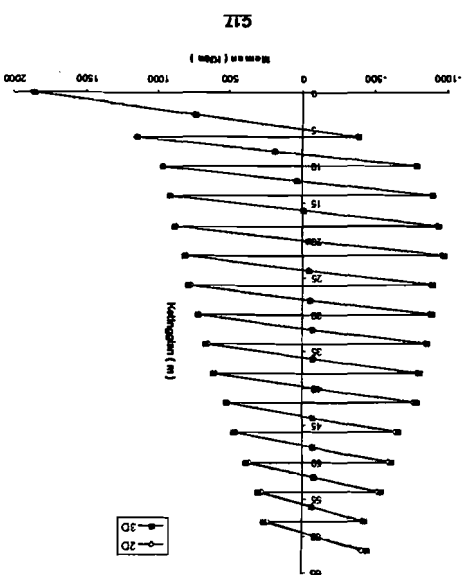
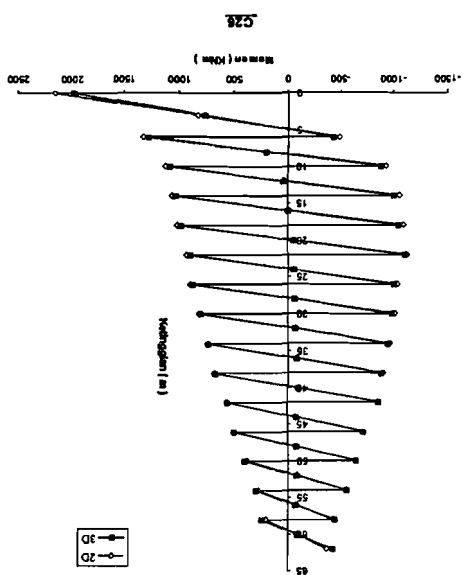
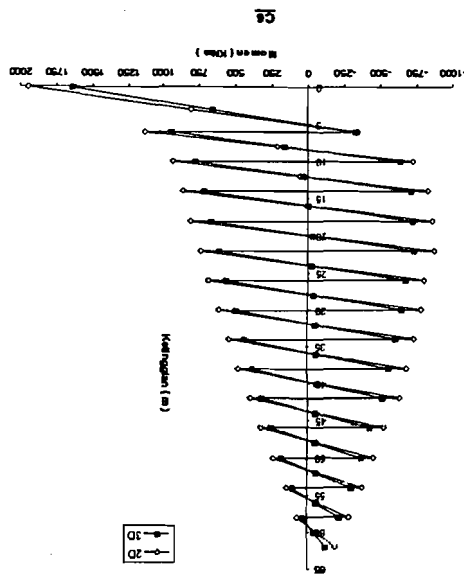
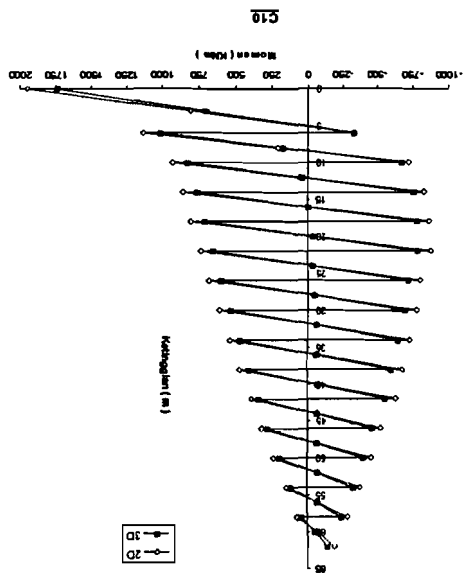
C48

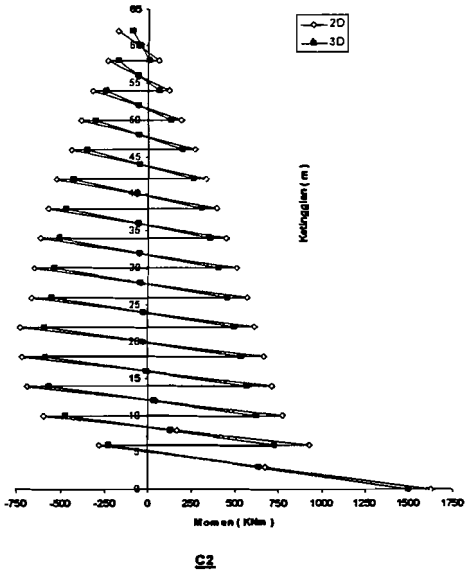


C48

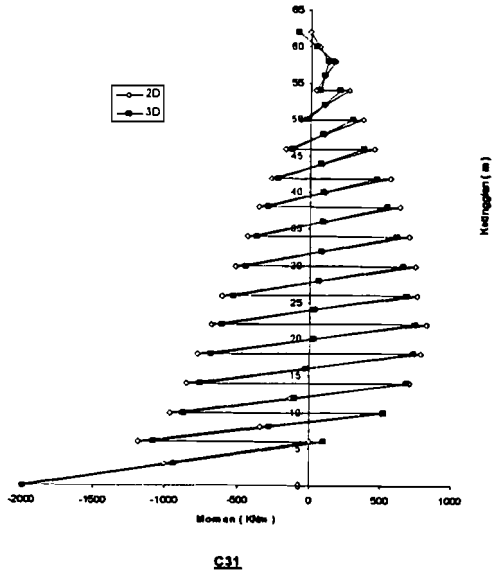
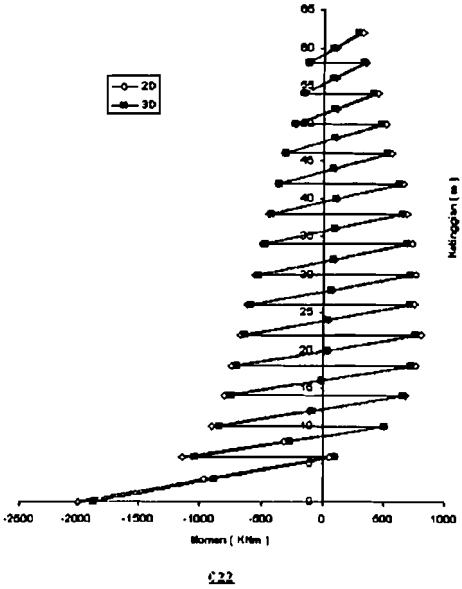
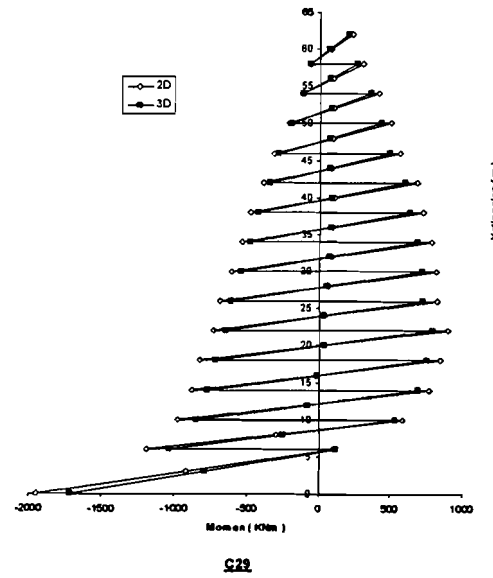
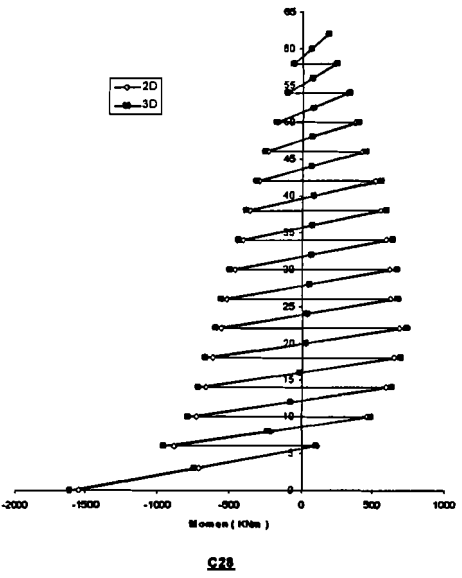


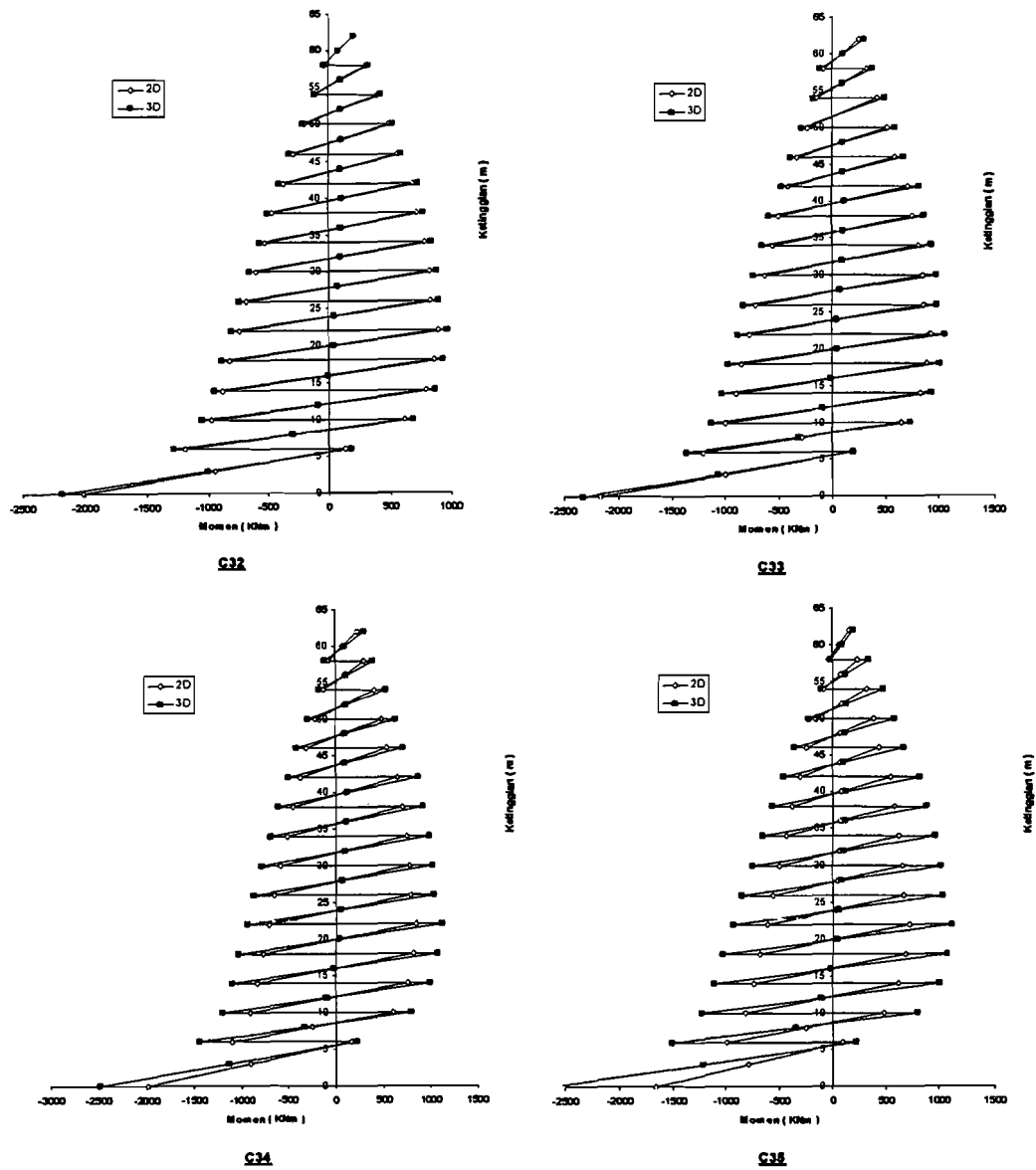
C12



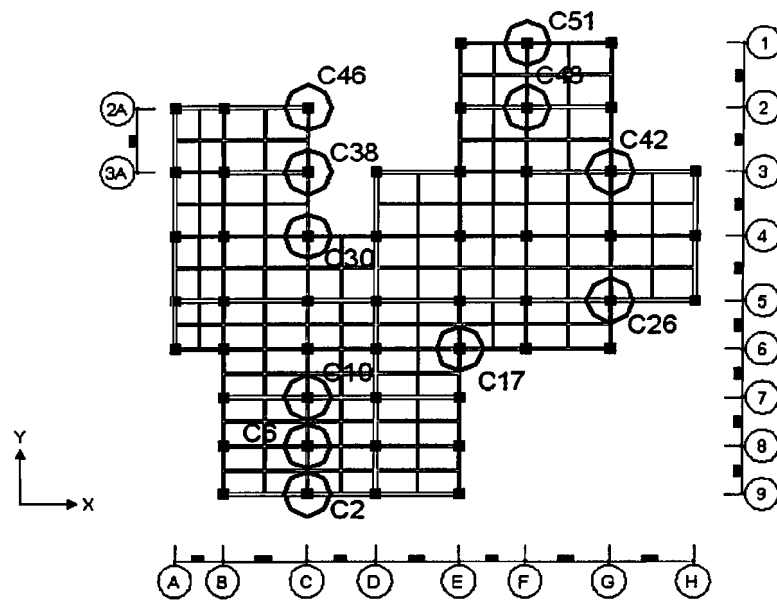


Gambar 5. 35. Grafik Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal 1 s/d Portal 9 Akibat Gempa Arah X

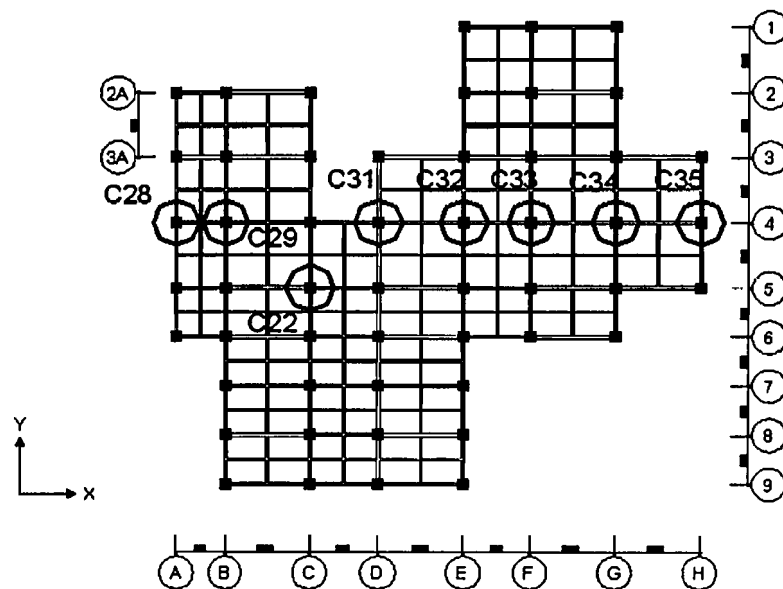




Gambar 5. 36. Grafik Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal A s/d Portal H Akibat Gempa Arah Y



Gambar 5. 37. Denah Lokasi Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal
Akibat Gempa Arah X



Gambar 5. 38. Denah Lokasi Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal
Akibat Gempa Arah Y

Hasil-hasil diatas menunjukkan adanya perbedaan momen kolom hasil analisis 2 dimensi dengan tiga dimensi. Pada pengamatan hasil respon 3 dimensi letak momen maksimum kolom tidak terletak pada kolom yang memiliki gaya aksial maksimum. Momen kolom yang nilai momennya signifikan antara hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi berada pada portal H. besarnya selisih momen kolom lantai paling bawah antara hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi adalah sebesar 37,3%. Pada momen kolom maksimum yang terjadi berada pada portal H adalah kolom C35. Portal H memiliki nilai *displacement* yang terbesar dan signifikan. Selain itu, Portal H memiliki *drift ratio* yang terbesar dan signifikan juga. Dengan kata lain bahwa, kolom yang memiliki *displacement* maksimum dan *drift ratio* maksimum mempunyai nilai momen kolom yang maksimum.

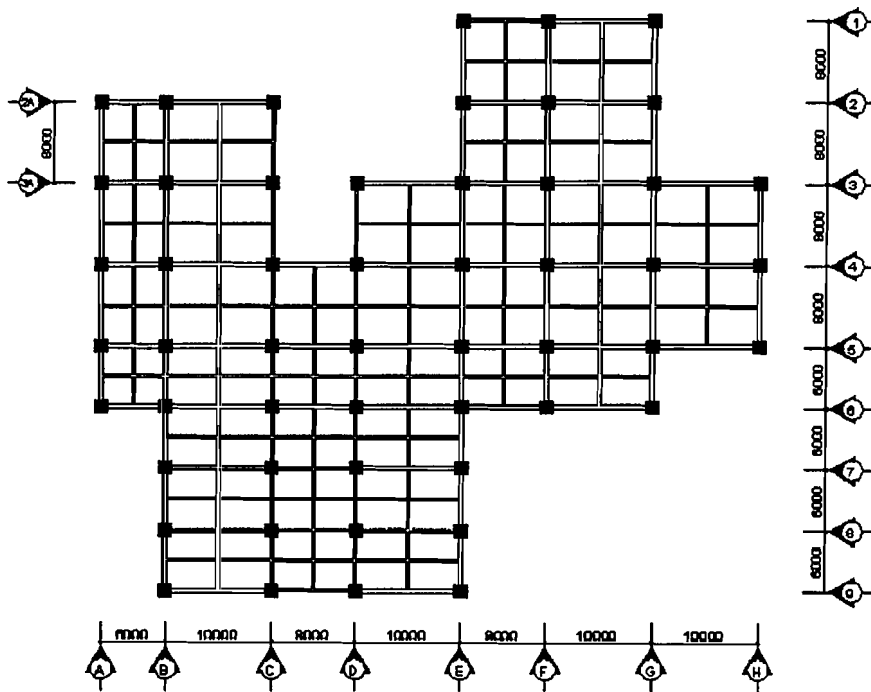


BAB VI

IMPLEMENTASI DESAIN

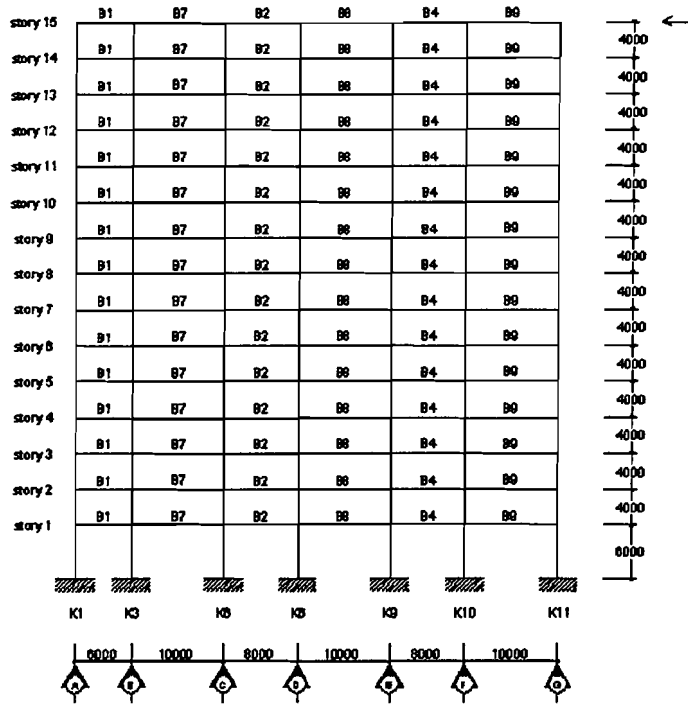
6.1. Desain Struktur

Analisis struktur pada tahap pendisainan ini menggunakan analisis struktur 3 dimensi dengan jumlah tingkat 15 lantai. Pada Gambar 6. 1 berikut menunjukkan denah struktur beserta penamaannya.



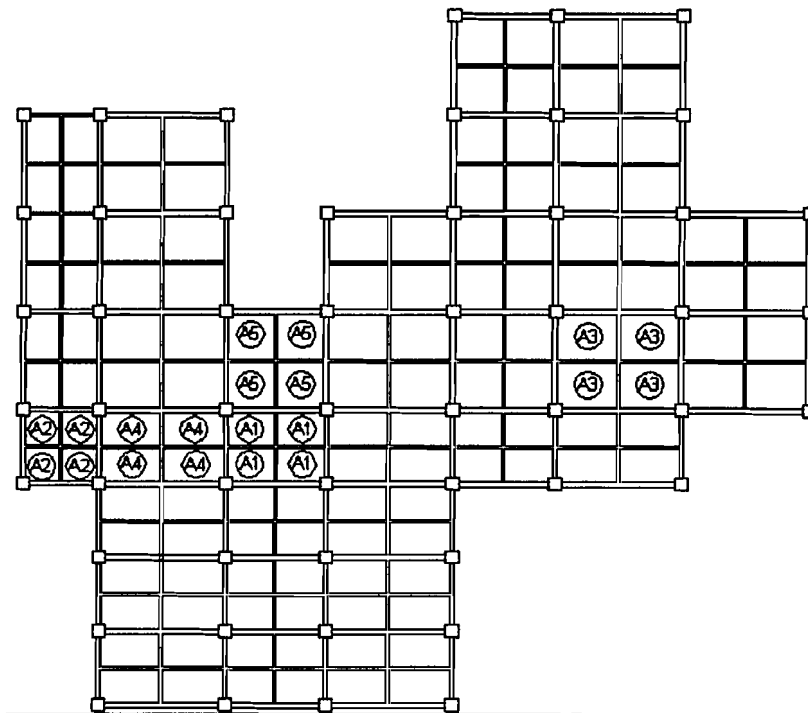
Gambar 6. 1. Denah struktur beserta penamaan setiap portalnya dan jarak bentang

Untuk bab ini contoh desain diambil portal 6. untuk gambar struktur tampak samping akan ditunjukkan pada Gambar 6. 2 berikut ini.



Gambar 6. 2. Struktur Tampak samping beserta penamaan balok dan kolom

Gambar berikut akan menunjukkan denah plat lantai.



Gambar 6. 3. Denah Plat Lantai

6.2. Perhitungan Perencanaan Plat

Direncanakan data plat untuk tipe plat II

Untuk atap = 100 mm

Untuk lantai = 120 mm

Mutu Beton ($f'c$) = 30 Mpa

Mutu Baja (f_y) = 240 Mpa

Untuk tipe plat lantai A5

Dengan $L_x = L_y = 3000$ mm $Q_u = 9,208$ kN/m²

Didapat nilai C dari table koefisien dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 hal 202-203

- untuk $L_x = L_y = 21$

- untuk $T_x = T_y = 52$

Tebal penutup Beton = 20 mm, dan ϕ Tulangan = 8 mm

A_1 tulangan = $0,25 \times \pi \times 8^2 = 50,2857$ mm²

$d_s = pb + 1/2 \times 8 = 24$ mm untuk L_x , sedangkan untuk L_y adalah

$d_s = pb + 8 + 1/2 \times 8 = 32$ mm

$d = h - d_s$

$d = 120 - 24 = 96$ mm

$$Mn_1 = \frac{M}{0,8}$$

$$Rn = \frac{Mn_1}{b \cdot d^2}$$

$$Mn_1 = \frac{1,17403}{0,8} = 2,1754 \text{ kNm}$$

$$Rn = \frac{2,1754 \cdot 10^6}{1000 \cdot 96^2} = 0,2360 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

untuk $f'c \leq 30$ MPa $\rightarrow \beta = 0,85$

$$m = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,4118$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{9,4118} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,4118 \cdot 0,2360}{240}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0010$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f'c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240}$$

$$\rho_{balance} = 0,0645$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$1,33 \cdot \rho_{perlu} = 1,33 \cdot 0,0010$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot 0,0645$$

$$1,33 \cdot \rho_{perlu} = 0,0013$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{max} = 0,0484$$

$1,33 \rho_{perlu} < \rho_{min}$ maka dipakai $1,33 \rho_{perlu}$

$\rho_{pakai} = 0,0013 \rightarrow$ maka luas tulangan yang diperlukan :

$$As = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$$

$$As = 0,0013 \cdot 1000 \cdot 96 = 126,1625 \text{ mm}^2$$

maka dipakai jarak tulangan : $S = 200 \text{ mm}$, sehingga luas tulangan yang

tersedia adalah :

$$As_{ada} = \frac{A_1 \cdot 1000}{S}$$

$$As_{ada} = \frac{50,2857 \cdot 1000}{200} = 251,4286 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan tersedia minimal \geq luas tulangan yang dibutuhkan.

Kontrol kapasitas :

$$a = \frac{As_{ada} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot 1000}$$

$$Mn_2 = As_{ada} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{251,4286 \cdot 240}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000}$$

$$Mn_2 = 251,4286 \cdot 240 \cdot \left(96 - \frac{2,3664}{2} \right)$$

$$a = 2,3664 \text{ mm}$$

$$Mn_2 = 5,7215 \text{ KNm}$$

$$Mn_3 = 1,33 \cdot 2,1754 = 2,893282 \text{ KNm}$$

Hasil cek kapasitas didapat bahwa $Mn_2 > Mn_3$

Maka hasil desain plat lantai cukup aman!

6.3. Perencanaan Balok

6.3.1. Redistribusi Momen Balok

Bagian struktur yang didisain untuk menahan beban yang menekuknya (beban lentur) dinamakan balok. Efek tekuk pada setiap titik diketahui dengan menghitung momen tekuknya. Balok biasanya terbuat dari kayu, baja, campuran baja ringan atau beton bertulang atau beton pra tekan. Dalam hal ini, balok yang didisain menggunakan beton bertulang.

Dalam mendisain balok, momen yang digunakan sebaiknya ditinjau terlebih dahulu nilainya apakah momen balok tersebut perlu didistribusi atau tidak. Redistribusi dilakukan ketika situasi momen tumpuan yang terlalu besar dan adanya perbedaan momen tumpuan balok di samping kiri dan kanan pada momen muka kolom (momen tumpuan balok pada kolom interior). Akibat dari momen yang terlalu besar tersebut, dapat mengakibatkan tulangan lentur balok yang berlebihan sehingga akan membawa konsekuensi pada pembesaran momen rencana kolom dan pondasi. (Gideon 3, 1993).

Tujuan dari redistribusi momen dalam proses perencanaan adalah :

1. Mengurangi besarnya momen maksimum tumpuan dan mengalihkan ke lapangan, sehingga di dapat distribusi kekuatan lentur yang lebih rata.
2. Menyamakan momen akibat beban gempa bolak balik yang bekerja pada balok menerus di kiri dan kolom interior.
3. Memanfaatkan secara penuh tulangan lentur positif di daerah tumpuan yang jumlahnya disyaratkan minimum 50% dari jumlah tulangan lentur negatif, sehingga perencanaan menjadi lebih ekonomis.
4. Mengurangi besarnya momen yang “masuk” dalam kolom.

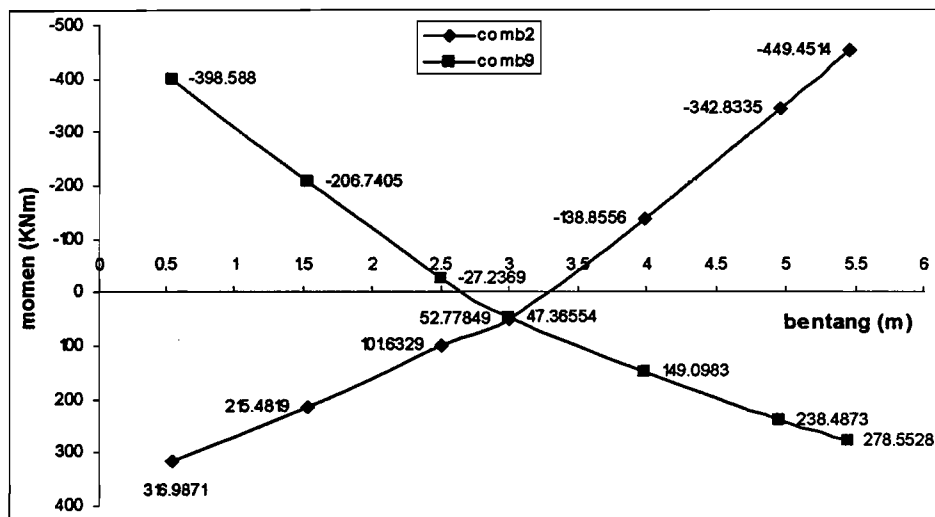
Pada dasarnya dalam melakukan redistribusi momen harus diusahakan agar:

- Prinsip keseimbangan statis selalu terpenuhi.
- Kemampuan portal dalam menahan beban lateral tidak berubah.
- Tidak terjadi sendi plastis pada ujung-ujung kolom di atas lantai dasar.

Di samping itu perlu diperhatikan pembatasan besar momen yang boleh didistribusi, sebab redistribusi momen yang terlalu jauh berbeda dari hasil analisa elastis struktur dapat mengakibatkan retak yang berlebihan saat struktur dilanda gempa kecil dan sedang SKSNI T-15-1991-03 menyatakan nilai maksimum

redistribusi momen adalah sebesar $30\left(1 - \rho - \frac{\rho'}{\rho_b}\right)\%$ dengan $\rho - \rho' < 0,5 \cdot \rho_b$ dan ρ adalah rasio tulangan tarik, ρ' adalah rasio tulangan tekan sedangkan ρ_b adalah rasio tulangan tarik dalam keadaan seimbang (balance). (Gideon 3, 1993)

Berikut contoh-contoh perhitungan beserta grafik momen balok hasil analisis struktur dari *ETABS*, yang selanjutnya diperhitungkan perlu atau tidaknya untuk di redistribusi.



Gambar 6.4. Grafik perbandingan momen balok B1 (story 1) akibat gempa kiri arah X (comb2) dgn akibat gempa kanan arah Y (comb9)

Untuk momen balok tumpuan akibat gempa dari arah kiri (comb3) adalah :

$$M^- = 449,4514 \text{ KNm}$$

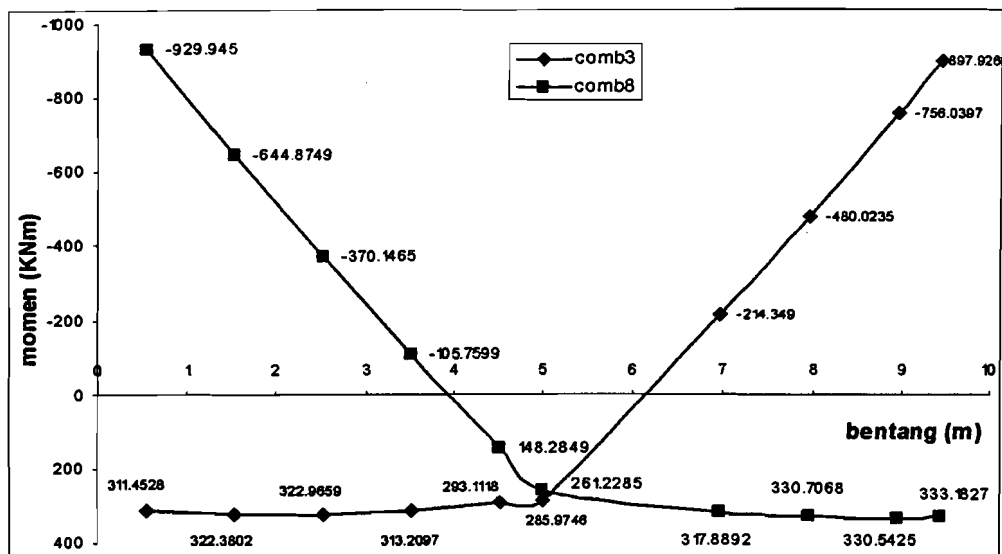
$$M^+ = 316,9871 \text{ KNm}$$

Untuk momen balok tumpuan akibat gempa dari arah kanan (comb9) adalah :

$$M^- = 398,588 \text{ KNm}$$

$$M^+ = 278,5528 \text{ KNm}$$

Dari gambar 1 tampak jelas bahwa nilai M^+ sudah lebih besar dari $0,5 \times M^-$. Oleh karena itu, maka momen balok ini tidak perlu di redistribusi lagi dan telah sesuai dengan persyaratan jumlah tulangan lentur positif $> 50\%$ dari jumlah tulangan lentur negatif, sehingga perencanaan menjadi lebih ekonomis. Sedangkan contoh dibawah ini adalah jika $M^+ < 0,5 \times M^-$, maka langkah-langkah yang ditempuh adalah:



Gambar 6. 5. Grafik perbandingan momen balok B6 (story 1) akibat gempa kiri arah X (comb3) dgn akibat gempa kanan arah Y (comb8)

Gambar 2 terlihat bahwa momen tumpuan yang terbesar nilainya yang diakibatkan oleh gempa adalah momen yang nilainya sebesar 929,945 KNm yang diakibatkan oleh gempa dari arah kanan. Nilai yang terbesar ini dipergunakan untuk digunakan dalam mendisain balok. Untuk nilai momen balok akibat gempa dari arah kanan (comb8) adalah :

$$M^- = 929,945 \text{ KNm}$$

$$M^+ = 333,1827 \text{ KNm}$$

Dilihat dari gambar 4.2 tampak jelas bahwa nilai M^+ lebih kecil dari $0.5 \times M^-$. Karena $M^+ < 0.5 \times M^-$, maka momen balok ini perlu di redistribusi. Perbedaan antara keduanya (M^+ dan M^-) sangat besar, sehingga jika tidak di redistribusi maka yang terjadi adalah kurangnya efisiensi dari disain balok tersebut. Total *required strength* balok menurut grafik 2 adalah ;

$$M_t = 929,945 + 333,1827 = 1263,1277 \text{ KNm}$$

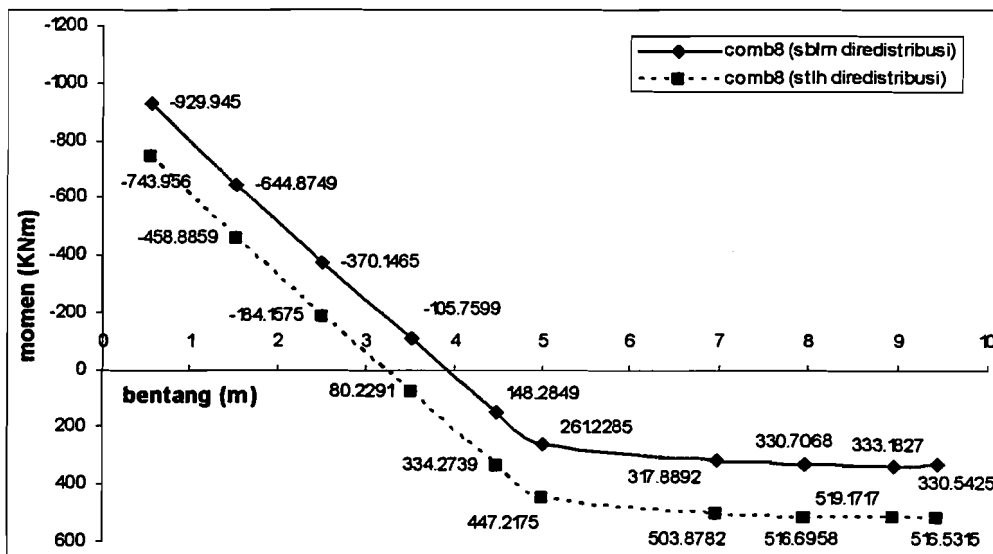
Setelah dilakukan redistribusi momen maka *required strength* harus tetap nilainya, atau $M_t = 1263,1277 \text{ KNm}$. Hal yang harus diperhatikan dalam meredistribusi momen adalah tidak diperbolehkan lebih dari 30%. Batas tersebut

berarti bahwa maksimum $\Delta M = 30\% \times 929,945 = 278,9835$ KNm. Misalnya diambil redistribusi sebesar 20%, maka $\Delta M = 20\% \cdot 929,945 = 185,989$ KNm. Sehingga :

$$M^- = 929,945 - 185,989 = 743,956 \text{ KNm}$$

$$M^+ = 333,1827 + 185,989 = 516,5315 \text{ KNm}$$

Gambar 4.3 akan menunjukkan hasil hitungan momen yang telah didistribusi, dapat dilihat bahwa momen balok yang terjadi berubah dari semula. Berikut adalah gambar grafik momen yang telah didistribusi.



Gambar 6. 6. Grafik perbandingan momen balok B6 (story 1) setelah didistribusi akibat gempa kiri arah Y (comb8)

6.3.2. Perhitungan Perencanaan Balok

- Desain Tulangan Lentur

Balok B1 (Story 1) (lampiran T3.1)

1. Tulangan Tumpuan

Data input :

$$M_u = 449,4514 \text{ KNm}$$

$$M_u = 316,9871 \text{ KNm}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} d' &= D_{tul-pokok} + D_{bege} + Pb \\ &= 0,5 \cdot 19 + 10 + 40 = 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} = 0.002$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,6863$$

$$\rho_{balance} = \frac{\beta}{m} \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_y} \quad (\text{pers 3.18})$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85}{15,6863} \cdot \frac{0,003}{0,003 + 0,002} = 0,0325$$

$$\rho_m = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$\begin{aligned} R_b &= \rho_b \cdot fy \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_b \cdot m) \\ &= 0,0325 \cdot 400 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0325 \cdot 15,6863) = 9,6887 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$R_m = 0,75 \cdot R_b = 0,75 \cdot 9,6887 = 7,2665 \text{ Mpa} \quad (\text{pers 3.46})$$

$$b_{balok} = \frac{M/0,8}{\sqrt[3]{4 \cdot R_m}} = \frac{449,4514 \cdot 10^6/0,8}{\sqrt[3]{4 \cdot 7,2665}} = 268,37 \text{ mm}$$

maka dipakai b balok = 300 mm

$$\begin{aligned} z &= D_{tul-pokok} + D_{bege} + Pb + 0,5 \cdot D_{tul-pokok} \\ &= 19 + 10 + 40 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 81,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_{balok} = 2 \cdot b_{balok-pakai} + z = 2 \cdot 300 + 81,5 = 681,5 \text{ mm}$$

maka tinggi balok yang digunakan adalah sebesar = 600 mm

$$d_{balok} = h_{balok-pakai} - z = 600 - 81,5 = 518,5 \text{ mm}$$

Desain Tulangan Sebelah

Selisih momen = 29,5 %

Nilai koefisien = 0,20

$$R_1 = koef \cdot R_b = 0,20 \cdot 9,6887 = 1,9377 \text{ MPa}$$

$$M_1 = R_1 \cdot b \cdot d^2 \quad (\text{pers 3.33})$$

$$= 1,9377 \cdot 300 \cdot 518,5^2 \cdot 10^{-6} = 156,2843 \text{ KNm}$$

$$M_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{pers 3.49})$$

$$156,2843 = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{diambil akar-akar nilai } a)$$

$$a = 41,02 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{41,02}{0,85} = 48,26$$

$$\epsilon_s = \frac{(c - d')}{c} \cdot \epsilon_c = 0 \quad \rightarrow \text{maka baja desak belum luluh}$$

$$Cc = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 30 \cdot 41,02 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 313,8314 \text{ KN}$$

$$As_1 = \frac{Cc}{f_y} \quad (\text{pers 3.51})$$

$$= \frac{313,8314 \cdot 10^3}{400} = 784,5785 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dicoba pakai tulangan } \phi 19 \rightarrow A_{tul} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan} = \frac{As_1}{A_{tul}} = 2,77 \rightarrow \text{maka diambil jumlah}$$

tulangan = 3 buah

Kontrol Balok tulangan sebelah

$$As_1 = A_{tul} \cdot n_{tul} = 283,53 \cdot 3 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$Ts_1 = As_1 \cdot f_y = 850,59 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 340,23 \text{ KN}$$

$$a = \frac{Ts_1}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{340,23 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} = 44,48 \text{ mm}$$

$$M_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 44,48 \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{44,48}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 168,85 \text{ KNm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{44,48}{0,85} = 52,32 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{c - d'}{c} \right) \cdot \epsilon_c = \left(\frac{52,32 - 59,5}{52,32} \right) \cdot 0,003 \approx 0$$

\rightarrow maka baja desak belum luluh

Komponen Tulangan Rangkap

$$M_2 = \frac{Mu}{0,8} - M_1 \quad (\text{pers 3.39})$$

$$= \frac{449,4514}{0,8} - 168,85 = 392,97 \text{ KNm}$$

$$T_{s2} = \frac{M_2}{d - d'} \quad (\text{pers 3.40})$$

$$= \frac{392,97 \cdot 10^3}{518,5 - 59,5} = 856,14 \text{ KN}$$

$$A_{s2} = \frac{T_{s2}}{f_y} \quad (\text{pers 3.41})$$

$$= \frac{856,14 \cdot 10^3}{400} = 2140,35 \text{ mm}^2$$

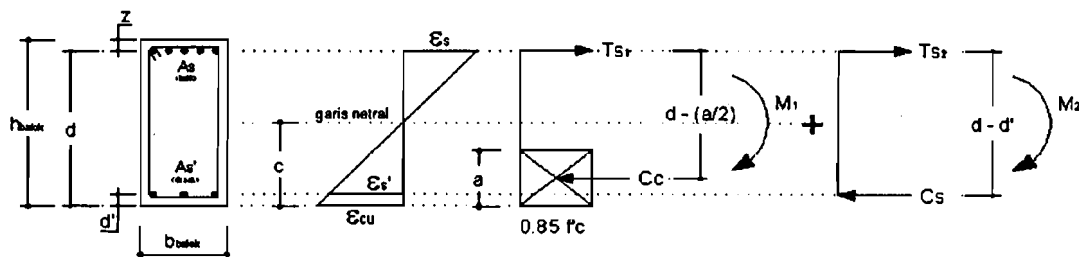
Dipakai tulangan dengan ϕ 19 mm. $\rightarrow A_{tul} = 283,53 \text{ mm}^2$. Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $\frac{A_{s2}}{A_{tul}} = 7,55 \rightarrow$ diambil jumlah tulangan = 8 buah.

Jumlah tulangan tarik = 11 buah ϕ 19 mm $\rightarrow A_s = 3118,82 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan desak = 8 buah ϕ 19 mm $\rightarrow A_{s'} = 2268,23 \text{ mm}^2$.

Dengan analisis balok tulangan rangkap dengan tulangan desak belum leleh.

Keseimbangan gaya-gaya horisontal pada balok.



Gambar 6. 7. Diagram Regangan Tegangan Balok Tulangan Rangkap

$$T_{s1} + T_{s2} = C_c + C_s \quad (\text{pers 3.55})$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_s$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s \cdot \epsilon_s \cdot E_s$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s \cdot \frac{a - \beta_1 \cdot d'}{a} \epsilon_c \cdot E_s$$

$$3118,82 \cdot 400 = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 300 + 2268,23 \cdot \frac{a - 0,85 \cdot 59,5}{a} \cdot 0,003 \cdot 200000$$

diambil akar-akarnya nilai a.

$$a = 87,73 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{87,73}{0,85} = 103,21 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{c - d'}{c} \right) \cdot \varepsilon_c = \left(\frac{103,21 - 59,5}{103,21} \right) \cdot 0,003 = 0,0013$$

→ maka baja desak belum luluh

$$f_s' = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,0013 \cdot 200000 = 254,11 \text{ MPa}$$

$$M_1 = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 87,73 \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{87,73}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 318,547 \text{ KNm}$$

$$M_2 = (A_{tul} \cdot n_{tul}) \cdot f_s' \cdot (d - d') \quad (\text{pers 3.56})$$

$$= (283,53 \cdot 8) \cdot 254,11 \cdot (518,5 - 59,5) \cdot 10^{-6} = 264,561 \text{ KNm}$$

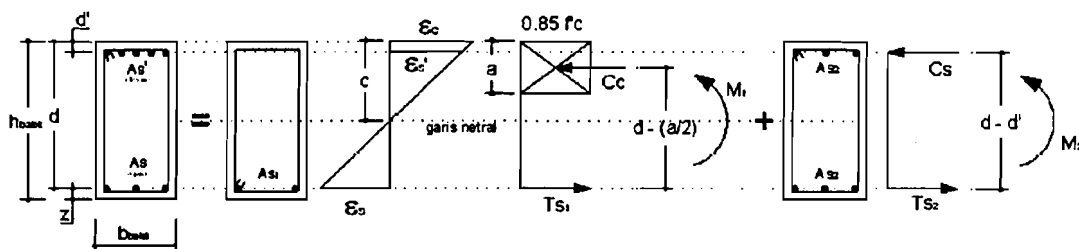
$$M_n = M_1 + M_2 = 318,547 + 264,561 = 583,108 \text{ KNm}$$

$$M_u = M_n \cdot \phi = 583,108 \cdot 0,8 = 466,486 \text{ KNm}$$

→ aman! $M_u > M'_{tumpuan}$ (449,4514 KNm) (pers 3.57)

Kontrol Kuat lentur Momen positif

Persamaan keseimbangan gaya horizontal



Gambar 6. 8. Tegangan Regangan dan momen kopel pada Balok Tulangan Rangkap baja desak belum leleh

$$T_s = C_c + C_s$$

$$A_s' \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s \cdot \frac{a - \beta_1 \cdot d}{a} \cdot \varepsilon_c \cdot E_s$$

$$3118,82 \cdot 400 = 0,85 \cdot a \cdot 300 + 2268,23 \cdot \frac{a - 0,85 \cdot 518,5}{a} \cdot 0,003 \cdot 200000$$

diambil akar-akar untuk nilai a nya.

$$a = 81,62 \text{ m}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{81,62}{0,85} = 96,02 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{c - d'}{c} \right) \cdot \epsilon_c = \left(\frac{96,02 - 59,5}{96,02} \right) \cdot 0,003 = 0,0004536$$

→ maka baja desak belum luluh

$$f_s' = \epsilon_s \cdot E_s = 0,0004536 \cdot 200000 = 90,72 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left((h - d') - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 81,62 \cdot 300 \cdot \left((600 - 59,5) - \frac{81,62}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 311,986 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= A_s' \cdot f_s' \cdot ((h - d') - z) \\ &= 3118,82 \cdot 90,72 \cdot ((600 - 59,5) - 81,5) = 129,868 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$M_n = M_1 + M_2 = 311,986 + 129,868 = 441,854 \text{ KNm}$$

$$M_u = M_n \cdot \phi = 441,854 \cdot 0,8 = 353,483 \text{ KNm}$$

→ aman! $M_u > M^t_{\text{tumpuan}} (316,9871 \text{ KNm})$

Tulangan Susut

$$A_s = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 300 \cdot 600 = 360 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dicoba pakai tulangan } \phi 13 \rightarrow A_{\text{tul}} = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan} = \frac{A_s}{A_{\text{tul}}} = 2,7 \rightarrow \text{maka diambil jumlah}$$

tulangan = 4 buah

$$\text{Tul}_1 \text{ lapis} = b - \frac{55}{D} + 25 = 300 - \frac{55}{19} + 25 = 5,57$$

→ dipakai tul 1 lapis = 6.

2. Tulangan Lapangan

Data input (Lampiran T3.1):

$$M_u = 109,4297 \text{ KNm}$$

$$f'c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} d' &= D_{\text{tul-pokok}} + D_{\text{begel}} + Pb \\ &= 0,5 \cdot 19 + 10 + 40 = 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} = 0.002$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,6863$$

$$\rho_{balance} = \frac{\beta \cdot \varepsilon_c}{m \cdot \varepsilon_c + \varepsilon_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85}{15,6863} \cdot \frac{0,003}{0,003 + 0,002} = 0,0325$$

$$\rho_m = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0325 = 0,0244$$

$$R_b = \rho_b \cdot fy \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_b \cdot m)$$

$$= 0,0325 \cdot 400 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0325 \cdot 15,6863) = 9,6887 \text{ Mpa}$$

$$R_m = 0,75 \cdot R_b = 0,75 \cdot 9,6887 = 7,2665 \text{ MPa}$$

$$b_{balok} = \frac{M/0,8}{\sqrt[3]{4 \cdot R_m}} = \frac{109,4297 \cdot 10^6 / 0,8}{\sqrt[3]{4 \cdot 7,2665}} = 167,58 \text{ mm}$$

maka dipakai b balok = 300 mm

$$z = D_{tul-pokok} + D_{bege} + Pb + 0,5 \cdot D_{tul-pokok}$$

$$= 19 + 10 + 40 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 81,5 \text{ mm}$$

$$h_{balok} = 2 \cdot b_{balok-pakai} + z = 2 \cdot 300 + 81,5 = 681,5 \text{ mm}$$

maka tinggi balok yang digunakan adalah sebesar = 600 mm

$$d_{balok} = h_{balok-pakai} - z = 600 - 81,5 = 518,5 \text{ mm}$$

Desain Tulangan Sebelah

Selisih momen = 20,5 %

Nilai koefisien = 0,20

$$R_1 = koef \cdot R_b = 0,20 \cdot 9,6887 = 1,9377 \text{ MPa}$$

$$M_1 = R_1 \cdot b \cdot d^2 = 1,9377 \cdot 300 \cdot 518,5^2 \cdot 10^{-6} = 156,2843 \text{ KNm}$$

$$M_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{diambil dari diagram momen kopel})$$

$$156,2843 = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{diambil akar-akar nilai } a)$$

$$a = 41,02 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{41,02}{0,85} = 48,26$$

$$\epsilon_s = \frac{(c - d')}{c} \cdot \epsilon_c \approx 0 \quad \rightarrow \text{maka baja desak belum luluh}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 30 \cdot 41,02 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 313,8314 \text{ KN}$$

$$A_{s1} = \frac{C_c}{f_y} = \frac{313,8314}{400} = 784,5786 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dicoba pakai tulangan } \phi 19 \rightarrow A_{tul} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan} = \frac{A_{s1}}{A_{tul}} = 2,77 \rightarrow \text{maka diambil jumlah}$$

tulangan = 2 buah

Kontrol Balok tulangan sebelah

$$A_{s1} = A_{tul} \cdot n_{tul} = 283,53 \cdot 2 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$T_{s1} = A_{s1} \cdot f_y = 567,06 \cdot 400 = 226,82 \text{ KN}$$

$$a = \frac{T_{s1}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{226,82 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} = 29,65 \text{ mm}$$

$$M_1 = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ = 0,85 \cdot 30 \cdot 29,65 \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{29,65}{2}\right) \cdot 10^{-6} = 114,25 \text{ KNm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{29,65}{0,85} = 34,88 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{(c - d')}{c}\right) \cdot \epsilon_c = \left(\frac{(34,88 - 58,5)}{34,88}\right) \cdot 0,003 \approx 0$$

\rightarrow maka baja desak belum luluh

Komponen Tulangan Rangkap

$$M_2 = \frac{Mu}{0,8} - M_1 = \frac{109,4297}{0,8} - 114,25 = 22,54 \text{ KNm}$$

$$T_{s2} = \frac{M_2}{d - d'} = \frac{22,54 \cdot 10^3}{518,5 - 59,5} = 49,11 \text{ KN}$$

$$A_{s2} = \frac{T_{s2}}{f_y} = \frac{49,11 \cdot 10^3}{400} = 122,78 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan dengan $\phi 19 \text{ mm}$. $\rightarrow A_{tul} = 283,53 \text{ mm}^2$. Jumlah tulangan yang

dibutuhkan = $\frac{A_{s2}}{A_{tul}} = 0,43 \rightarrow$ diambil jumlah tulangan = 2 buah.

Jumlah tulangan tarik = 4 buah $\phi 19 \text{ mm} \rightarrow A_s = 1134,11 \text{ mm}^2$.

Jumlah tulangan desak = 2 buah ϕ 19 mm \rightarrow $A_s' = 567,06 \text{ mm}^2$.

Dengan analisis balok tulangan rangkap dengan tulangan desak belum leleh.

Keseimbangan gaya-gaya horisontal pada balok.

$$T_{s_1} + T_{s_2} = C_c + C_s$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s \cdot \varepsilon_s \cdot E_s$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s \cdot \frac{a - \beta_1 \cdot d'}{a} \varepsilon_c \cdot E_s$$

$$1134,11 \cdot 400 = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 300 + 567,06 \cdot \frac{a - 0,85_1 \cdot 59,5}{a} \cdot 0,003 \cdot 200000$$

diambil akar-akarnya nilai a.

$$a = 55,42 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{55,42}{0,85} = 65,19 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{c - d'}{c} \right) \cdot \varepsilon_c = \left(\frac{65,19 - 59,5}{65,19} \right) \cdot 0,003 = 0,0003$$

\rightarrow maka baja desak belum luluh

$$f_s' = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,0003 \cdot 200000 = 52,41 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 55,42 \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{55,42}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 208,060 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= (A_{tul} \cdot n_{tul}) \cdot f_s' \cdot (d - d') \\ &= (283,53 \cdot 2) \cdot 52,41 \cdot (518,5 - 59,5) \cdot 10^{-6} = 13,641 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$M_n = M_1 + M_2 = 208,060 + 13,641 = 221,071 \text{ KNm}$$

$$M_u = M_n \cdot \phi = 221,071 \cdot 0,8 = 177,361 \text{ KNm}$$

\rightarrow aman! $M_u > M_{\text{lapangan}}^+$ (109,4297 KNm)

Kontrol Kuat lentur Momen negatif

Persamaan keseimbangan gaya horisontal

$$T_s = C_c + C_s$$

$$A_s' \cdot f_y = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + A_s \cdot \frac{a - \beta_1 \cdot d}{a} \cdot \varepsilon_c \cdot E_s$$

$$1134,11 \cdot 400 = 0,85 \cdot a \cdot 300 + 567,06 \cdot \frac{a - 0,85 \cdot 518,5}{a} \cdot 0,003 \cdot 200000$$

diambil akar-akar untuk nilai a nya.

$$a = 54,26 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{54,26}{0,85} = 63,84 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{c - d'}{c} \right) \cdot \varepsilon_c = \left(\frac{54,26 - 59,5}{63,84} \right) \cdot 0,003 = 0$$

→ maka baja desak belum luluh

$$f_s' = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,000485 \cdot 200000 = 97,03 \text{ MPa}$$

$$M_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left((h - d') - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 54,26 \cdot 300 \cdot \left((600 - 59,5) - \frac{54,26}{2} \right) \cdot 10^{-6} = 213,100 \text{ KNm}$$

$$M_2 = A_s' \cdot f_s' \cdot \left((h - d') - z \right)$$

$$= 2835,29 \cdot 0 \cdot \left((600 - 59,5) - 81,5 \right) = 0 \text{ KNm}$$

$$M_n = M_1 + M_2 = 213,100 + 0 = 213,100 \text{ KNm}$$

$$M_u = M_n \cdot \phi = 213,100 \cdot 0,8 = 170,480 \text{ KNm}$$

→ aman! $M_u > M_{\text{lapangan}}$

Tulangan Susut

$$A_s = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 300 \cdot 600 = 360 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dicoba pakai tulangan } \phi 13 \rightarrow A_{\text{tul}} = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan} = \frac{A_s}{A_{\text{tul}}} = 2,7 \rightarrow \text{maka diambil jumlah}$$

tulangan = 4 buah

$$\text{Tul}_1 \text{ lapis} = b - \frac{55}{D} + 25 = 300 - \frac{55}{22} + 25 = 5,21$$

→ dipakai tul 1 lapis = 5.

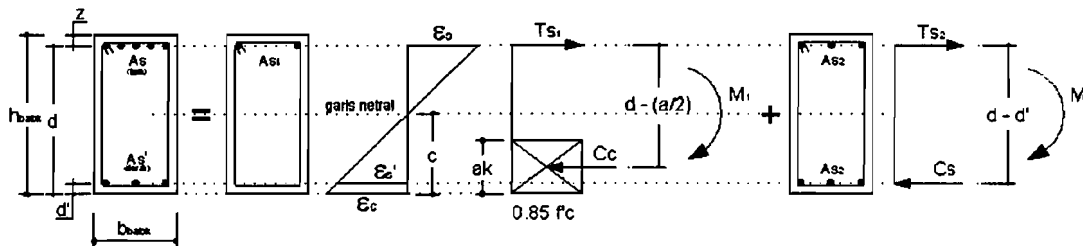
- Momen Kapasitas balok

1. Momen Kapasitas Negatif (M_{kap})

Data input (Lampiran T3.1):

M_u	= 449,4514 kNm	f'_c	= 30 MPa
f_y	= 400 MPa	z	= 81,5 mm (rangkap)
\sum tul tarik	= 11 buah tulangan	D tul tarik	= 19 mm
\sum tul desak	= 8 buah tulangan	D tul desak	= 19 mm
ϵ_c	= 0,003	E_s	= 200000 MPa
d'	= 59,5 mm		

Penyelesaian :



Gambar 6. 9. Tegangan Regangan Dan Momen Kopel Pada Momen Kapasitas Balok (negatif)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ ada}} &= \sum \text{tul tarik} \cdot A \text{ tul tarik} \\ &= 11 \cdot 283,53 = 3120,0714 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ ada}} &= \sum \text{tul desak} \cdot A \text{ tul desak} \\ &= 8 \cdot 283,53 = 2269,1429 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a_k = \frac{(A_{s \text{ ada}} \times \phi_0 - A_{s' \text{ ada}}) \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \quad (\text{pers 3.58})$$

$$= \frac{(3120,0714 \times 1,25 - 2269,1429) \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} = 82,2782 \text{ mm}$$

$$c_k = \frac{a_k}{0,85} \quad (\text{pers 3.59})$$

$$= \frac{82,2782}{0,85} = 100,3273 \text{ mm}$$

$$c_l = \frac{d'}{1 - \frac{f_y}{\epsilon_c \times E_s}} = \frac{59,5}{1 - \frac{400}{0,003 \times 200000}} = 178,5 \text{ mm}$$

Ternyata $c_1 > c_k$, maka baja desak belum luluh.

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot (0,85 \cdot c) \cdot 300 = 6502,500 \text{ c KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \text{ada} \times \frac{c-d'}{c} \times 600 = 2269,1429 \times \frac{c-59,5}{c} \times 600 \\ &= 1361485,74 \times \frac{c-59,5}{c} \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \Phi_0 \cdot A_s \text{ada} \cdot f_y \\ &= 1,25 \cdot 3120,0714 \cdot 400 = 1560035,7 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$C_c + C_s - T_s = 0 \quad (\text{pers 3.62})$$

$$6502,500 \text{ c} + 1361485,74 \times \frac{c-59,5}{c} - 1560035,7 = 0$$

Nilai c didapat dengan menggunakan rumus persamaan kuadrat, maka didapat :

$$c_1 = 127,9221 \text{ mm}$$

$$c_2 = 1,57912\text{E-}06 \text{ mm}$$

maka nilai c yang dipakai adalah $c = c_1 = 127,9221 \text{ mm}$

$$a = 0,85 \cdot c = 0,85 \cdot 127,9221 = 108,7338 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{127,9221 - 59,5}{127,9221} \times 600 = 320,9239 \text{ MPa} < f_y$$

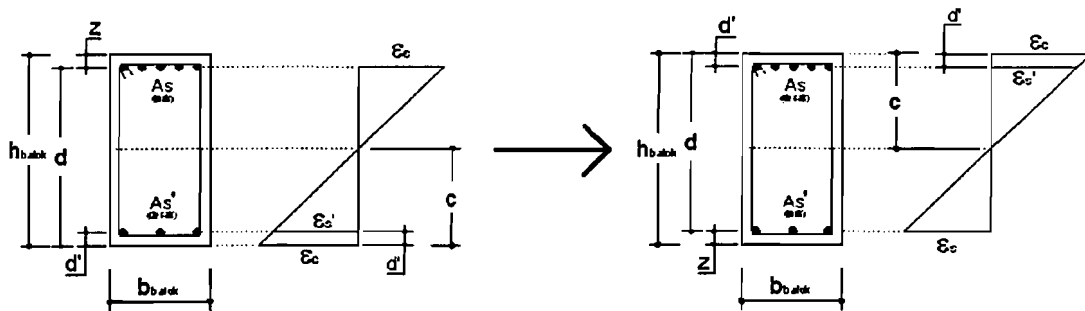
Maka $f_s' \text{ pakai} = 320,9239 \text{ MPa}$

$$M_{\text{kap}}^- = M_1 + M_2 \quad (\text{pers 3.64})$$

$$\begin{aligned} &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \text{ada} \cdot f_s' \text{ pakai} \cdot (d - d') \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 108,7338 \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{108,7338}{2}\right) + \\ &\quad 2269,1429 \cdot 320,9239 \cdot (518,5 - 59,5) \\ &= 720,3261 \text{ KNm} \end{aligned}$$

2. Momen kapasitas Positif (M_{kap}^+)

Pada hitungan M_{kap}^+ , nilai z menjadi d' dan nilai d' menjadi nilai z.



Gambar 6. 10. Tegangan Regangan Pada Momen Kapasitas Balok (positif)

$$A_s = 2269,1429 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 3120,0714 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 30 \cdot (0,85 \cdot c) \cdot 300 \\ &= 6502,500 \text{ c KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \text{ ada} \times \frac{c - d'}{c} \times 600 \\ &= 3120,0714 \times \frac{c - 59,5}{c} \times 600 = 1872042,84 \times \frac{c - 59,5}{c} \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \Phi_0 \cdot A_s \text{ ada} \cdot f_y \\ &= 1,25 \cdot 2269,1429 \cdot 400 = 1134571,45 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$6502,500c + 1872042,84 \times \frac{c - 59,5}{c} - 1134571,45 = 0$$

Nilai c didapat dengan menggunakan rumus persamaan kuadrat, maka didapat :

$$c_1 = 106,6308 \text{ mm}$$

$$c_2 = 6,98891\text{E-}07 \text{ mm}$$

maka nilai c yang dipakai adalah $c = c_1 = 106,6308 \text{ mm}$

$$a = 0,85 \cdot c = 0,85 \cdot 106,6308 = 90,6362 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \times 600 = \frac{106,6308 - 59,5}{106,6308} \times 600 = 141,4048 \text{ MPa} < f_y$$

$$\text{Maka } f_s' \text{ pakai} = 141,4048 \text{ MPa}$$

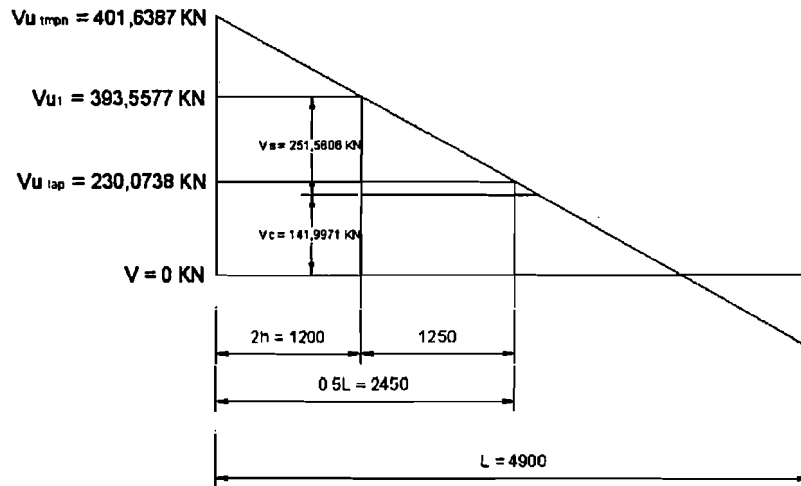
$$M_{\text{kap}}^+ = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' \text{ ada} \cdot f_s' \text{ pakai} \cdot (d - d')$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 90,6362 \cdot 300 \cdot \left(518,5 - \frac{90,6362}{2} \right) + 3120,0714 \cdot 141,4048 \cdot (518,5 - 59,5) = 555,5621 \text{ KNm}$$

- Perhitungan Senggang Balok

Data input (lampiran T3.3):

M_{kap}^-	$= 720,3261 \text{ KNm}$	M_{kap}^+	$= 555,5621 \text{ KNm}$
f_c	$= 30 \text{ MPa}$	f_y	$= 400 \text{ MPa}$
b_{balok}	$= 300 \text{ mm}$	h_{balok}	$= 600 \text{ mm}$
L_{balok}	$= 6000 \text{ mm}$	$V_{D,tmpn}$	$= 57,68761 \text{ KN (ETABS)}$
$V_{L,tmpn}$	$= 21,9749 \text{ KN (ETABS)}$	$V_{E,tmpn}$	$= 138,292 \text{ KN (ETABS)}$
$V_{D,lap}$	$= 47,2977 \text{ KN (ETABS)}$	$V_{L,lap}$	$= 21,9749 \text{ KN (ETABS)}$
$V_{E,lap}$	$= 138,292 \text{ KN (ETABS)}$		



Gambar 6. 11. Gaya geser yang terjadi pada abalok B1 (story 1)

$$\begin{aligned}
 V_{G,tmpn} &= V_{D,tmpn} + V_{L,tmpn} \\
 &= 57,68761 + 21,9749 = 79,66251 \text{ KN} \\
 V_{G,lap} &= V_{D,lap} + V_{L,lap} \\
 &= 47,2977 + 21,9749 = 69,27255 \text{ KN} \\
 V_{u,tmpn} &= \frac{0,7 \times (M_{kap}^- + M_{kap}^+)}{Ln} + 1,05 \times V_{G,tmpn} \quad (\text{pers 3.74}) \\
 &= \frac{0,7 \times (720,3261 + 555,5621)}{5400} + 1,05 \times 79,66251
 \end{aligned}$$

$$= 247,5212 \text{ KN}$$

$$V_{\max, \text{tmpn}} = 1,05 \times (V_{D, \text{tmpn}} + V_{L, \text{tmpn}} + \frac{4}{k} \times V_{E, \text{tmpn}}) \quad (\text{pers 3.76})$$

$$= 1,05 \cdot (57,68761 + 21,9749 + \frac{4}{1} \cdot 138,292)$$

$$= 664,4720 \text{ KN}$$

V_u rencana di daerah tumpuan diambil yang terkecil antara $V_{u, \text{tmpn}}$ dengan $V_{\max, \text{tmpn}}$. Maka, V_u rencana di daerah tumpuan adalah 247,5212 KN. Selanjutnya V_u rencana ini digunakan untuk menghitung kebutuhan sengkang balok di daerah dalam sendi plastis.

$$V_{u, \text{lap}} = \frac{0,7 \times (M_{\text{kap}}^- + M_{\text{kap}}^+)}{Ln} + 1,05 \times V_{G, \text{lap}} \quad (\text{pers 3.74})$$

$$= \frac{0,7 \times (720,3261 + 555,5621)}{5400} + 1,05 \times 69,27255$$

$$= 236,6117 \text{ KN}$$

$$V_{\max, \text{lap}} = 1,05 \times (V_{D, \text{lap}} + V_{L, \text{lap}} + \frac{4}{k} \times V_{E, \text{lap}}) \quad (\text{pers 3.76})$$

$$= 1,05 \cdot (47,29765 + 21,9749 + \frac{4}{1} \cdot 138,929) = 653,5626 \text{ KN}$$

V_u rencana di daerah lapangan diambil yang terkecil antara $V_{u, \text{lap}}$ dengan $V_{\max, \text{lap}}$. Maka, V_u rencana di daerah lapangan adalah 236,6117 KN. Selanjutnya V_u rencana ini digunakan untuk menghitung kebutuhan sengkang balok di daerah luar sendi plastis.

a. Sengkang dalam sendi plastis (dalam $2h_{\text{balok}}$)

$$V_{u, \text{rencana}} = 247,5212 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_{u, \text{rencana}}}{\phi} = \frac{247,5212}{0,6} = 412,5353 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \text{Pakai sengkang P12 (3kaki)} \rightarrow A_v &= 3 \cdot (1/4) \cdot \pi \cdot 12^2 \\ &= 339,4286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$d = 518,5 \text{ mm}$$

$$S_1 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \quad (\text{pers 3.78})$$

$$= \frac{339,4286 \times 240 \times 518,5}{412,5353 \cdot 10^3} = 102,3876 \text{ mm}$$

$$S_2 = d/4 \quad (\text{pers 3.79})$$

$$= 518,5/4 = 129,625 \text{ mm}$$

$$S_3 = 8 \cdot D_{\text{tul.pokok}} \quad (\text{pers 3.80})$$

$$= 8 \cdot 19 = 152 \text{ mm}$$

$$S_4 = 24 \cdot D_{\text{tul.senggang}} \quad (\text{pers 3.81})$$

$$= 24 \cdot 12 = 288 \text{ mm}$$

$$S_5 = \frac{1600 \times f_y \times A_v}{(A_1 + A_2) \times f_y} \quad (\text{pers 3.82})$$

Keterangan rumus S_5 adalah :

f_y = kuat leleh tulangan longitudinal, MPa.

A_v = luas satu kaki dari tulangan transversal, mm^2 .

A_1 = luas tulangan longitudinal atas, mm^2 .

A_2 = luas tulangan longitudinal bawah, mm^2 .

$$= \frac{1600 \times 240 \times 339,4286}{(283,53 + 283,53) \times 400} = 318,95 \text{ mm}$$

$$S_6 = 200 \text{ mm}$$

Nilai S_1 dibandingkan dengan S_2 , S_3 , S_4 , S_5 dan S_6 . Jarak sengkang tidak boleh melebihi dari nilai S_2 , S_3 , S_4 , S_5 dan S_6 . (SKSNI T-15-1991-03). Jadi, sengkang yang dipasang di daerah dalam sendi plastis adalah 3P12-100.

b. Sengkang di luar sendi plastis

$$V_{u,\text{rencana}} = \frac{\left(\frac{Ln}{2} - 2h_{\text{balok}}\right) \times (V_{U,\text{impn}} - V_{U,\text{lap}})}{\frac{Ln}{2}} + V_{U,\text{lap}}$$

$$= \frac{\left(\frac{5400}{2} - 2 \times 600\right) \times (247,5212 - 236,6117)}{\frac{5400}{2}} + 236,6117$$

$$= 242,7120 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \times 518,5 = 141,9971 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,\text{rencana}}}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{242,7120}{0,6} - 141,9971 = 262,5313 \text{ KN}$$

$$\text{Pakai sengkang P12 (2kaki)} \rightarrow A_v = 2 \cdot (1/4) \cdot \pi \cdot 12^2 \\ = 226,2857 \text{ mm}^2$$

$$d = 518,5 \text{ mm}$$

$$S_1 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{226,2857 \times 240 \times 518,5}{262,5313 \times 10^3} = 107,2595647 \text{ mm}$$

$$S_2 = d/2 = 518,5/2 = 259,25 \text{ mm}$$

$$S_3 = 600 \text{ mm}$$

Nilai S_1 dibandingkan dengan S_2 dan S_3 . Jarak sengkang tidak boleh melebihi dari nilai S_2 dan S_3 . (SKSNI 3.4.5-4).

Jadi, sengkang yang dipasang di daerah luar sendi plastis adalah 2P12-100.

6.4. Perencanaan Kolom

6.4.1. Momen Rencana Kolom

Pada perhitungan kolom dibawah ini, kolom yang didisain sebagai contoh adalah kolom K1 pada Portal 6.

Story 1 (Joint 1 - kolom tepi kiri). Hasil dilampirkan pada Tabel T3.4 - T3.7

Data input:

$$M_{\text{kap}^+, \text{balok kanan}} = 555,5621 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{kap}^-, \text{balok kanan}} = 720,3262 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{kap}^+, \text{balok kiri}} = 0 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{kap}^-, \text{balok kiri}} = 0 \text{ KNm}$$

$$L_{\text{balok kanan}} (L_a) = 6000 \text{ m}$$

$$L_{\text{balok kanan}} (L'_a) = 4900 \text{ m}$$

$$L_{\text{balok kiri}} (L_i) = 0 \text{ m}$$

$$L_{\text{balok kiri}} (L'_i) = 0 \text{ m}$$

$$E_c = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$b_{\text{balok}} = 300 \text{ mm}$$

$$h_{\text{balok}} = 600 \text{ mm}$$

$$b_{\text{kolom, atas joint 1}} = 1100 \text{ mm}$$

$$h_{\text{kolom, atas joint 1}} = 1100 \text{ mm}$$

$$b_{\text{kolom, bawah joint 1}} = 1100 \text{ mm}$$

$$h_{\text{kolom, bawah joint 1}} = 1100 \text{ mm}$$

$$H_{\text{kolom, atas joint 1}} (H_a) = 4 \text{ m}$$

$$H_{\text{kolom, bawah joint 1}} (H_b) = 6 \text{ m}$$

$$H'_{\text{kolom, atas joint 1}} (H'_a) = 3,4 \text{ m}$$

$$H'_{\text{kolom, bawah joint 1}} (H'_b) = 5,7 \text{ m}$$

$$k = 1$$

$$M_{\text{D kolom, atas joint 1}} (M_{D,a}) = 54,80007 \text{ KNm (ETABS)}$$

$$M_{\text{D kolom, bawah joint 1}} (M_{D,b}) = 33,31359 \text{ KNm (ETABS)}$$

$$M_{\text{L kolom, atas joint 1}} (M_{L,a}) = 13,08876 \text{ KNm (ETABS)}$$

$$M_{L \text{ kolom, bawah joint 1}} (M_{L,b}) = 7,423412 \text{ KNm (ETABS)}$$

$$M_{E \text{ kolom, atas joint 1}} (M_{E,a}) = 191,5681 \text{ KNm (ETABS)}$$

$$M_{E \text{ kolom, bawah joint 1}} (M_{E,b}) = 41,47684 \text{ KNm (ETABS)}$$

$$\omega \text{ (magnification factor)} = 1$$

$$\phi_0 \text{ (overstrenght factor)} = 1,25$$

Penyelesaian :

Hitungan inersia (I) kolom:

$$\begin{aligned} I_{\text{ kolom, atas joint 1}} &= (1/12) \cdot b_{\text{kolom, atas joint 1}} \cdot (h_{\text{kolom, atas joint 1}})^3 \\ &= (1/12) \cdot 1100 \cdot 1100^3 = 1,22\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{ kolom, bawah joint 1}} &= (1/12) \cdot b_{\text{kolom, bawah joint 1}} \cdot (h_{\text{kolom, bawah joint 1}})^3 \\ &= (1/12) \cdot 1100 \cdot 1100^3 = 1,22\text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Hitungan kekakuan (K) kolom :

$$\begin{aligned} K_{\text{ kolom, atas joint 1}} (K_a) &= (E \cdot I) / H_{\text{kolom, atas joint 1}} \\ &= (25742,96 \cdot 1,22\text{E}+11) / 4 = 6,1\text{E}+15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{\text{ kolom, bawah joint 1}} (K_b) &= (E \cdot I) / H_{\text{kolom, bawah joint 1}} \\ &= (25742,96 \cdot 1,22\text{E}+11) / 6 = 4,067\text{E}+15 \end{aligned}$$

Hitungan nilai α (faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah. (Gideon 3, 1993).

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{ kolom, atas joint 1}} (\alpha_a) &= K_a / (K_a + K_b) \\ &= 6,1\text{E}+15 / (6,1\text{E}+15 + 4,067\text{E}+15) = 0,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{ kolom, bawah joint 1}} (\alpha_b) &= K_b / (K_a + K_b) \\ &= 4,067\text{E}+15 / (6,1\text{E}+15 + 4,067\text{E}+15) = 0,40 \end{aligned}$$

Rumus umum:

$$Mu_k = 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'}{H} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \quad (\text{pers 3.86})$$

Tinjauan momen rencana akibat gempa dari arah kiri (arah x):

$$\begin{aligned} Mu_{k,a} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'a}{Ha} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\ &= 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 0,60 \cdot \frac{3,4}{4} \cdot \left(0 + \frac{6000}{4900} \cdot 555,5621 \right) \\ &= 394,6475 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{k,b} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'b}{Hb} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\
 &= 0,7 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,40 \cdot \frac{5,7}{6} \cdot \left(0 + \frac{6000}{4900} \cdot 555,5621 \right) \\
 &= 226,1931 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{k,a \text{ max}} &= 1,05 \cdot (M_{D,a} + M_{L,a} + (4/k) \cdot M_{E,a}) \\
 &= 1,05 \cdot (54,80007 + 13,08876 + (4/1) \cdot 191,5681) \\
 &= 875,86929 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{k,b \text{ max}} &= 1,05 \cdot (M_{D,b} + M_{L,b} + (4/k) \cdot M_{E,b}) \\
 &= 1,05 \cdot (33,31359 + 7,423412 + (4/1) \cdot 41,47684) \\
 &= 216,97658 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Nilai $\text{Mu}_{k,a}$ dan $\text{Mu}_{k,a \text{ max}}$ diambil yang terkecil. Hal ini berlaku juga untuk nilai $\text{Mu}_{k,b}$ dan $\text{Mu}_{k,b \text{ max}}$, diambil yang terkecil juga. Maka momen rencana yang dipakai akibat gempa dari arah kiri adalah:

$$\text{Mu}_{k,a \text{ gempa kiri}} = 394,6475 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Mu}_{k,b \text{ gempa kiri}} = 216,97658 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Tinjauan momen rencana akibat gempa dari arah kanan (arah x):

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{k,a} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'a}{Ha} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\
 &= 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 0,60 \cdot \frac{3,4}{4} \cdot \left(\frac{6000}{4900} \cdot 720,3262 + 0 \right) \\
 &= 511,6889 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{k,b} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'b}{Hb} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\
 &= 0,7 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,40 \cdot \frac{5,7}{6} \cdot \left(\frac{6000}{4900} \cdot 720,3262 + 0 \right) \\
 &= 293,2757 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{k,a \text{ max}} &= 1,05 \cdot (M_{D,a} + M_{L,a} + (4/k) \cdot M_{E,a}) \\
 &= 1,05 \cdot (54,80007 + 13,08876 + (4/1) \cdot 191,5681) \\
 &= 875,8700 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{k,b \text{ max}} &= 1,05 \cdot (M_{D,b} + M_{L,b} + (4/k) \cdot M_{E,b}) \\
 &= 1,05 \cdot (33,31359 + 7,423412 + (4/1) \cdot 41,47684)
 \end{aligned}$$

$$= 216,97658 \text{ KNm}$$

Nilai $M_{k,a}$ dan $M_{k,a \text{ max}}$ diambil yang terkecil. Hal ini berlaku juga untuk nilai $M_{k,b}$ dan $M_{k,b \text{ max}}$ diambil yang terkecil juga. Maka momen rencana yang dipakai akibat gempa dari arah kiri adalah :

$$M_{k,a \text{ gempa kiri}} = 511,6889 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$M_{k,b \text{ gempa kiri}} = 216,97658 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(4)$$

Kolom direncanakan mampu menahan momen akibat gempa kiri dan kanan. Hal ini dikarenakan gempa yang terjadi tidak selalu datangnya dari arah kiri atau kanan saja. Oleh karena itu, momen-momen yang telah direncanakan (1) s/d (4) harus dibandingkan lagi. Setelah dibandingkan, kemudian diambil nilainya yang terbesar. Nilai dari (1) dibandingkan dengan (3), diambil yang terbesar. Maka untuk nilai $M_{k,a} = 511,6889 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(5)$

Nilai dari (2) dibandingkan dengan (4), diambil yang terbesar. Maka untuk nilai $M_{k,b} = 216,97658 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(6)$

Tinjauan momen rencana akibat gempa dari arah kiri (arah y):

$$\begin{aligned} M_{k,a} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'a}{Ha} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\ &= 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 0,60 \cdot \frac{3,4}{4} \cdot \left(0 + \frac{6000}{4900} \cdot 555,5621 \right) \\ &= 394,6475 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{k,b} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'b}{Hb} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\ &= 0,7 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,40 \cdot \frac{5,7}{6} \cdot \left(0 + \frac{6000}{4900} \cdot 555,5621 \right) \\ &= 226,1931 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{k,a \text{ max}} &= 1,05 \cdot (M_{D,a} + M_{L,a} + (4/k) \cdot M_{E,a}) \\ &= 1,05 \cdot (49,6630 + 11,2584 + (4/1) \cdot 321,0947) \\ &= 1412,5652 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{k,b \text{ max}} &= 1,05 \cdot (M_{D,b} + M_{L,b} + (4/k) \cdot M_{E,b}) \\ &= 1,05 \cdot (30,13911 + 6,13 + (4/1) \cdot 137,8642) \\ &= 617,1112 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Nilai $M_{u_{k,a}}$ dan $M_{u_{k,a} \max}$ diambil yang terkecil. Hal ini berlaku juga untuk nilai $M_{u_{k,b}}$ dan $M_{u_{k,b} \max}$ diambil yang terkecil juga. Maka momen rencana yang dipakai akibat gempa dari arah kiri adalah:

$$M_{u_{k,a} \text{ gempa kiri}} = 394,6475 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$M_{u_{k,b} \text{ gempa kiri}} = 226,1931 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(8)$$

Tinjauan momen rencana akibat gempa dari arah kanan (arah y):

$$\begin{aligned} M_{u_{k,a}} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'a}{Ha} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\ &= 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 0,60 \cdot \frac{3,4}{4} \cdot \left(\frac{6000}{4900} \cdot 720,3262 + 0 \right) \\ &= 511,6889 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_{k,b}} &= 0,7 \cdot \omega \cdot \phi_0 \cdot \alpha_a \cdot \frac{H'b}{Hb} \cdot \left(\frac{Li}{L'i} \cdot M_{kap}^- + \frac{La}{L'a} \cdot M_{kap}^+ \right) \\ &= 0,7 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,40 \cdot \frac{5,7}{6} \cdot \left(\frac{6000}{4900} \cdot 720,3262 + 0 \right) \\ &= 293,2757 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_{k,a} \max} &= 1,05 \cdot (M_{D,a} + M_{L,a} + (4/k) \cdot M_{E,a}) \\ &= 1,05 \cdot (49,6630 + 11,2584 + (4/1) \cdot 321,0947) \\ &= 1412,5652 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_{k,b} \max} &= 1,05 \cdot (M_{D,b} + M_{L,b} + (4/k) \cdot M_{E,b}) \\ &= 1,05 \cdot (30,13911 + 6,13 + (4/1) \cdot 137,8642) \\ &= 617,1112 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Nilai $M_{u_{k,a}}$ dan $M_{u_{k,a} \max}$ diambil yang terkecil. Hal ini berlaku juga untuk nilai $M_{u_{k,b}}$ dan $M_{u_{k,b} \max}$ diambil yang terkecil juga. Maka momen rencana yang dipakai akibat gempa dari arah kiri adalah:

$$M_{u_{k,a} \text{ gempa kiri}} = 511,6889 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$M_{u_{k,b} \text{ gempa kiri}} = 293,2757 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots(10)$$

Kolom direncanakan mampu menahan momen akibat gempa kiri dan kanan. Hal ini dikarenakan gempa yang terjadi tidak selalu datangnya dari arah kiri atau kanan saja. Oleh karena itu, momen-momen yang telah direncanakan (7) s/d (10) harus dibandingkan lagi. Setelah dibandingkan, kemudian diambil nilainya yang terbesar.

Nilai dari (7) dibandingkan dengan (9), diambil yang terbesar. Maka untuk nilai $Mu_{k,a} = 511,6889 \text{ KNm}$ (11)

Nilai dari (8) dibandingkan dengan (10), diambil yang terbesar. Maka untuk nilai $Mu_{k,b} = 293,2757 \text{ KNm}$ (12)

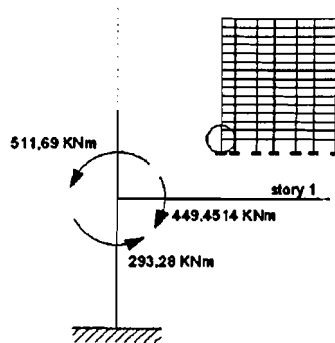
Setelah momen yang direncanakan telah ditinjau dan dipilih sesuai arahnya masing-masing (arah x dan y) maka momen-momen yang telah dipilih tersebut dibandingkan lagi antara arah x dengan arah y. Nilai (5) dibandingkan dengan (11), diambil yang terbesar. Maka untuk nilai $Mu_{k,a} = 511,6889 \text{ KNm}$. Nilai (6) dibandingkan dengan (12), diambil yang terbesar. Maka untuk nilai $Mu_{k,b} = 293,2757 \text{ KNm}$ Jadi, momen rencana untuk kolom K1 pada story 1 adalah:

$$Mu_{k,a} = 511,6889 \text{ KNm}$$

$$Mu_{k,b} = 293,2757 \text{ KNm}$$

Lampiran G1 akan menunjukkan gambar momen kolom K1 dari tingkat 1 sampai dengan tingkat 15. Jumlah Momen ultimate kolom (ΣMu_{k}) pada kolom K1 story 1 adalah:

$\Sigma Mu_{k} = Mu_{k,a} + Mu_{k,b} = 511,69 + 293,28 = 804,97 \text{ KNm}$. Gambar 6. 12, menunjukkan ΣMu_{k} . Jumlah momen balok (ΣMu_{b}) B1 yang terjadi pada kolom K1 story 1 adalah sebesar 449,4514 KNm. Nilai tersebut didapat dari hasil analisis struktur.



Gambar 6. 12. Momen kolom lebih kuat dari pada momen balok

Apabila ΣMu_{k} dibagi dengan ΣMu_{b} maka akan didapatkan nilai sebesar 1,7910. Dengan kata lain, jika dirumuskan akan menjadi: $\Sigma Mu_{k} = 1,7910 \times \Sigma Mu_{b}$. Hal ini mengatakan bahwa nilai momen yang terjadi pada kolom lebih

besar dibandingkan momen yang terjadi pada balok. Inilah yang dimaksud dengan kolom lebih kuat daripada balok atau “*strong coloumn weak beam*”.

6.4.2. Gaya Aksial Kolom

Story 15 (Joint 15 – kolom tepi kiri)

Data input (lampiran T3.8):

Portal arah x :

$$M_{kap^+, balok\ kanan} = 202,3340 \text{ KNm (balok atas – lampiran T3.1)}$$

$$M_{kap^-, balok\ kanan} = 316,6422 \text{ KNm (balok atas – lampiran T3.1)}$$

$$M_{kap^+, balok\ kiri} = 0 \text{ KNm}$$

$$M_{kap^-, balok\ kiri} = 0 \text{ KNm}$$

$$L_{balok\ kanan} (L_a) = 6 \text{ m}$$

$$L_{balok\ kiri} (L_i) = 0 \text{ m}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$b_{kolom, atas\ joint\ 15} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{kolom, atas\ joint\ 15} = 0 \text{ mm}$$

$$b_{kolom, bawah\ joint\ 15} = 700 \text{ mm}$$

$$h_{kolom, bawah\ joint\ 15} = 700 \text{ mm}$$

$$n = 0 \quad k = 1$$

$$P_D\ kolom, 15 (P_{D,15}) = 145,8631 \text{ KN (ETABS)}$$

$$P_L\ kolom, 15 (P_{L,15}) = 23,95921 \text{ KN (ETABS)}$$

$$P_E\ kolom, 15 (P_{E,15}) = 12,01195 \text{ KN (ETABS)}$$

Penyelesaian :

$$RV = 1,1 - (0,025 \times n)$$

$$= 1,1 - (0,025 \times 0)$$

$$= 1,1$$

$$P_g = P_{D,15} + P_{L,15}$$

$$= 145,8631 + 23,95921$$

$$= 169,7953 \text{ KN}$$

$$P_u = 0,7 \cdot RV \cdot \left(\frac{M_{kap^+} + M_{kap^-}}{L} \right) \quad (\text{pers 3.89})$$

$$= 0,7 \cdot 1,1 \cdot \left(\frac{202,3340 + 316,6422}{6} \right)$$

$$= 66,6019 \text{ KN} \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{u_{max}} = 1,05 \cdot \left(P_{D,15} + P_{L,15} + \left(\frac{4}{k} \cdot P_{E,15} \right) \right) \quad (\text{pers 3.90})$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,05 \cdot \left(145,8631 + 23,95921 + \left(\frac{4}{1} \cdot 12,01195 \right) \right) \\
 &= 228,7353 \text{ KN} \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

Portal arah y :

$$M_{kap^+ , balok kanan} = 202,3340 \text{ KNm (balok atap – lampiran T3.1)}$$

$$M_{kap^- , balok kanan} = 316,6422 \text{ KNm (balok atap – lampiran T3.1)}$$

$$M_{kap^+ , balok kiri} = 0 \text{ KNm}$$

$$M_{kap^- , balok kiri} = 0 \text{ KNm}$$

$$L_{balok kanan} (L_a) = 6 \text{ m}$$

$$L_{balok kiri} (L_i) = 0 \text{ m}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$b_{kolom, atas joint 15} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{kolom, atas joint 15} = 0 \text{ mm}$$

$$b_{kolom, bawah joint 15} = 1000 \text{ mm}$$

$$h_{kolom, bawah joint 15} = 1000 \text{ mm}$$

$$n = 0 \quad k = 1$$

$$P_{D \text{ kolom, 15}} (P_{D,15}) = 145,8631 \text{ KN (ETABS)}$$

$$P_{L \text{ kolom, 15}} (P_{L,15}) = 23,95921 \text{ KN (ETABS)}$$

$$P_{E \text{ kolom, 15}} (P_{E,15}) = 1,8947 \text{ KN (ETABS)}$$

Penyelesaian :

$$RV = 1,1 - (0,025 \times n)$$

$$= 1,1 - (0,025 \times 0)$$

$$= 1,1$$

$$Pg = P_{D,15} + P_{L,15}$$

$$= 145,8631 + 23,95921$$

$$= 169,79531 \text{ KN}$$

$$Pu = 0,7 \cdot RV \cdot \left(\frac{M_{kap^+} + M_{kap^-}}{L} \right)$$

$$= 0,7 \cdot 1,1 \cdot \left(\frac{202,3340 + 316,6422}{6} \right)$$

$$= 66,6019 \text{ KN} \dots \dots \dots (3)$$

$$Pu_{max} = 1,05 \cdot \left(P_{D,15} + P_{L,15} + \left(\frac{4}{k} \cdot P_{E,15} \right) \right)$$

$$= 1,05 \cdot \left(145,8631 + 23,95921 + \left(\frac{4}{1} \cdot 1,8947 \right) \right)$$

$$= 186,2429 \text{ KN} \dots\dots\dots(4)$$

Selanjutnya nilai dari (2) dan (4) dibandingkan, kemudian diambil yang terbesar, yaitu = 228,7353 KN(5)

Lalu nilai (5) dibandingkan dengan $(P_x + P_y + (1,05 \cdot P_g))$. Jika nilai $(P_x + P_y + (1,05 \cdot P_g))$ melebihi nilai (5) maka digunakan nilai (5), dan sebaliknya. Nilai gaya aksial untuk lantai 15 adalah: $P_{u, \text{pakai}} = 228,7353 \text{ KN}$
Lampiran T3.8 akan menunjukkan gambar gaya aksial kolom K1 dari tingkat 1 sampai dengan tingkat 15.

6.4.3. Grafik Mn dan Pn

Kolom Ukuran (1100 x 1100) mm² → Ast = 1% Ag (lampiran T3.9 - T3-11)

$$f_c = 30 \text{ MPa} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

keadaan patah desak ($C > C_b$)

$$d' = h - d$$

$$d' = 1100 - 1040 = 60 \text{ mm}$$

$$C_b = \frac{600}{(600 + f_y)} \cdot d \quad (\text{pers 3.91})$$

$$C_b = \frac{600}{(600 + 400)} \cdot 1040 = 624 \text{ mm}$$

ditentukan faktornya 1.8 maka nilai C adalah:

$$C = \text{faktor} \cdot C_b$$

$$C = 1.8 \cdot 624 = 1123 \text{ mm}$$

$$a = 0.85 \cdot C \quad (\text{pers 3.96})$$

$$a = 0.85 \cdot 1123 = 955 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{d - C}{C} \cdot 600$$

$$f_s = \frac{1040 - 1123}{1123} \cdot 600 = -44 \text{ MPa}$$

Jika $f_y > f_s$ maka digunakan f_y , jika $f_y \leq f_s$ maka digunakan f_s . Maka $f_{s, \text{pakai}} = -44 \text{ MPa}$

$$f_s' = \frac{C - d'}{C} \cdot 600$$

$$f_s' = \frac{1123 - 60}{1123} \cdot 600 = 568 \text{ MPa}$$

jika $f_s' > f_y$ maka digunakan f_y , namun jika $f_s' \leq f_y$ digunakan f_s' . $\rightarrow f_s'_{\text{pakai}} = 400 \text{ MPa}$

$$A_{st} = 1\% \cdot A_g$$

$$A_{st} = 0.01 \cdot 1100^2 = 12100 \text{ mm}^2 \quad (\text{pers 3.94})$$

$$T_s = \frac{1}{2} \cdot A_{st} \cdot f_s$$

$$T_s = \frac{1}{2} \cdot 12100 \cdot (-44) \cdot 10^{-3} = -269 \text{ kN}$$

$$A_{s'} = A_s = \frac{1}{2} A_{st} \quad (\text{pers 3.95})$$

$$C_s = A_{s'} (f_s' - 0.85 \cdot f'_c)$$

$$C_s = 6050 \cdot (400 - 0.85 \cdot 30) \cdot 10^{-3} = 2266 \text{ KN} \quad (\text{pers 3.97})$$

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$C_c = 0.85 \cdot 30 \cdot 955 \cdot 1100 \cdot 10^{-3} = 26780 \text{ KN} \quad (\text{pers 3.11})$$

$$M_n = C_c \cdot \left(\bar{Y} - \frac{a}{2} \right) + C_s \cdot (\bar{Y} - d') + T_s \cdot (d - \bar{Y})$$

$$M_n = 26780 \cdot \left(\frac{1100 - 955}{2} \right) + 2266 \cdot (550 - 60) + (-269) \cdot (1040 - 550)$$

$$M_n = 2924 \text{ KNm}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$P_n = 26780 + 2266 - (-269) = 29315 \text{ kN} \quad (\text{pers 3.98})$$

Untuk keadaan seimbang maka nilai faktor nya menjadi 1 karena $C = C_b$ dan $f_s = f_y$

Untuk $\rightarrow A_{st} = 1\% A_g$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

keadaan patah desak ($f_s = f_y$)

$$d' = h - d$$

$$d' = 1100 - 1040 = 60 \text{ mm}$$

$$C_b = \frac{600}{(600 + f_y)} \cdot d$$

$$C_b = \frac{600}{(600 + 400)} \cdot 1040 = 624 \text{ mm}$$

ditentukan faktornya 1 maka nilai C adalah:

$$C = \text{faktor} \cdot Cb \qquad a = 0.85 \cdot C$$

$$C = 1 \cdot 624 = 624 \text{ mm} \qquad a = 0.85 \cdot 624 = 530 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{d - C}{C} \cdot 600$$

$$f_s = \frac{1040 - 624}{624} \cdot 600 = 400 \text{ MPa}$$

Jika $f_y > f_s$ maka digunakan f_y , jika $f_y \leq f_s$ maka digunakan f_s . Maka $f_{s\text{pakai}} = 400 \text{ MPa}$

$$f_s' = \frac{C - d'}{C} \cdot 600$$

$$f_s' = \frac{624 - 60}{624} \cdot 600 = 542 \text{ MPa}$$

jika $f_s' > f_y$ maka digunakan f_y , namun jika $f_s' \leq f_y$ digunakan f_s' . $\rightarrow f_{s'\text{pakai}} = 400 \text{ MPa}$

$$A_{st} = 1\% \cdot A_g \qquad T_s = \frac{1}{2} \cdot A_{st} \cdot f_s$$

$$A_{st} = 0.01 \cdot 1100^2 = 12100 \text{ mm}^2 \qquad T_s = \frac{1}{2} \cdot 12100 \cdot (400) \cdot 10^{-3} = 2420 \text{ KN}$$

$$A_s' = A_s = \frac{1}{2} A_{st} \qquad C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_c')$$

$$C_s = 6050 \cdot (400 - 0.85 \cdot 30) \cdot 10^{-3} = 2266 \text{ KN}$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$C_c = 0.85 \cdot 30 \cdot 530 \cdot 1100 \cdot 10^{-3} = 14878 \text{ KN}$$

$$M_n = C_c \cdot \left(\bar{Y} - \frac{a}{2} \right) + C_s \cdot (\bar{Y} - d') + T_s \cdot (d - \bar{Y})$$

$$M_n = 14878 \cdot \left(\frac{1100 - 530}{2} \right) + 2266 \cdot (550 - 60) + 2420 \cdot (1040 - 550)$$

$$M_n = 6533 \text{ KNm}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$P_n = 14878 + 2266 - 2420 = 14723 \text{ kN}$$

Untuk keadaan patah tarik maka nilai faktor nya akan < 1 dimana ($e > e_b$) atau ($C < C_b$)

Untuk $\rightarrow A_{st} = 1\% A_g$

$f_c = 30 \text{ MPa}$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d' = h - d$$

$$d' = 1100 - 1040 = 60 \text{ mm}$$

$$Cb = \frac{600}{(600 + f_y)} \cdot d$$

$$Cb = \frac{600}{(600 + 400)} \cdot 1040 = 624 \text{ mm}$$

ditentukan faktornya 0.6 maka nilai C adalah:

$$C = \text{faktor} \cdot Cb$$

$$C = 0.6 \cdot 624 = 374 \text{ mm}$$

$$a = 0.85 \cdot C$$

$$a = 0.85 \cdot 374 = 318 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{d - C}{C} \cdot 600$$

$$f_s = \frac{1040 - 374}{374} \cdot 600 = 1067 \text{ MPa}$$

Jika $f_y > f_s$ maka digunakan f_y , jika $f_y \leq f_s$ maka digunakan f_s . Maka $f_{s\text{pakai}} = 400 \text{ MPa}$

$$f_s' = \frac{C - d'}{C} \cdot 600$$

$$f_s' = \frac{374 - 60}{374} \cdot 600 = 504 \text{ MPa}$$

jika $f_s' > f_y$ maka digunakan f_y , namun jika $f_s' \leq f_y$ digunakan f_s' . $\rightarrow f_{s'\text{pakai}} = 400 \text{ MPa}$

$$A_{st} = 1\% \cdot A_g$$

$$A_{st} = 0.01 \cdot 1100^2 = 12100 \text{ mm}^2$$

$$T_s = \frac{1}{2} \cdot A_{st} \cdot f_s$$

$$T_s = \frac{1}{2} \cdot 12100 \cdot (400) \cdot 10^{-3} = 2420 \text{ KN}$$

$$A_{s'} = A_s = \frac{1}{2} A_{st}$$

$$C_s = A_{s'} \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f'_c)$$

$$C_s = 6050 \cdot (400 - 0.85 \cdot 30) \cdot 10^{-3} = 2266 \text{ KN}$$

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$C_c = 0.85 \cdot 30 \cdot 318 \cdot 1100 \cdot 10^{-3} = 8927 \text{ KN}$$

$$Mn = Cc \cdot \left(\bar{Y} - \frac{a}{2} \right) + Cs \cdot (\bar{Y} - d') + Ts \cdot (d - \bar{Y})$$

$$Mn = 8927 \cdot \left(\frac{1100 - 318}{2} \right) + 2266 \cdot (550 - 60) + 2420 \cdot (1040 - 550)$$

$$Mn = 5785 \text{ KNm}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts$$

$$Pn = 8927 + 2266 - 2420 = 8772 \text{ KN}$$

6.4.4. Desain Tulangan Kolom

Story 1 (lampiran T3.12)

Data input :

$$Mu = 1339,00 \text{ KNm (Lampiran Tabel T3.7)}$$

$$Pu = 7328,03 \text{ KN (Lampiran Tabel T3.8)}$$

$$b_{\text{kolom}} = 1100 \text{ mm} \qquad h_{\text{kolom}} = 1100 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,65$$

Penyelesaian :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1339,00}{0,65} = 2059,998 \text{ KNm} \qquad (\text{pers 3.102})$$

$$Pn = \frac{Pu}{\phi} = \frac{7328,03}{0,65} = 11273,9 \text{ KN} \qquad (\text{pers 3.103})$$

Nilai Mn dan Pn diplotkan ke gambar grafik Mn-Pn untuk mencari berapa persen tulangan yang dibutuhkan oleh kolom. Setelah diplotkan maka didapat: 1 %

$$\begin{aligned} A_{st} &= A_{s'} + A_s = 1\% \times A_g \\ &= 1\% \times (1100 \times 1100) = 12100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai tulangan D25} \rightarrow A_{tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,87 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kebutuhan tulangan (n)} = \frac{A_{st}}{A_{tul}} = \frac{12100}{490,87} = 24,65 \rightarrow 26 \text{ buah tulangan}$$

$$n_{\text{tul tarik}} = n_{\text{tul desak}} = \frac{n}{2} = \frac{26}{2} = 13 \text{ buah tulangan}$$

Jadi, tulangan yang dibutuhkan oleh kolom K1 pada story 2 adalah: 26D25.

Kebutuhan luas tulangan (A_s) pada kolom K1 masih dibawah 1% dari luas bruto kolom (A_g), dikarenakan syarat kebutuhan luas tulangan (A_s) pada kolom minimal adalah 1% dari luas bruto kolom (A_g) maka kebutuhan tulangan pada kolom dibulatkan menjadi 1% dari luas bruto kolom (A_g). Dengan adanya pembulatan luas tulangan (A_s) pada kolom maka nilai gaya aksial nominal (P_n) dan nilai momen nominal (M_n) berubah juga. Untuk mengetahui nilai gaya aksial nominal (P_n) pada kolom dengan menggunakan rumus whitney, berikut ini cara penyelesaiannya.

$$A_s = 26 \cdot 490,87 = 6381,36 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{d \cdot b}$$

$$\rho = \frac{6381,36}{1040 \cdot 1000} = 0,0056$$

$$Cb = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \cdot d$$

$$Cb = \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \cdot 1040 = 624 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot Cb$$

$$ab = 0,85 \cdot 624 = 530,4 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot 600$$

$$f_s' = \frac{624 - 60}{624} \cdot 600 = 542,308 \text{ MPa}$$

$f_y < f_s'$ maka dipakai $f_y = 400 \text{ MPa}$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot 30 \cdot 530,4 \cdot 1100 = 14877,72 \text{ KN}$$

$$0,65 \cdot P_{nb} = 0,65 \cdot 14877,72 = 9670,52 \text{ KN}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{1339,00}{7328,03} = 182,72 \text{ mm}$$

Runtuh Tarik $P_u < 0,65 P_n$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,96$$

$$P_n = 0,85 \times f'c \times b \times d \times \left(\left(\frac{h-2 \times e}{2 \times d} \right) + \sqrt{\left(\frac{h-2 \times e}{2 \times d} \right)^2 + 2 \times m \times \rho \times \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right)$$

$$P_n = 0,85 \cdot 30 \cdot 1100 \cdot 1040 \cdot$$

$$\left(\left(\frac{1100 - 2 \cdot 182,72}{2 \cdot 182,72} \right) + \sqrt{\left(\frac{1100 - 2 \cdot 182,72}{2 \cdot 1040} \right)^2 + 2 \cdot 15,96 \cdot 0,0056 \cdot \left(1 - \frac{60}{1040} \right)} \right)$$

$$= 25786,59 \text{ KN}$$

maka $P_n = 25786,59 \text{ KN}$

(pers 3.105)

$$A_{st} = \frac{2 \cdot A_s}{A_g} \cdot 100\%$$

$$A_{st} = \frac{2 \cdot 6381,36}{1210000} \cdot 100\% = 1,05\%$$

dari grafik Mn-Pn didapat nilai $M_n = 4300 \text{ KNm}$, Sehingga Mkap kolom nya menjadi $= 1,25 \cdot 4300 = 5375 \text{ KNm}$.

6.4.5. Geser Kolom

Kolom K1 lantai 1 (lampiran T3.14)

$P_u = 25786,59 \text{ KN}$ (lampiran T3.8)

$M_{u,kolom} = 293,28 \text{ KN}$ (lampiran T3.6)

$M_{b,kolom} = 5375 \text{ KN}$ (lampiran T3.6)

$H' \text{ netto lt } 2 = 3.2 \text{ m}$

$b_{kolom} = 1100 \text{ mm}$

$h_{kolom} = 1100 \text{ mm}$

$H_{kolom} = 6000 \text{ mm}$

$H'_{kolom} = 5400 \text{ mm}$

$A_g = 1100 \times 1100 = 1210000 \text{ mm}^2$

$d' = 60 \text{ mm}$

$d = 1040 \text{ mm}$

$f_y = 240 \text{ MPa}$

$f'c = 30 \text{ MPa}$

Dalam sendi plastis

$$V_{u_1} = \frac{Ma + Mb}{H'} \quad (\text{pers 3.107})$$

$$V_{u_1} = \frac{293,28 + 5375}{5,6} = 1012,19 \text{ KN}$$

$$V_{s_1} = \frac{V_u}{0.6}$$

$$V_{s_1} = \frac{1012,19}{0.6} = 1686,99 \text{ KN}$$

dicoba pakai $\phi 12 \rightarrow A_{tulangan} = 113.10 \text{ mm}^2$

jumlah kaki = 4

$$\text{Sengkang 4 kaki} = \frac{4 \cdot A \cdot f_y \cdot d}{V_{s_1}}$$

$$\text{Sengkang 4 kaki} = \frac{4 \cdot 113,10 \cdot 240 \cdot 1040}{1686,99} = 111,56 \text{ mm}$$

dipakai jarak sengkang tulangan 110 mm.

Diluar sendi plastis.

$$V_c = \left(1 + \frac{Pu}{A_g \cdot 14} \right) \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \right) \quad (\text{pers 3.109})$$

$$V_c = \left(1 + \frac{25786,59 \cdot 10^3}{1210000 \cdot 14} \right) \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 1100 \cdot 1040 \right) = 2634,03 \text{ KN}$$

$$V_{u_2} = V_{u_1} = 1012,19 \text{ KN}$$

$$V_{s_2} = \frac{V_{u_2}}{0.6} - V_c$$

$$V_{s_2} = \frac{1012,19}{0.6} - 2634,03 = -947,04 \text{ KN}$$

dicoba pakai $\phi 10 \rightarrow A_{tulangan} = 78.54 \text{ mm}^2$

jumlah kaki = 2

$V_{s_2} < 0$ maka dipakai jarak tulangan 200 mm. Dan S yang dipakai 200 mm.

6.4.6. Joint

Joint untuk K1 pada lantai 1 gempa arah X dari Kanan (lampiran T3.15)

$h_{\text{ balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$

$h_{\text{ balok, kanan}} = 600 \text{ mm}$

$L_{\text{ balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$

$L_{\text{ balok, kanan}} = 6000 \text{ mm}$

$$L' \text{ balok, kiri} = 0 \text{ mm}$$

$$L' \text{ balok, kanan} = 4900 \text{ mm}$$

$$d \text{ balok, kiri} = 0 \text{ mm}$$

$$d \text{ balok, kanan} = 518,5 \text{ mm}$$

$$C \text{ balok, kiri} = 0 \text{ mm}$$

$$C \text{ balok, kanan} = 103,2127 \text{ mm}$$

$$a \text{ balok, kiri} = 0 \text{ mm}$$

$$a \text{ balok, kanan} = 87,7308 \text{ mm}$$

$$Z \text{ balok, kiri} = 0 \text{ mm}$$

$$Z \text{ balok, kanan} = \left(d - \frac{a}{2} \right) = \left(518,5 - \frac{103,2127}{2} \right) = 474,6346 \text{ mm}$$

$$M_{kap^-} \text{ balok, kiri (gempa kiri)} = 0$$

$$M_{kap^+} \text{ balok, kanan (gempa kiri)} = 555,5621 \text{ KNm}$$

$$M_{kap^+} \text{ balok, kiri (gempa kanan)} = 0$$

$$M_{kap^-} \text{ balok, kanan (gempa kanan)} = 720,3262 \text{ KNm}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$h \text{ kolom} = 1100 \text{ mm}$$

$$b \text{ kolom} = 1100 \text{ mm}$$

$$H \text{ kolom, atas} = 4000 \text{ mm}$$

$$H \text{ kolom, bawah} = 6000 \text{ mm}$$

$$P_u = 6866,64 \text{ KN}$$

$$A_g \text{ kolom} = 1100 \times 1100 = 1210000 \text{ mm}^2$$

Gempa Kanan

$$C_{\text{balok, kanan}} = \frac{0,7 \cdot M_{\text{kap}^-, \text{kanan (gempa kanan)}}}{Z_{\text{balok kanan}}} \quad (\text{pers 3.112})$$

$$C_{\text{balok, kanan}} = \frac{0,7 \cdot 720,3262}{474,6346 \cdot 10^{-3}} = 1062,35 \text{ KN}$$

$$T_{\text{balok kiri}} = 0 \text{ karena } M_{\text{kap}^+ \text{ balok, kiri (gempa kanan)}} = 0$$

$$V_{\text{kolom}} = \left(\frac{0,7 \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki'}} \cdot M_{\text{kap}^-} + \frac{L_{ka}}{L_{ka'}} \cdot M_{\text{kap}^+} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (H_{\text{kolom, atas}} + H_{\text{kolom, bawah}})} \right) \quad (\text{pers 3.110})$$

$$V_{\text{kolom}} = \left(\frac{0,7 \cdot \left(\frac{6}{4,9} \cdot 720,3262 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (4 + 6)} \right) = 123,48 \text{ KN}$$

$$V_{j,h} = C + T - V_{\text{kolom}}$$

$$V_{j,h} = 1062,53 - 123,48 = 938,87 \text{ KN}$$

$$V_{jh} = \frac{V_{j,h}}{b_{kolom} \cdot h_{balok}} \quad (\text{pers 3.114})$$

$$V_{jh} = \frac{938,87}{1100 \cdot 600} = 0,0014 \text{ KN}$$

kontrol geser minimum

$$V_{jh} < 1.5 \cdot \sqrt{f'c} \rightarrow \text{aman!} \quad (\text{pers 3.115})$$

Jika $\frac{Pu}{Ag} \leq 0.1 \cdot f'c$ maka $V_{ch} = 0$. jika $\frac{Pu}{Ag} \geq 0.1 \cdot f'c$ maka V_{ch} adalah dihitung

dengan persamaan berikut:

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{Pu}{Ag}\right) - 0.1 \cdot f'c} \cdot b_{kolom} \cdot h_{balok} \quad (\text{pers 3.116})$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{6866,64 \cdot 10^3}{1210000}\right) - 0.1 \cdot 30} \cdot 1100 \cdot 600 = 719,63 \text{ KN}$$

$$V_{sh} = V_{j,h} - V_{ch} \quad (\text{pers 3.117})$$

$$V_{sh} = 938,87 - 719,63 = 219,24 \text{ KN}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{f_y} \quad (\text{pers 3.118})$$

$$A_{jh} = \frac{219,24 \cdot 10^3}{240} = 913,50 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan dengan $\phi 12$ maka $A = 113.10 \text{ mm}^2$

dicoba dipasang dengan sengkang 2 kaki

$$n = \frac{A_{jh}}{A_v}$$

jumlah sengkang

$$n = \frac{913,50}{2 \cdot 113.10} = 4,039$$

maka n yang dipakai 4. Dan jarak sengkang yang digunakan

$$S = \frac{h_{balok}}{n}$$

$$S = \frac{600}{4} = 150$$

maka dipakai jarak sengkang 150 mm.

Untuk gempa dari arah kanan

Joint untuk K1 pada lantai 1

$$C_{balok,kiri} = 0$$

$$T_{balok,kanan} = \frac{0,7 \cdot M_{kap^-,kanan(gempa\ kiri)}}{Z_{balok\ kanan}}$$

$$T_{balok,kanan} = \frac{0,7 \cdot 555,5621}{474,634 \cdot 10^{-3}} = 819,35 \text{ KN}$$

$$V_{kolom} = \left(\frac{0,7 \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki'}} \cdot M_{kap^-} + \frac{L_{ka}}{L_{ka'}} \cdot M_{kap^+} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (H_{kolom,atas} + H_{kolom,bawah})} \right)$$

$$V_{kolom} = \left(\frac{0,7 \cdot \left(\frac{6}{4,9} \cdot 555,5621 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (4 + 6)} \right) = 95,24 \text{ KN}$$

$$V_{j,h} = C + T - V_{kolom}$$

$$V_{j,h} = 0 + 819,35 - 95,24 = 724,11 \text{ KN}$$

$$V_{jh} = \frac{V_{j,h}}{b_{kolom} \cdot h_{balok}}$$

$$V_{jh} = \frac{724,11}{1100 \cdot 600} = 0,0011 \text{ KN}$$

kontrol geser minimum

$$V_{jh} < 1,5 \cdot \sqrt{f'c} \rightarrow \text{aman!}$$

Jika $\frac{Pu}{Ag} \leq 0,1 \cdot f'c$ maka $V_{ch} = 0$. jika $\frac{Pu}{Ag} \geq 0,1 \cdot f'c$ maka V_{ch} adalah dihitung

dengan persamaan berikut:

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{Pu}{Ag} \right) - 0,1 \cdot f'c \cdot b_{kolom} \cdot h_{balok}}$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{6866,64 \cdot 10^3}{1210000} \right) - 0,1 \cdot 30 \cdot 1100 \cdot 600} = 719,63 \text{ KN}$$

$$V_{sh} = V_{j,h} - V_{ch}$$

$$V_{sh} = 724,11 - 719,63 = 4,49 \text{ KN}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{f_y}$$

$$A_{jh} = \frac{4,49 \cdot 10^3}{240} = 18,70 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan dengan $\phi 12$ maka $A = 113,10 \text{ mm}^2$

dicoba dipasang dengan sengkang 2 kaki

$$n = \frac{A_{jh}}{A_v}$$

jumlah sengkang

$$n = \frac{18,70}{2 \cdot 113,10} = 0,08$$

maka n yang dipakai 2. Dan jarak sengkang yang digunakan

$$S = \frac{h_{balok}}{n}$$

$$S = \frac{600}{2} = 300$$

maka dipakai jarak sengkang 300 mm.

Joint untuk Gempa arah Y dari Kanan

$$h_{\text{balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{\text{balok, kanan}} = 600 \text{ mm}$$

$$L_{\text{balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$$

$$L_{\text{balok, kanan}} = 6000 \text{ mm}$$

$$L'_{\text{balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$$

$$L'_{\text{balok, kanan}} = 4900 \text{ mm}$$

$$d_{\text{balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$$

$$d_{\text{balok, kanan}} = 518,5 \text{ mm}$$

$$C_{\text{balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$$

$$C_{\text{balok, kanan}} = 103,2127 \text{ mm}$$

$$a_{\text{balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$$

$$a_{\text{balok, kanan}} = 87,7308 \text{ mm}$$

$$Z_{\text{balok, kiri}} = 0 \text{ mm}$$

$$Z_{\text{balok, kanan}} = \left(d - \frac{a}{2} \right) = \left(518,5 - \frac{87,7308}{2} \right) = 474,634 \text{ mm}$$

$$M_{\text{kap}}^-_{\text{balok, kiri (gempa kiri)}} = 0$$

$$M_{\text{kap}}^+_{\text{balok, kanan (gempa kiri)}} = 555,5621 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{kap}}^+_{\text{balok, kiri (gempa kanan)}} = 0$$

$$M_{\text{kap}}^-_{\text{balok, kanan (gempa kanan)}} = 720,3262 \text{ KNm}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$h_{\text{kolom}} = 1100 \text{ mm}$$

$$b_{\text{kolom}} = 1100 \text{ mm}$$

$$H_{\text{kolom, atas}} = 4000 \text{ mm}$$

$$H_{\text{kolom, bawah}} = 6000 \text{ mm}$$

$$P_u = 6866,64 \text{ KN}$$

$$A_g_{\text{kolom}} = 1100 \times 1100 = 1210000 \text{ mm}^2$$

Penyelesaian:

$$C_{balok,kanan} = \frac{0,7 \cdot M_{kap^-,kanan}(gempa\ kanan)}{Z_{balok\ kanan}}$$

$$C_{balok,kanan} = \frac{0,7 \cdot 720,3262}{474,634 \cdot 10^{-3}} = 1062,35 \text{ KN}$$

$$T_{balok\ kiri} = 0 \text{ karena } M_{kap^+} \text{ balok,kiri(gempa kanan)} = 0$$

$$V_{kolom} = \left(\frac{0,7 \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki'}} \cdot M_{kap^-} + \frac{L_{ka}}{L_{ka'}} \cdot M_{kap^+} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (H_{kolom,atas} + H_{kolom,bawah})} \right)$$

$$V_{kolom} = \left(\frac{0,7 \cdot \left(\frac{6}{4,9} \cdot 720,6232 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (4+6)} \right) = 123,48 \text{ KN}$$

$$V_{j,h} = C + T - V_{kolom}$$

$$V_{j,h} = 1062,35 + 0 - 123,48 = 938,87 \text{ KN}$$

$$V_{jh} = \frac{V_{j,h}}{b_{kolom} \cdot h_{balok}}$$

$$V_{jh} = \frac{938,87}{1100 \cdot 600} = 0,0014 \text{ KN}$$

kontrol geser minimum

$$V_{jh} < 1,5 \cdot \sqrt{f'c} \rightarrow \text{aman!}$$

Jika $\frac{Pu}{Ag} \leq 0,1 \cdot f'c$ maka $V_{ch} = 0$. jika $\frac{Pu}{Ag} \geq 0,1 \cdot f'c$ maka V_{ch} adalah dihitung

dengan persamaan berikut:

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{Pu}{Ag} \right) - 0,1 \cdot f'c} \cdot b_{kolom} \cdot h_{balok}$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{6866,64 \cdot 10^3}{1210000} \right) - 0,1 \cdot 30} \cdot 1100 \cdot 600 = 719,63 \text{ KN}$$

$$V_{sh} = V_{j,h} - V_{ch}$$

$$V_{sh} = 938,87 - 719,63 = 219,24 \text{ KN}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{f_y}$$

$$A_{jh} = \frac{219,24 \cdot 10^3}{240} = 913,5 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan dengan $\phi 12$ maka $A = 113,10 \text{ mm}^2$

dicoba dipasang dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned} \text{jumlah sengkang} \quad n &= \frac{A_{jh}}{A_v} \\ n &= \frac{913,5}{2 \cdot 113,10} = 4,039 \end{aligned}$$

maka n yang dipakai 4. Dan jarak sengkang yang digunakan

$$S = \frac{h_{balok}}{n}$$

$$S = \frac{600}{4} = 150$$

maka dipakai jarak sengkang 200 mm.

Gempa Kanan

$$C_{balok,kiri} = 0$$

$$T_{balok,kanan} = \frac{0,7 \cdot M_{kap^-,kanan(gempa\ kiri)}}{Z_{balok\ kanan}}$$

$$T_{balok,kanan} = \frac{0,7 \cdot 555,5621}{474,634 \cdot 10^{-3}} = 819,35 \text{ KN}$$

$$V_{kolom} = \left(\frac{0,7 \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki'}} \cdot M_{kap^-} + \frac{L_{ka}}{L_{ka'}} \cdot M_{kap^+} \right)}{\frac{1}{2} \cdot (H_{kolom,atas} + H_{kolom,bawah})} \right)$$

$$V_{kolom} = \left(\frac{0,7 \cdot \left(\frac{6}{4,9} \cdot 555,5621 \right)}{\frac{1}{2} \cdot (4 + 6)} \right) = 95,24 \text{ KN}$$

$$V_{j,h} = C + T - V_{kolom}$$

$$V_{j,h} = 0 + 819,35 - 95,24 = 724,11 \text{ KN}$$

$$V_{jh} = \frac{V_{j,h}}{b_{kolom} \cdot h_{balok}}$$

$$V_{jh} = \frac{724,11}{1100 \cdot 600} = 0,0011 \text{ KN}$$

kontrol geser minimum

$$V_{jh} < 1,5 \cdot \sqrt{f'c} \rightarrow \text{aman!}$$

Jika $\frac{Pu}{Ag} \leq 0,1 \cdot f'c$ maka $V_{ch} = 0$. jika $\frac{Pu}{Ag} \geq 0,1 \cdot f'c$ maka V_{ch} adalah dihitung

dengan persamaan berikut:

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{Pu}{Ag}\right) - 0,1 \cdot f'c} \cdot b_{kolom} \cdot h_{balok}$$

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{6866,64 \cdot 10^3}{1210000}\right) - 0,1 \cdot 30} \cdot 1100 \cdot 600 = 719,63 \text{ KN}$$

$$V_{sh} = V_{j,h} - V_{ch}$$

$$V_{sh} = 724,11 - 719,63 = 4,490 \text{ KN}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{fy}$$

$$A_{jh} = \frac{4,49 \cdot 10^3}{240} = 18,70 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan dengan $\phi 12$ maka $A = 113,10 \text{ mm}^2$

dicoba dipasang dengan sengkang 2 kaki

$$n = \frac{A_{jh}}{A_v}$$

jumlah sengkang

$$n = \frac{18,70}{2 \cdot 113,10} = 0,08$$

maka n yang dipakai 2. Dan jarak sengkang yang digunakan

$$S = \frac{h_{balok}}{n}$$

$$S = \frac{600}{2} = 300$$

maka dipakai jarak sengkang 300 mm.

6.5. Perencanaan Pondasi

Untuk kapasitas tiang tunggal, pada penulisan ini diasumsikan kapasitas tiang tunggal sebesar 1000 kN.

Data yang ada dari hasil analisis untuk desain pondasi ini adalah:

- $P_u = 25786,59$ KN (lampiran T3.13)
- $M_{u,x} = 5375$ KN (lampiran T3.13)
- $M_{u,y} = M_{u,x}$

Untuk desain pondasi diambil data-data sebagai berikut:

- diameter tiang pancang 300 mm
- tebal pile cap (poer) 2500 mm

$$P = \frac{P_{u,k}}{1,05}$$

$$P = \frac{25786,59}{1,05} = 24558,657 \text{ KN}$$

jarak antar tiang yang dipakai adalah $2,5 D$,

$$s = 2,5 \cdot D$$

$$s = 2,5 \cdot 300 = 750 \text{ mm}$$

jumlah baris dalam konfigurasi tiang (n) = 8

jumlah tiang dalam satu baris (m) = 8

maka nilai efisiensi tiang yang didapat adalah

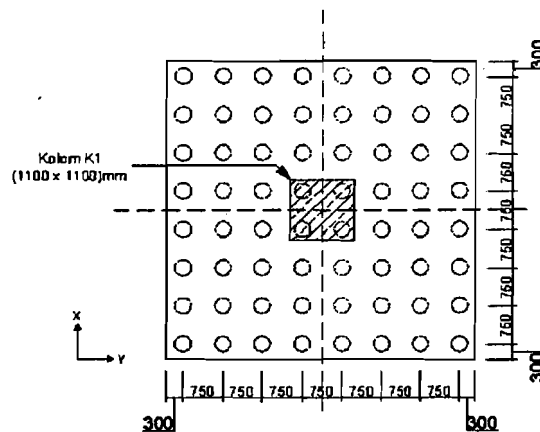
$$E_g = 1 - \arctg \frac{d}{s} \left(\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot n \cdot m} \right)$$

$$E_g = 1 - \arctg \frac{300}{750} \left(\frac{(8-1) \cdot 8 + (8-1) \cdot 8}{90 \cdot 8 \cdot 8} \right)$$

(pers 3.119)

$$E_g = 0,5544$$

$$EY^2 = EX^2 = 189 \text{ m}^2$$



Gambar 6. 13. Konfigurasi Kelompok Tiang Pancang

Beban yang diterima tiang

$$\sum P = P + \text{berat pile cap} + \text{berat tanah urug}$$

$$\sum P = 25786,59 + 5,85^2 \cdot 2,5 \cdot 24 + ((5,85^2 - 1,1^2) \cdot 1 \cdot 18)$$

$$\sum P = 28434,165 \text{ KN}$$

$$\sum Pu = 1,05 \cdot \sum P$$

$$\sum Pu = 29855,873 \text{ KN}$$

(pers 3.121)

$$P_{max} = \frac{\sum Pu}{n} + \frac{Mu_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum Y^2} + \frac{Mu_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum X^2}$$

$$P_{max} = \frac{29855,873}{64} + \frac{5375 \cdot 2,625}{8 \cdot 189} + \frac{5375 \cdot 2,625}{8 \cdot 189}$$

(pers 3.122)

$$P_{max} = 485,16121 \text{ KN} < E_g \cdot Qu = 554,37515 \rightarrow \text{OK!}$$

$$P_{min} = \frac{\sum Pu}{n} - \frac{Mu_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum Y^2} - \frac{Mu_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum X^2}$$

$$P_{min} = \frac{29855,873}{64} - \frac{5375 \cdot 2,625}{8 \cdot 189} - \frac{5375 \cdot 2,625}{8 \cdot 189}$$

(pers 3.123)

$$P_{min} = 447,83483 \text{ KN}$$

Kontrol terhadap geser satu arah (d)

Dipakai tebal pile cap $t_p = 2500 \text{ mm}$

$$d = t_p - p_b - \frac{1}{2} \phi_{tul} = 2500 - 75 - 12,5 = 2412,5 \text{ mm}$$

Letak bidang kritis geser satu arah searah L pile cap

$$= 0.5 h_k + d = 550 + 2412,5 = 2962,5 \text{ mm}$$

dari pusat kolom. Letak tiang pondasi 2625 mm dari pusat kolom. Dengan demikian letak bidang kritis geser satu arah berada diluar tiang, sehingga geser satu arah tidak perlu ditinjau. Untuk geser satu arah searah B pile cap = 2962,5 mm dari pusat kolom, maka geser satu arah searah B pile cap juga tidak perlu ditinjau.

Kontrol terhadap geser dua arah ($d/2$)

$$V_u = \sum n \cdot P$$

$$V_u = 27989,881 \text{ KN}$$

$$b_o = 2 \cdot (h_c + d) + 2 \cdot (b_c + d)$$

$$b_o = 2 \cdot (1100 + 912,5) = 14050 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{1}{1} = 1$$

$$V_c = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \cdot 2 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot \sqrt{30} \cdot 2 \cdot 14050 \cdot 2412,5 \cdot 10^{-3} = 1113923,9 \text{ KN}$$

$$V_c = 4 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 4 \cdot \sqrt{30} \cdot 14050 \cdot 2411,5 \cdot 10^{-3} = 742615,94 \text{ KN}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot \sqrt{f'c}\right) \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \left(\frac{20 \cdot 2411,5}{14050} + 2\right) \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot \sqrt{30}\right) \cdot 14050 \cdot 2411,5 = 84072845 \text{ KN}$$

kemudian nilai V_c diambil yang terkecil, maka:

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 742615,94 = 445569,56 \text{ KN}$$

Ternyata $V_u < \phi V_c$ maka tinjauan geser dua arah OK!

Penulangan Lentur

$$M_{u,x} = 8053,6762 \text{ KN}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\frac{8053,6762}{0,8} = 0,85 \cdot 30 \cdot a \cdot 1000 \cdot \left(2412,5 - \frac{a}{2} \right)$$

$$a^2 - 4825a + 789576,09 = 0$$

$$a = 5,9 \text{ mm}$$

$$As_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b}{fy}$$

$$As_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 5,9 \cdot 1000}{400} = 376,125 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{min}} = \frac{1,4}{fy} \cdot b \cdot d$$

$$As_{\text{min}} = \frac{1,4}{400} \cdot 1000 \cdot 2412,5 = 8443,75 \text{ mm}^2$$

maka luas tulangan yang dipakai adalah 8443,75 mm² dicoba dengan menggunakan tulangan diameter 40 mm maka akan didapat luas tulangan yang tersedia adalah

$$A_{36} = 0,25 \cdot \pi \cdot 40^2 = 1256,6371 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{1256,6371 \cdot 1000}{8443,75} = 148,8245 \text{ mm}$$

maka dipakai jarak 100 mm

didapat luas tulangan yang tersedia adalah

$$As_{\text{ada}} = \frac{1256,6371 \cdot 1000}{100} = 12566,3706 \text{ mm}^2$$

maka $As_{\text{ada}} > As_{\text{perlu}}$ luas tulangan sudah terpenuhi. OK!

Cek kapasitas

$$a = \frac{As_{\text{ada}} \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$a = \frac{12566,37061 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 197,1196 \text{ mm}$$

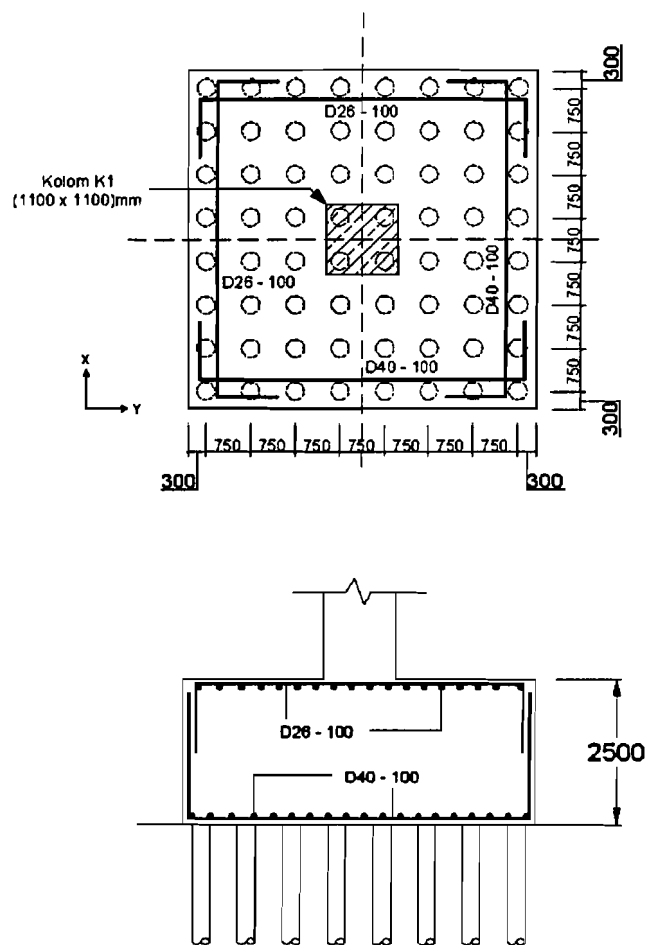
$$Mn = A s_{ada} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 12566,37061 \cdot 400 \cdot \left(2412,5 - \frac{197,1196}{2} \right)$$

$$Mn = 11631,13221 \text{ KNm}$$

$$\phi Mn = 11631,13221 \cdot 0,8 = 9304,9058 > Mu = 8053,6762 \text{ OK!}$$

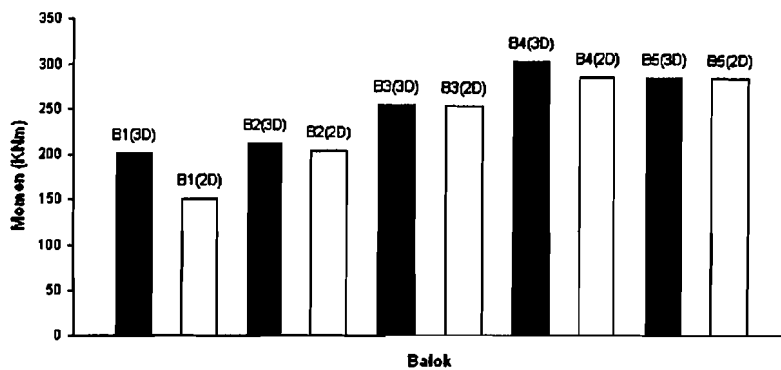
Gambar 6. 14 berikut menunjukkan gambar penulangan pile cap dari hasil disain yang diperoleh.



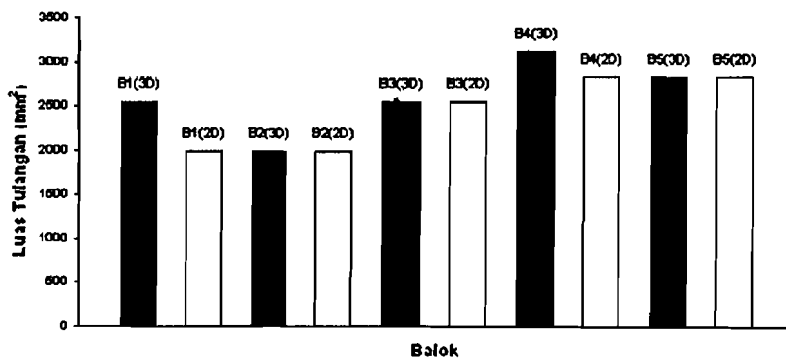
Gambar 6. 14. Penulangan Pile Cap

6.6. Perbandingan Hasil Desain

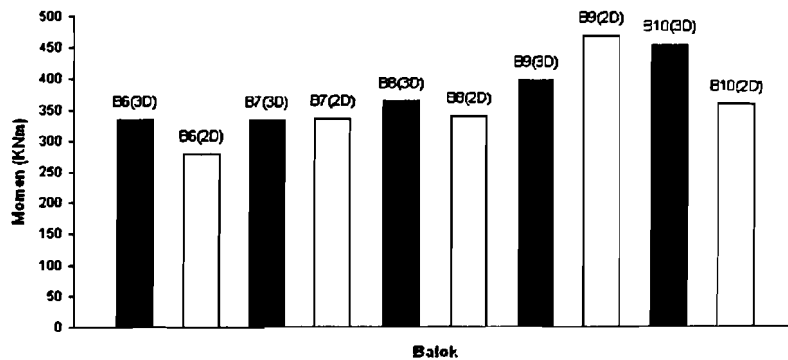
Untuk perbandingan hasil desain dari respon struktur 2D dan 3D beberapa didapat hasil yang sama, untuk momen dan luas tulangan. Seperti yang terlihat pada Gambar 6. 15 untuk balok B3 momen hasil respon 2D dan 3D adalah sama sehingga implikasi pada desain akan membutuhkan luas tulangan yang sama pula. Nilai momen yang sama dapat terjadi pada saat pengambilan keputusan untuk nilai momen yang diambil untuk di desain, yang dalam proses generalisasi dianggap dapat mewakili nilai *demand* kekuatan balok tersebut. Gambar-gambar berikut ini menunjukkan hasil desain yang diperoleh dari respon struktur antara analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.



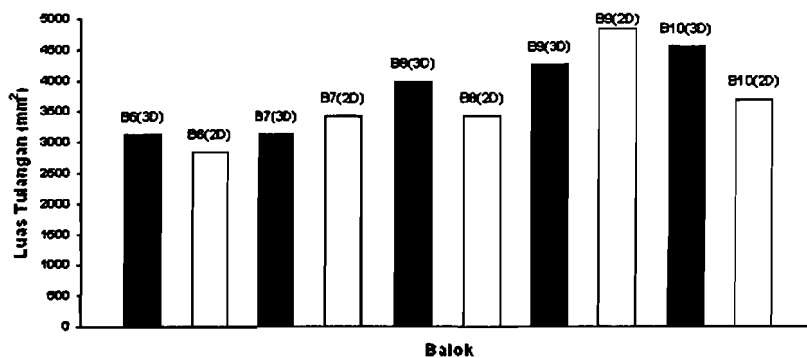
Gambar 6. 15. Momen yang diambil untuk balok B1-B5 lantai 15



Gambar 6. 16. Kebutuhan luas tulangan balok B1-B5 lantai 15

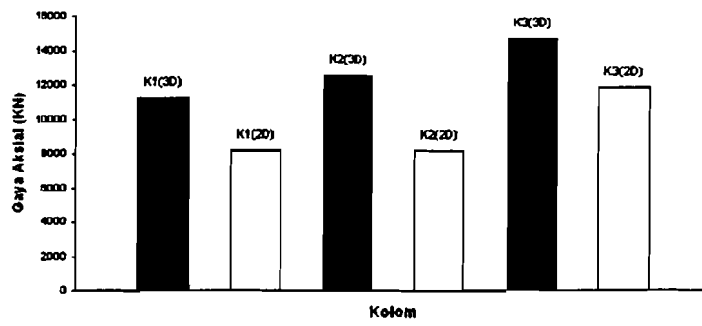


Gambar 6. 17. Momen desain yang diambil untuk balok B6-B10 lantai 15

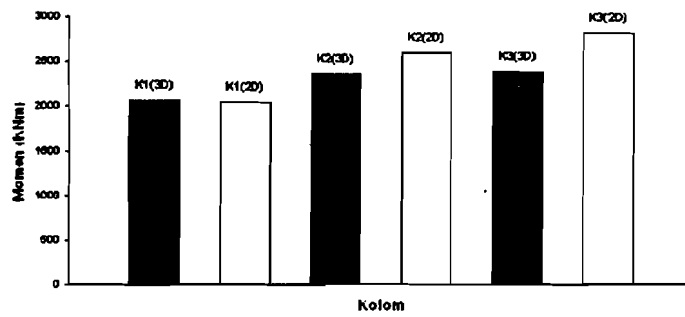


Gambar 6. 18. Kebutuhan luas tulangan B6-B10 lantai 15

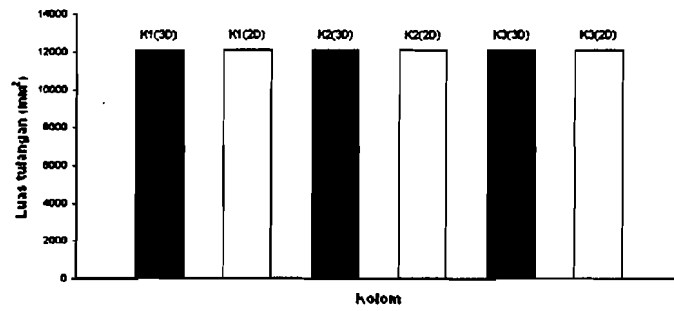
Sedangkan pada kolom, hasil desain yaitu luas tulangan bisa dikatakan sama antara hasil dari 2D dan 3D. Momen yang diambil untuk desain dapat berbeda, namun berdasarkan grafik Mn-Pn, kebutuhan luas tulangan untuk kolom dapat diperhitungkan. Dan berdasarkan hal tersebut maka kebutuhan luas tulangan menunjukkan hasil dibawah 1%. Sehingga mengakibatkan jumlah luas tulangan dari respon 2D dan 3D mendekati atau bahkan sama. Gambar 6. 17 sampai dengan Gambar 6. 21 berikut ini akan menunjukkan besaran gaya aksial, momen dan hasil desain antara respon analisis 2D dan analisis 3D.



Gambar 6. 19. Gaya aksial kolom K1-K3 lantai 1



Gambar 6. 20. Momen desain untuk K1-K3 lantai 1



Gambar 6. 21. Kebutuhan luas tulangan K1-K3 lantai 1

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Hasil kesimpulan yang didapat dari struktur yang diambil sebagai model (denah dan jumlah tingkat) analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada bangunan asimetris ini, *displacement* yang terbesar dan terkecil berada pada portal paling tepi terluar dalam denah struktur yang searah dengan datangnya arah gempa. *Displacement* yang terjadi dari analisis 3D dapat lebih besar dari pada 2D, ini karena terjadinya puntir pada bangunan akibat pembebanan gempa 2 arah.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada momen balok, momen maksimum terletak pada lantai-lantai bawah, namun perbedaan yang signifikan antara 2 dimensi dan 3 dimensi terletak pada lantai atap.
3. Kondisi *Earthquake Load Dominated* (ELD) terjadi pada gedung bertingkat banyak, terletak pada daerah gempa besar (daerah gempa 1,2,3) dan gedung tersebut terletak di atas tanah lunak.
4. Akibat dominasi beban gempa (*Earthquake Load Dominated*), maka nilai momen balok yang terjadi di daerah tumpuan (M^T) lebih besar dibandingkan di lapangan (M^L).
5. Respon struktur dari analisis struktur 2 dimensi dan 3 dimensi pada tipe bangunan yang asimetris ini ada yang mempunyai perbedaan yang signifikan. Yang paling terlihat adalah perbedaan gaya aksial kolom antara respon 2 dimensi dan 3 dimensi. Untuk gaya aksial, selalu lebih besar respon dari hasil analisis 3 dimensi daripada respon dari hasil analisis 2 dimensi.
6. Pada desain balok beberapa tempat mempunyai nilai yang sama, ini dikarenakan pengambilan momen pada respon 2D untuk desain yang

mendekati 3D bahkan sama. Sedangkan untuk kolom hasil desain yaitu luas tulangan bisa dikatakan sama, ini dikarenakan kebutuhan luas tulangan berdasarkan grafik Mn-Pn sama, yaitu dibawah 1%.

7.2 Saran

1. Untuk analisis struktur alangkah baiknya digunakan adalah analisis struktur 3 dimensi, karena dengan cara tersebut hasilnya lebih mendekati pada keadaan yang sebenarnya.
2. Ikut memperhitungkan e_d dalam proses perhitungan sebagai proses yang berkelanjutan dari penelitian ini.
3. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan beban gempa dinamik, baik itu pada gedung yang asimetris maupun pada gedung yang simetris.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboe, A. Kadir., 2000, "Struktur Beton I", JTS FTSP UII Yogyakarta
- Anonymous, 1983, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung", Departemen Pekerjaan Umum
- Anonymous, 1987, "Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung", Departemen Pekerjaan Umum
- Anonymous, 2002, "Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung", Departemen Pekerjaan Umum
- Aries, AA Fikries., 2002, "Rasio Antara Pengaruh Beban Gravitasi Dan Beban Gempa Pada Portal Beton Bertulang Bertingkat Banyak (analisis dan Desain)", Tugas Akhir JTS FTSP UII Yogyakarta
- Bowles, Joseph E., 1998, "Analisis Dan Desain Pondasi", Erlangga Jakarta
- Cahyono, Ronny Budhi., Nushahib YU., 2004, "Perbandingan Analisis Dan Desain Struktur Beton Bertulang Bertingkat Banyak Antara Portal 2D Dan Portal 3D", Tugas Akhir JTS FTSP UII Yogyakarta
- Das, Braja M., 1990., "Principles Of Foundation Engineering 2nd Edition", PWS-Kent Publishing Company
- Dipohusodo, Istimawan., 1999, "Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI", PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta
- Kusuma, Gideon., WC. Vis., 1993, "Dasar-dasar perencanaan Beton Bertulang (seri 1)", Erlangga Jakarta
- Kusuma, Gideon., WC. Vis., 1993, "Pedoman Pengerjaan Beton (Seri 2)", Erlangga Jakarta
- Kusuma, Gideon., WC. Vis., 1993, "Desain Struktur Rangka Bertulang Di Daerah Rawan Gempa (seri 3)", Erlangga Jakarta
- Nawy, Edward G., 1990, "Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar", PT Eresco Bandung

- Paz, Mario., 1992, "International Handbook of Earthquake Engineering Codes, Programs, and Examples", Chapman and Hall Inc
- Paulay, T., and M.J.N. Priestley, 1992, "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings" John Wiley and Sons Inc
- Schodek, Daniel L., 1998, "Struktur", PT Refika Aditama Bandung
- Schueller, Wolfgang., 1989, "Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi", PT Eresco Bandung
- Smith, Bryan Stafford., and Alex Coull., 1991, "Tall Building Structures (Analysis and Design)", John Wiley and Sons Inc
- Wahyudi, Gusti Andri., 1998, "Analisis Penulangan Tahan Gempa Pada Portal Beton Bertulang Konvensional Dengan Menggunakan Konsep Strong Column Weak Beam", Tugas Akhir JTS FTSP UII
- Widodo., 1991, "Pengantar Teknik Gempa", FTSP UII Yogyakarta
- Widodo., 2002, "Struktur Beton II", FTSP UII Yogyakarta
- Wijayanto Bawono., 1995, "Studi Bentuk Geometri Gedung Dalam Kaitan Beban Gempa", Tugas Akhir JTS FTSP UII Yogyakarta



جامعة اسلام اِنْدُونِيسِيَا

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : : 254 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./XII/2004
Lamp. : -
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR
Periode Ke : : I (Sep 04 - Peb 05)

Jogjakarta, 7-Jan-05

Kepada .
Yth. Bapak / Ibu : Widodo,Prof,Ir,H,MSCE,Ph.D
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

- 1 Nama : Wahyu Pribadi
No. Mhs. : 00 511 065
Bidang Studi : Teknik Sipil
Tahun Akademi : 2004 - 2005
- 2 Nama : Habib Khodim Setiawan
No. Mhs. : 00 511 132
Bidang Studi : Teknik Sipil
Tahun Akademi : 2004 - 2005

dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

Dosen Pembimbing I	: Widodo,Prof,Ir,H,MSCE,Ph.D
Dosen Pembimbing II	:
Berlaku Tgl	: 7-Jan-05 Sampai dengan Akhir Pebr 05

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Perbandingan analisis dan desain portal dua dimensi (2 D) dan Tiga Dimensi (3 D) pada bangunan Asimetris .

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.



Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs



UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSI KONSULTASI
TUGAS AKHIR MAHASISWA

PERIODE KE : I (Sep 04 - Peb 05)

TAHUN : 2004 - 2005

BERLAKU MULAI TGL : 7-Jan-05 - Akhir Pebr 05

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Wahyu Pribadi	00 511 065	Teknik Sipil
2.	Habib Khodim Setiawan	00 511 132	Teknik Sipil

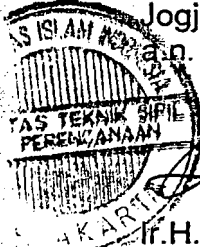
JUDUL TUGAS AKHIR

Perbandingan analisis dan desain portal dua dimensi (2 D) dan Tiga Dimensi (3 D) pada bangunan Asimetris

Dosen Pembimbing I : Widodo,Prof,Ir,H,MSCE,Ph.D

Dosen Pembimbing II :



Jogjakarta ,7-Jan-05
 n. Dekan

 Ir.H.Munadhir, MS

Catatan :

Seminar : _____

Sidang : _____

Pendaran : _____

15:03:05

Di



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Wahyu Pribadi	00 511 065	Teknik Sipil
2.	Habib Khodim Setiawan	00 511 132	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Perbandingan analisis dan desain portal dua dimensi (2 D) dan Tiga Dimensi (3 D) pada bangunan Asimetris

PERIODE KE : I (Sep 04 - Peb 05)

TAHUN : 2004 - 2005

BERLAKU MULAI TGL : 7-Jan-05 - Akhir Pebr 05

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		SEP	OKT.	NOP.	DES.	JAN.	PEB.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

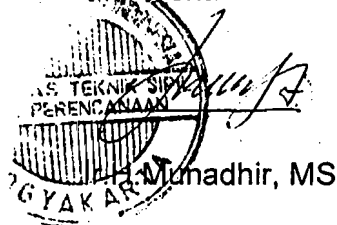
Dosen Pembimbing I : Widodo, Prof, Ir, H, MSCE, Ph.D

Dosen Pembimbing II :



Jogjakarta , 7-Jan-05

a.n. Dekan



H. Munadhir, MS

Catatan :

Seminar : _____

Sidang : _____

Pendadaran : _____

15:03:05

Diperpanjang s.d Aquarius 2005

8/05.
604

Lampiran T-1

Tabel T1. 1. Displacement max point pada kolom (comb2 s/d comb5) pada iterasi 1

COMB02				COMB03				COMB04				COMB05			
DISPLACEMENT		POINT		DISPLACEMENT		POINT		DISPLACEMENT		POINT		DISPLACEMENT		POINT	
Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax
0,0615	-0,1668	184	83	0,1368	-0,0774	184	83	0,0437	0,1471	1	83	0,1236	0,0561	184	43
		185	115			185	115			2	115			185	56
		186	130			186	130			3	130			186	69
		187	144			187	144			4	144			187	101
		188	158			188	158			5	158			188	116
										6					
						7									
															131
															145
															159
															169

Tabel T1. 2. Displacement max point pada kolom (comb6 s/d comb9) pada iterasi 1

COMB06				COMB07				COMB08				COMB09			
DISPLACEMENT		POINT		DISPLACEMENT		POINT		DISPLACEMENT		POINT		DISPLACEMENT		POINT	
Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax
-0,0438	-0,1492	1	83	-0,1222	-0,0565	184	43	-0,1354	0,0753	184	83	-0,0601	0,1647	184	83
		2	115			185	56			185	115			185	115
		3	130			186	69			186	130			186	130
		4	144			187	101			187	144			187	144
		5	158			188	116			188	158			188	158
		6													
		7													
															131
															145
															159
															169

Satuan *displacement* = meter (m)

Tabel T1. 5. Displacement max point pada kolom (comb1 s/d comb9) pada iterasi 1

COMB	DATA		NILAI POSITIF		Uxmax	Uymax	POINT	
	Ux	Uy	Ux	Uy			Uxmax	Uymax
2	0,0615	-0,1668	0,0615	0,1668	0,1368	0,1668	184	83
3	0,1368	-0,0774	0,1368	0,0774			185	115
4	0,0437	0,1471	0,0437	0,1471			186	130
5	0,1236	0,0561	0,1236	0,0561			187	144
6	-0,0438	-0,1492	0,0438	0,1492			188	158
7	-0,1222	-0,0565	0,1222	0,0565				
8	-0,1354	0,0753	0,1354	0,0753				
9	-0,0601	0,1647	0,0601	0,1647				

Tabel T1. 6. Displacement max point pada kolom (comb1 s/d comb9) pada iterasi 2

COMB	DATA		NILAI POSITIF		Uxmax	Uymax	POINT		POINT (COMB 2)	
	Ux	Uy	Ux	Uy			Uxmax	Uymax	Uxmax	Uymax
2	0,0405	-0,1063	0,0405	0,1063	0,0912	0,1063	184	83	184	83
3	0,0912	-0,0504	0,0912	0,0504			185	115	185	115
4	0,0285	0,0925	0,0285	0,0925			186	130	186	130
5	0,0829	0,0362	0,0829	0,0362			187	144	187	144
6	-0,0286	-0,0946	0,0286	0,0946			188	158	188	158
7	-0,0815	-0,0366	0,0815	0,0366						
8	-0,0898	0,0483	0,0898	0,0483						
9	-0,0391	0,1042	0,0391	0,1042						

Tabel T1. 9. Kontrol periode getar T-Rayleigh gedung variasi 1 (analisis 3D – iterasi 1)

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	2557,8057	18856,56	0,1324	0,0175	330,3767	338,5642	4	0,00065
14	2916,1679	22982,16	0,1298	0,0168	387,0113	378,4242	4	0,00096
13	2715,0529	22982,16	0,1259	0,0159	364,4975	341,9244	4	0,00131
12	2513,9378	22982,16	0,1207	0,0146	334,8315	303,4396	4	0,00165
11	2312,8228	22982,16	0,1141	0,0130	299,1706	263,8800	4	0,00197
10	2208,0849	24030,48	0,1062	0,0113	271,1380	234,5469	4	0,00217
9	1997,7911	24030,48	0,0975	0,0095	228,6364	194,8685	4	0,00240
8	1787,4973	24030,48	0,0879	0,0077	185,8480	157,1966	4	0,00261
7	1648,0713	25110,48	0,0775	0,0060	150,7577	127,6992	4	0,00280
6	1428,3284	25110,48	0,0663	0,0044	110,3556	94,6886	4	0,00293
5	1211,9071	25178,64	0,0546	0,0030	75,0345	66,1582	4	0,00293
4	991,5604	25178,64	0,0429	0,0018	46,2617	42,5025	4	0,00295
3	853,8927	27878,64	0,0311	0,0010	26,8784	26,5136	4	0,00288
2	609,9233	27878,64	0,0195	0,0004	10,6286	11,9090	4	0,00261
1	413,1591	31472,88	0,0091	0,0001	2,5985	3,7542	6	0,00151
					2824,0249	2586,0697	62	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ ke-1} = 2,1019$, maka nilai $C = 0.38$

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

Tabel T1. 10. Kontrol periode getar T-Rayleigh gedung variasi 1 (analisis 3D – iterasi 2)

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	1619,9436	18856,56	0,0840	0,0071	133,2075	136,1548	4	0,00042
14	1846,9063	22982,16	0,0824	0,0068	155,9799	152,1541	4	0,00061
13	1719,5335	22982,16	0,0799	0,0064	146,8473	137,4511	4	0,00083
12	1592,1606	22982,16	0,0766	0,0059	134,8456	121,9579	4	0,00105
11	1464,7878	22982,16	0,0724	0,0052	120,4426	106,0399	4	0,00125
10	1398,4538	24030,48	0,0674	0,0045	109,1226	94,2376	4	0,00138
9	1265,2677	24030,48	0,0619	0,0038	91,9892	78,2834	4	0,00152
8	1132,0816	24030,48	0,0558	0,0031	74,7515	63,1403	4	0,00166
7	1043,7785	25110,48	0,0491	0,0024	60,6202	51,2849	4	0,00178
6	904,6080	25110,48	0,0420	0,0018	44,3623	38,0224	4	0,00186
5	767,5412	25178,64	0,0346	0,0012	30,1558	26,5626	4	0,00186
4	627,9882	25178,64	0,0272	0,0007	18,5876	17,0627	4	0,00187
3	540,7987	27878,64	0,0197	0,0004	10,7967	10,6426	4	0,00183
2	386,2848	27878,64	0,0124	0,0002	4,2683	4,7797	4	0,00165
1	261,6675	31472,88	0,0058	0,0000	1,0433	1,5065	6	0,00096
					1137,0205	1039,2806	62	

$T_{Rayleigh\ ke-1} = 2,1019$
 $T_{Rayleigh\ ke-2} = 2,1039$, maka nilai $C = 0.38$

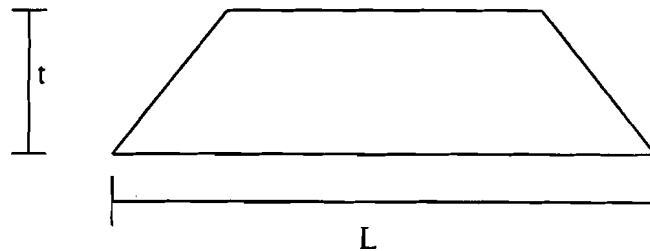
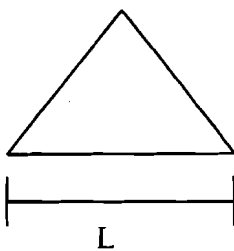
(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

Keterangan satuan:

- di (Displacement) : meter
- Fi (gaya horizontal) : KN
- Wi (berat struktur) : KN
- H kolom : meter

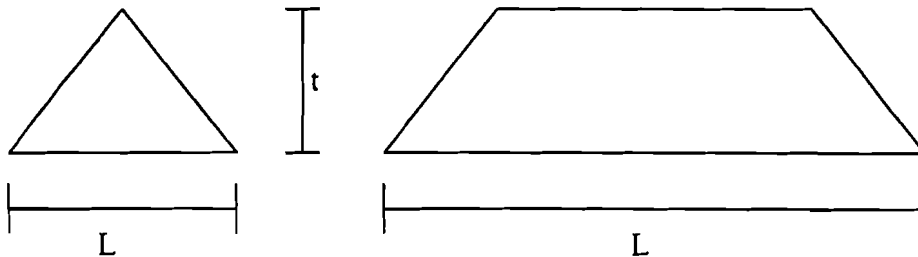
Tabel T1. 11. Beban merata mati (Q_D) pada struktur

TYPE	LANTAI		ATAP			
	Segitiga	Trapesium	Segitiga	Trapesium	satuan	
I	q_D	4,34	4,34	2,88	2,88	kN/m^2
	L	3	4	3	4	m
	t	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	Q_D	6,51	6,51	4,32	4,32	kN/m'
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,0000	1,2188	1,0000	1,2188	m
	Q_D	4,3400	5,2894	2,8800	3,5100	kN/m'
II	q_D	4,34	4,34	2,88	2,88	kN/m^2
	L	3	0	3	0	m
	t	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	Q_D	6,51	0	4,32	0	kN/m'
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	m
	Q_D	4,3400	0,0000	2,8800	0,0000	kN/m'
III	q_D	4,34	4,34	2,88	2,88	kN/m^2
	L	4	5	4	5	m
	t	2	2	2	2	m
	Q_D	8,68	8,68	5,76	5,76	kN/m'
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,3333	1,5733	1,3333	1,5733	m
	Q_D	5,7867	6,8283	3,8400	4,5312	kN/m'
IV	q_D	4,34	4,34	2,88	2,88	kN/m^2
	L	3	5	3	5	m
	t	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	Q_D	6,51	6,51	4,32	4,32	kN/m'
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,0000	1,3200	1,0000	1,3200	m
	Q_D	4,3400	5,7288	2,8800	3,8016	kN/m'
V	q_D	4,34	4,34	2,88	2,88	kN/m^2
	L	4	0	4	0	m
	t	2	2	2	2	m
	Q_D	8,68	0	5,76	0	kN/m'
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,3333	0,0000	1,3333	0,0000	m
	Q_D	5,7867	0,0000	3,8400	0,0000	kN/m'



Tabel T1. 12. Beban merata hidup (Q_L) pada struktur

JENIS	LANTAI		ATAP		satuan	
	Segitiga	Trapesium	Segitiga	Trapesium		
I	q_L	2,5	2,5	1	1	kN/m^2
	L	3	4	3	4	m
	t	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	Q_L	3,75	3,75	1,5	1,5	$\text{kN/m}'$
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,0000	1,2188	1,0000	1,2188	m
	Q_L	2,5000	3,0469	1,0000	1,2188	$\text{kN/m}'$
II	q_L	2,5	2,5	1	1	kN/m^2
	L	3	0	3	0	m
	t	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	Q_L	3,75	0	1,5	0	$\text{kN/m}'$
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	m
	Q_L	2,5000	0,0000	1,0000	0,0000	$\text{kN/m}'$
III	q_L	2,5	2,5	1	1	kN/m^2
	L	4	5	4	5	m
	t	2	2	2	2	m
	Q_L	5	5	2	2	$\text{kN/m}'$
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,3333	1,5733	1,3333	1,5733	m
	Q_L	3,3333	3,9333	1,3333	1,5733	$\text{kN/m}'$
IV	q_L	2,5	2,5	1	1	kN/m^2
	L	3	5	3	5	m
	t	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	Q_L	3,75	3,75	1,5	1,5	$\text{kN/m}'$
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,0000	1,3200	1,0000	1,3200	m
	Q_L	2,5000	3,3000	1,0000	1,3200	$\text{kN/m}'$
V	q_L	2,5	2,5	1	1	kN/m^2
	L	4	0	4	0	m
	t	2	2	2	2	m
	Q_L	5	0	2	0	$\text{kN/m}'$
	<i>Dibuat menjadi persegi :</i>					
	z	1,3333	0,0000	1,3333	0,0000	m
	Q_L	3,3333	0,0000	1,3333	0,0000	$\text{kN/m}'$



Tabel T1. 13. Beban titik pada struktur

JENIS		LANTAI		ATAP		Satuan
		P _D	P _L	P _D	P _L	
1	Q _D ; Q _L	4,34	2,5	2,88	1	kN/m ²
	b ₁	3	3	3	3	m
	h ₁	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	b ₂	3	3	3	3	m
	h ₂	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	A _{TOTAL}	6,75	6,75	6,75	6,75	mm ²
	W _{PLAT}	29,295	16,875	19,44	6,75	kN
	b _{BA1}	0,25	-	0,25	-	m
	h _{BA1}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA1}	3	-	3	-	m
	b _{BA2}	0,125	-	0,125	-	m
	h _{BA2}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA2}	3	-	3	-	m
	W _{BA}	13,5	-	13,5	-	kN
Beban titik	42,795	16,875	32,94	6,75	kN	
2	Q _D ; Q _L	4,34	2,5	2,88	1	kN/m ²
	b ₁	3	3	3	3	m
	h ₁	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	b ₂	3	3	3	3	m
	h ₂	2,5	2,5	2,5	2,5	m
	A _{TOTAL}	9,75	9,75	9,75	9,75	mm ²
	W _{PLAT}	42,315	24,375	28,08	9,75	kN
	b _{BA1}	0,25	-	0,25	-	m
	h _{BA1}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA1}	4	-	4	-	m
	b _{BA2}	0,125	-	0,125	-	m
	h _{BA2}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA2}	3	-	3	-	m
	W _{BA}	16,5	-	16,5	-	kN
Beban titik	58,815	24,375	44,58	9,75	kN	
3	Q _D ; Q _L	4,34	2,5	2,88	1	kN/m ²
	b ₁	4	4	4	4	m
	h ₁	2	2	2	2	m
	b ₂	4	4	4	4	m
	h ₂	2	2	2	2	m
	A _{TOTAL}	12	12	12	12	mm ²
	W _{PLAT}	52,08	30	34,56	12	kN
	b _{BA1}	0,25	-	0,25	-	m
	h _{BA1}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA1}	4	-	4	-	m
	b _{BA2}	0,125	-	0,125	-	m
	h _{BA2}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA2}	4	-	4	-	m
	W _{BA}	18	-	18	-	kN
Beban titik	70,08	30	52,56	12	kN	

Tabel T1. 14. Beban titik pada struktur

JENIS		LANTAI		ATAP		Satuan
		P _D	P _L	P _D	P _L	
4	Q _D ; Q _L	4,34	2,5	2,88	1	kN/m ²
	b ₁	4	4	4	4	m
	h ₁	2	2	2	2	m
	b ₂	4	4	4	4	m
	h ₂	3	3	3	3	m
	A _{TOTAL}	16	16	16	16	mm ²
	W _{PLAT}	69,44	40	46,08	16	kN
	b _{BA1}	0,25	-	0,25	-	m
	h _{BA1}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA1}	5	-	5	-	m
	b _{BA2}	0,125	-	0,125	-	m
	h _{BA2}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA2}	4	-	4	-	m
	W _{BA}	21	-	21	-	kN
Beban titik	90,44	40	67,08	16	kN	
5	Q _D ; Q _L	4,34	2,5	2,88	1	kN/m ²
	b ₁	3	3	3	3	m
	h ₁	1,5	1,5	1,5	1,5	m
	b ₂	3	3	3	3	m
	h ₂	3,5	3,5	3,5	3,5	m
	A _{TOTAL}	12,75	12,75	12,75	12,75	mm ²
	W _{PLAT}	55,335	31,875	36,72	12,75	kN
	b _{BA1}	0,25	-	0,25	-	m
	h _{BA1}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA1}	5	-	5	-	m
	b _{BA2}	0,125	-	0,125	-	m
	h _{BA2}	0,5	-	0,5	-	m
	L _{BA2}	3	-	3	-	m
	W _{BA}	19,5	-	19,5	-	kN
Beban titik	74,835	31,875	56,22	12,75	kN	

**Tabel T1. 15. Displacement rata-rata point kolom portal as 1 pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	184	186	188	Rata - rata
15	0.0936	0.0936	0.0936	0.0936
14	0.0914	0.0914	0.0914	0.0914
13	0.0883	0.0883	0.0883	0.0883
12	0.0844	0.0844	0.0844	0.0844
11	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795
10	0.0738	0.0738	0.0738	0.0738
9	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676
8	0.0609	0.0609	0.0609	0.0609
7	0.0535	0.0535	0.0535	0.0535
6	0.0458	0.0458	0.0458	0.0458
5	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377
4	0.0296	0.0296	0.0296	0.0296
3	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215
2	0.0136	0.0136	0.0136	0.0136
1	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabel T1. 16. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 1 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	Fi	Wi	d1	d12	Wi x d12	Fi x d1	H kolom	interstory drift
15	112,2035	824,16	0,0936	0,0088	7,2211	10,5028	4	0,00056
14	122,4790	961,68	0,0914	0,0083	8,0298	11,1917	4	0,00076
13	114,0322	961,68	0,0883	0,0078	7,5021	10,0717	4	0,00099
12	105,5854	961,68	0,0844	0,0071	6,8425	8,9063	4	0,00122
11	97,1385	961,68	0,0795	0,0063	6,0765	7,7215	4	0,00142
10	84,2695	1022,16	0,0738	0,0054	5,5688	6,9581	4	0,00155
9	85,2915	1022,16	0,0676	0,0046	4,6753	5,7683	4	0,00169
8	78,3134	1022,16	0,0609	0,0037	3,7860	4,6444	4	0,00183
7	69,7069	1058,16	0,0535	0,0029	3,0339	3,7325	4	0,00194
6	60,4126	1058,16	0,0458	0,0021	2,2171	2,7653	4	0,00202
5	52,5793	1088,40	0,0377	0,0014	1,5457	1,9814	4	0,00202
4	43,0194	1088,40	0,0296	0,0009	0,9545	1,2740	4	0,00203
3	36,2263	1178,40	0,0215	0,0005	0,5446	0,7788	4	0,00198
2	25,8759	1178,40	0,0136	0,0002	0,2173	0,3514	4	0,00180
1	18,2575	1385,76	0,0064	0,0000	0,0563	0,1164	6	0,00106
					58,2714	76,7646	62	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ m=1} = 1,7525$, maka nilai $C = 0.43$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 17. Displacement rata-rata point kolom portal as 1 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	184	186	188	Rata - rata
15	0,0673	0,0673	0,0673	0,0673
14	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657
13	0,0635	0,0635	0,0635	0,0635
12	0,0606	0,0606	0,0606	0,0606
11	0,0571	0,0571	0,0571	0,0571
10	0,0530	0,0530	0,0530	0,0530
9	0,0486	0,0486	0,0486	0,0486
8	0,0437	0,0437	0,0437	0,0437
7	0,0384	0,0384	0,0384	0,0384
6	0,0329	0,0329	0,0329	0,0329
5	0,0270	0,0270	0,0270	0,0270
4	0,0212	0,0212	0,0212	0,0212
3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154
2	0,0097	0,0097	0,0097	0,0097
1	0,0046	0,0046	0,0046	0,0046
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 18. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 1 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	FI	WI	di	di ²	WI x di ²	FI x di	H kolom	Interstory drift
15	80,4125	824,18	0,0673	0,0045	3,7346	5,4130	4	0,00041
14	87,7766	961,68	0,0657	0,0043	4,1505	5,7665	4	0,00055
13	81,7231	961,68	0,0635	0,0040	3,8757	5,1881	4	0,00072
12	75,6695	961,68	0,0606	0,0037	3,5333	4,5866	4	0,00088
11	69,6160	961,68	0,0571	0,0033	3,1363	3,9756	4	0,00102
10	67,5598	1022,16	0,0530	0,0028	2,8731	3,5816	4	0,00111
9	61,1256	1022,16	0,0486	0,0024	2,4111	2,9687	4	0,00122
8	54,6913	1022,16	0,0437	0,0019	1,9517	2,3898	4	0,00131
7	40,9566	1058,16	0,0384	0,0015	1,5834	1,9202	4	0,00140
6	43,2957	1058,16	0,0329	0,0011	1,1421	1,4224	4	0,00145
5	37,6818	1088,40	0,0270	0,0007	0,7959	1,0190	4	0,00145
4	30,8306	1088,40	0,0212	0,0005	0,4913	0,6551	4	0,00146
3	25,9622	1178,40	0,0154	0,0002	0,2802	0,4004	4	0,00142
2	18,5444	1178,40	0,0097	0,0001	0,1118	0,1806	4	0,00129
1	13,0846	1385,76	0,0046	0,0000	0,0290	0,0598	6	0,00076
					30,0800	39,5277	62	

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 1,7525$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-2}} = 1,7547$$

, maka nilai C = 0.43

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

Sabvan!

Tabel T1. 19. Displacement rata-rata point kolom portal as 2 pada iterasi 1 (gedung variasi 1 dgn analisis 2D)

TINGKAT	POINT			
	174	176	178	Rata - rata
15	0,1403	0,1403	0,1403	0,1403
14	0,1370	0,1370	0,1370	0,1370
13	0,1324	0,1324	0,1324	0,1324
12	0,1265	0,1265	0,1265	0,1265
11	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192
10	0,1107	0,1107	0,1107	0,1107
9	0,1014	0,1014	0,1014	0,1014
8	0,0913	0,0913	0,0913	0,0913
7	0,0803	0,0803	0,0803	0,0803
6	0,0686	0,0686	0,0686	0,0686
5	0,0565	0,0565	0,0565	0,0565
4	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444
3	0,0322	0,0322	0,0322	0,0322
2	0,0203	0,0203	0,0203	0,0203
1	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabel T1. 20. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 2 pada gedung variasi 1 (analisis 2D – iterasi 1)

TINGKAT	Fi	Wi	d1	d12	Wi x d12	Fi x d1	H kolom	interstory drift
15	182,0585	1198,28	0,1403	0,0197	23,5424	22,7340	4	0,00082
14	186,4563	1471,32	0,1370	0,0188	27,6107	25,5424	4	0,00114
13	173,5972	1471,32	0,1324	0,0175	25,8104	22,9925	4	0,00148
12	160,7382	1471,32	0,1265	0,0160	23,5487	20,3352	4	0,00182
11	147,8791	1471,32	0,1192	0,0142	20,9136	17,6306	4	0,00213
10	140,5702	1531,80	0,1107	0,0123	18,7705	15,5607	4	0,00232
9	127,1826	1531,80	0,1014	0,0103	15,7556	12,8987	4	0,00254
8	113,7949	1531,80	0,0913	0,0083	12,7563	10,3845	4	0,00274
7	105,1268	1603,80	0,0803	0,0064	10,3362	8,4395	4	0,00292
6	91,1099	1603,80	0,0686	0,0047	7,5511	6,2517	4	0,00303
5	78,8161	1598,04	0,0565	0,0032	5,0977	4,3386	4	0,00303
4	62,8495	1598,04	0,0444	0,0020	3,1471	2,7891	4	0,00304
3	54,3891	1778,04	0,0322	0,0010	1,8450	1,7520	4	0,00297
2	38,8493	1778,04	0,0203	0,0004	0,7360	0,7904	4	0,00270
1	26,0280	1985,40	0,0095	0,0001	0,1811	0,2486	6	0,00159
					197,6025	172,6885	62	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh ke-1} = 2,1516$, maka nilai $C = 0.34$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 21. Displacement rata-rata point kolom portal as 2 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			Rata - rata
	174	176	178	
15	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800
14	0,0781	0,0781	0,0781	0,0781
13	0,0754	0,0754	0,0754	0,0754
12	0,0720	0,0720	0,0720	0,0720
11	0,0678	0,0678	0,0678	0,0678
10	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630
9	0,0577	0,0577	0,0577	0,0577
8	0,0519	0,0519	0,0519	0,0519
7	0,0456	0,0456	0,0456	0,0456
6	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390
5	0,0321	0,0321	0,0321	0,0321
4	0,0252	0,0252	0,0252	0,0252
3	0,0183	0,0183	0,0183	0,0183
2	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115
1	0,0054	0,0054	0,0054	0,0054
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 22. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 2 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	91,8320	1196,28	0,0800	0,0064	7,6511	7,3441	4	0,00048
14	105,6586	1471,32	0,0781	0,0061	8,9644	8,2473	4	0,00066
13	98,3718	1471,32	0,0754	0,0057	8,3724	7,4206	4	0,00085
12	91,0850	1471,32	0,0720	0,0052	7,6324	6,5603	4	0,00104
11	83,7982	1471,32	0,0678	0,0046	6,7732	5,8856	4	0,00122
10	79,6564	1531,80	0,0630	0,0040	6,0747	5,0163	4	0,00132
9	72,0701	1531,80	0,0577	0,0033	5,0954	4,1567	4	0,00145
8	64,4838	1531,80	0,0519	0,0027	4,1226	3,3453	4	0,00156
7	59,5718	1603,80	0,0456	0,0021	3,3382	2,7178	4	0,00166
6	51,6289	1603,80	0,0390	0,0015	2,4372	2,0126	4	0,00173
5	43,5291	1598,04	0,0321	0,0010	1,6443	1,3963	4	0,00172
4	35,8147	1598,04	0,0252	0,0006	1,0145	0,8974	4	0,00173
3	30,8205	1778,04	0,0183	0,0003	0,5944	0,5635	4	0,00168
2	22,0146	1778,04	0,0115	0,0001	0,2370	0,2541	4	0,00153
1	14,7492	1985,40	0,0054	0,0000	0,0583	0,0799	6	0,00090
					64,0101	55,6979	62	

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 2,1516$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-2}} = 2,1563$$

, maka nilai C = 0.43

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 23. Displacement rata-rata point kolom portal as 2A pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	169	171	173	Rata - rata
15	0,1064	0,1064	0,1064	0,1064
14	0,1037	0,1037	0,1037	0,1037
13	0,1002	0,1002	0,1002	0,1002
12	0,0955	0,0955	0,0955	0,0955
11	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899
10	0,0834	0,0834	0,0834	0,0834
9	0,0762	0,0762	0,0762	0,0762
8	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684
7	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600
6	0,0511	0,0511	0,0511	0,0511
5	0,0418	0,0418	0,0418	0,0418
4	0,0326	0,0326	0,0326	0,0326
3	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234
2	0,0145	0,0145	0,0145	0,0145
1	0,0067	0,0067	0,0067	0,0067
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 24. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 2A pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	Fi	Wi	d1	d12	Wi x d12	Fi x d1	H kolom	Interstory drift
15	103,7284	760,20	0,1064	0,0113	8,6129	11,0410	4	0,00067
14	112,6397	882,44	0,1037	0,0108	9,4974	11,6856	4	0,00090
13	104,8714	882,44	0,1002	0,0100	8,8512	10,5030	4	0,00115
12	97,1032	882,44	0,0955	0,0091	8,0547	9,2772	4	0,00140
11	89,3349	882,44	0,0899	0,0081	7,1358	8,0334	4	0,00164
10	87,1570	942,92	0,0834	0,0070	6,6667	7,2673	4	0,00179
9	78,8563	942,92	0,0762	0,0058	5,4797	6,0114	4	0,00195
8	70,5557	942,92	0,0684	0,0047	4,4143	4,8275	4	0,00210
7	64,3678	974,92	0,0600	0,0036	3,5100	3,8622	4	0,00223
6	55,7854	974,92	0,0511	0,0026	2,5439	2,8496	4	0,00231
5	48,8608	1009,16	0,0418	0,0017	1,7658	2,0439	4	0,00231
4	39,9770	1009,16	0,0326	0,0011	1,0728	1,3034	4	0,00230
3	33,5581	1089,16	0,0234	0,0005	0,5965	0,7853	4	0,00221
2	23,9701	1089,16	0,0145	0,0002	0,2303	0,3486	4	0,00197
1	17,1202	1296,52	0,0067	0,0000	0,0575	0,1140	6	0,00111
					68,3785	79,9536	62	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ ka-1} = 1,8601$, maka nilai $C = 0.40$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 25. Displacement rata-rata point kolom portal as 2A pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	169	171	173	Rata - rata
15	0.0713	0.0713	0.0713	0.0713
14	0.0695	0.0695	0.0695	0.0695
13	0.0670	0.0670	0.0670	0.0670
12	0.0639	0.0639	0.0639	0.0639
11	0.0602	0.0602	0.0602	0.0602
10	0.0558	0.0558	0.0558	0.0558
9	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510
8	0.0457	0.0457	0.0457	0.0457
7	0.0401	0.0401	0.0401	0.0401
6	0.0341	0.0341	0.0341	0.0341
5	0.0279	0.0279	0.0279	0.0279
4	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218
3	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156
2	0.0097	0.0097	0.0097	0.0097
1	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabel T1. 26. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 2A pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	Interstory drift
15	69,1523	760,20	0,0713	0,0051	3,8652	4,9310	4	0,00046
14	75,0931	882,44	0,0695	0,0048	4,2589	5,2168	4	0,00061
13	69,9143	882,44	0,0670	0,0045	3,9662	4,6872	4	0,00078
12	84,7354	882,44	0,0639	0,0041	3,8069	4,1388	4	0,00094
11	59,5566	882,44	0,0602	0,0036	3,1935	3,5828	4	0,00110
10	58,1047	942,92	0,0558	0,0031	2,9322	3,2402	4	0,00120
9	52,5709	942,92	0,0510	0,0026	2,4496	2,6795	4	0,00131
8	47,0371	942,92	0,0457	0,0021	1,9722	2,1512	4	0,00141
7	42,9118	974,92	0,0401	0,0016	1,5674	1,7206	4	0,00149
6	37,1903	974,92	0,0341	0,0012	1,1355	1,2692	4	0,00155
5	32,5739	1009,16	0,0279	0,0008	0,7877	0,9101	4	0,00154
4	26,8514	1009,16	0,0218	0,0005	0,4784	0,5803	4	0,00154
3	22,3721	1089,16	0,0156	0,0002	0,2659	0,3495	4	0,00148
2	15,9801	1089,16	0,0097	0,0001	0,1028	0,1551	4	0,00132
1	11,4135	1296,52	0,0044	0,0000	0,0256	0,0507	6	0,00074
					30,6079	35,6629	62	

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 1,8601$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-2}} = 1,8634$$

, maka nilai C = 0.40

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 27. Displacement rata-rata point kolom portal as 3 pada iterasi 1
(gedung variasi I dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					Rata - rata
	150	152	154	156	158	
15	0,1038	0,1038	0,1038	0,1038	0,1038	0,1038
14	0,1019	0,1019	0,1019	0,1019	0,1019	0,1019
13	0,0990	0,0990	0,0990	0,0990	0,0990	0,0990
12	0,0950	0,0950	0,0950	0,0950	0,0950	0,0950
11	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899	0,0899
10	0,0838	0,0838	0,0838	0,0838	0,0838	0,0838
9	0,0772	0,0772	0,0772	0,0772	0,0772	0,0772
8	0,0698	0,0698	0,0698	0,0698	0,0698	0,0698
7	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618
6	0,0532	0,0532	0,0532	0,0532	0,0532	0,0532
5	0,0441	0,0441	0,0441	0,0441	0,0441	0,0441
4	0,0351	0,0351	0,0351	0,0351	0,0351	0,0351
3	0,0258	0,0258	0,0258	0,0258	0,0258	0,0258
2	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167
1	0,0081	0,0081	0,0081	0,0081	0,0081	0,0081
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 28. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 3 pada gedung variasi I
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	FI	WI	dl	dl ²	WI x dl ²	FI x dl	H kolom	interstory drift
15	285,8014	1983,32	0,1038	0,0108	21,1487	27,5870	4	0,00047
14	302,8386	2391,18	0,1019	0,0104	24,8269	30,8580	4	0,00073
13	281,9531	2391,18	0,0990	0,0098	23,4284	27,9090	4	0,00101
12	261,0677	2391,18	0,0950	0,0090	21,5809	24,7903	4	0,00127
11	240,1823	2391,18	0,0899	0,0081	19,3074	21,5824	4	0,00152
10	228,5414	2491,98	0,0838	0,0070	17,4915	19,1473	4	0,00188
9	208,7756	2491,98	0,0772	0,0060	14,8325	15,9528	4	0,00184
8	185,0097	2491,98	0,0698	0,0049	12,1404	12,9134	4	0,00201
7	170,5808	2603,98	0,0618	0,0038	9,9365	10,5373	4	0,00215
6	147,8367	2603,98	0,0532	0,0028	7,3593	7,8593	4	0,00226
5	125,0157	2602,36	0,0441	0,0019	5,0844	5,5150	4	0,00228
4	102,2856	2602,36	0,0351	0,0012	3,1998	3,5867	4	0,00230
3	88,1152	2882,36	0,0258	0,0007	1,9257	2,2775	4	0,00229
2	62,9394	2882,36	0,0167	0,0003	0,8021	1,0499	4	0,00215
1	42,2916	3227,98	0,0081	0,0001	0,2113	0,3422	6	0,00135
					183,2360	211,9081	62	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ ka-1} = 1,8704$, maka nilai $C = 0.40$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 29. Displacement rata-rata point kolom portal as 3 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					Rata - rata
	150	152	154	156	158	
15	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692
14	0.0679	0.0679	0.0679	0.0679	0.0679	0.0679
13	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660	0.0660
12	0.0633	0.0633	0.0633	0.0633	0.0633	0.0633
11	0.0599	0.0599	0.0599	0.0599	0.0599	0.0599
10	0.0559	0.0559	0.0559	0.0559	0.0559	0.0559
9	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514
8	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465	0.0465
7	0.0412	0.0412	0.0412	0.0412	0.0412	0.0412
6	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354
5	0.0294	0.0294	0.0294	0.0294	0.0294	0.0294
4	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234
3	0.0172	0.0172	0.0172	0.0172	0.0172	0.0172
2	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111	0.0111
1	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabel T1. 30. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 3 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	FI	WI	di	di ²	WI x di ²	FI x di	H kolom	Interstory drift
15	177,2010	1963,32	0,0692	0,0048	9,4018	12,2624	4	0,00032
14	201,8924	2391,16	0,0679	0,0046	11,0366	13,7162	4	0,00049
13	187,9688	2391,16	0,0660	0,0044	10,4147	12,4053	4	0,00067
12	174,0452	2391,16	0,0633	0,0040	9,5844	11,0190	4	0,00085
11	160,1215	2391,16	0,0599	0,0036	8,5826	9,5930	4	0,00101
10	152,3609	2491,96	0,0559	0,0031	7,7753	8,5106	4	0,00111
9	137,8504	2491,96	0,0514	0,0026	6,5933	7,0907	4	0,00123
8	123,3398	2491,96	0,0465	0,0022	5,3967	5,7398	4	0,00134
7	113,7205	2603,96	0,0412	0,0017	4,4170	4,6837	4	0,00144
6	98,5578	2603,96	0,0354	0,0013	3,2714	3,4933	4	0,00151
5	83,3438	2602,36	0,0294	0,0009	2,2512	2,4513	4	0,00151
4	88,1904	2602,36	0,0234	0,0005	1,4224	1,5942	4	0,00154
3	58,7435	2882,36	0,0172	0,0003	0,8560	1,0123	4	0,00153
2	41,9596	2882,36	0,0111	0,0001	0,3566	0,4667	4	0,00143
1	28,1944	3227,96	0,0054	0,0000	0,0939	0,1521	6	0,00090
					81,4540	94,1906	62	

$T_{Rayleigh\ ke-1} = 1,8704$

$T_{Rayleigh\ ke-2} = 1,8705$

, maka nilai $C = 0.40$

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 31. Displacement rata-rata point kolom portal as 3A pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	145	147	149	Rata - rata
15	0,1588	0,1588	0,1588	0,1588
14	0,1549	0,1549	0,1549	0,1549
13	0,1496	0,1496	0,1496	0,1496
12	0,1427	0,1427	0,1427	0,1427
11	0,1343	0,1343	0,1343	0,1343
10	0,1246	0,1246	0,1246	0,1246
9	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139
8	0,1022	0,1022	0,1022	0,1022
7	0,0896	0,0896	0,0896	0,0896
6	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763
5	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625
4	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487
3	0,0349	0,0349	0,0349	0,0349
2	0,0217	0,0217	0,0217	0,0217
1	0,0099	0,0099	0,0099	0,0099
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 32. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 3A pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di2	Wi x di2	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	149,7118	1103,88	0,1588	0,0252	27,8532	23,7811	4	0,00099
14	171,0710	1348,36	0,1549	0,0240	32,3451	26,4958	4	0,00133
13	159,2730	1348,36	0,1496	0,0224	30,1653	23,8228	4	0,00171
12	147,4750	1348,36	0,1427	0,0204	27,4635	21,0472	4	0,00209
11	135,8770	1348,36	0,1343	0,0180	24,3347	18,2270	4	0,00244
10	129,4355	1408,84	0,1246	0,0155	21,8597	16,1230	4	0,00267
9	117,1083	1408,84	0,1139	0,0130	18,2697	13,3359	4	0,00292
8	104,7811	1408,84	0,1022	0,0104	14,7157	10,7089	4	0,00315
7	96,6539	1472,84	0,0896	0,0080	11,8296	8,6622	4	0,00333
6	83,7667	1472,84	0,0763	0,0058	8,5715	6,3903	4	0,00346
5	70,9873	1475,08	0,0625	0,0039	5,7547	4,4339	4	0,00345
4	58,0805	1475,08	0,0487	0,0024	3,4954	2,8273	4	0,00344
3	50,0737	1635,08	0,0349	0,0012	1,9958	1,7494	4	0,00331
2	35,7869	1635,08	0,0217	0,0005	0,7708	0,7765	4	0,00294
1	24,1817	1842,44	0,0099	0,0001	0,1819	0,2403	6	0,00166
					229,6066	178,6216	62	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh ko-1} = 2,2805$, maka nilai $C = 0.33$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 33. Displacement rata-rata point kolom portal as 3A pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	145	147	149	Rata - rata
15	0,0879	0,0879	0,0879	0,0879
14	0,0857	0,0857	0,0857	0,0857
13	0,0827	0,0827	0,0827	0,0827
12	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789
11	0,0742	0,0742	0,0742	0,0742
10	0,0688	0,0688	0,0688	0,0688
9	0,0629	0,0629	0,0629	0,0629
8	0,0564	0,0564	0,0564	0,0564
7	0,0494	0,0494	0,0494	0,0494
6	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421
5	0,0344	0,0344	0,0344	0,0344
4	0,0268	0,0268	0,0268	0,0268
3	0,0193	0,0193	0,0193	0,0193
2	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
1	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 34. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 3A pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	82,3415	1103,88	0,0879	0,0077	8,5276	7,2372	4	0,00056
14	94,0890	1348,36	0,0857	0,0073	9,8929	8,0593	4	0,00074
13	87,6001	1348,36	0,0827	0,0068	9,2180	7,2430	4	0,00096
12	81,1112	1348,36	0,0789	0,0062	8,3657	6,3966	4	0,00116
11	74,6223	1348,36	0,0742	0,0055	7,4248	5,5374	4	0,00136
10	71,1895	1408,84	0,0688	0,0047	6,6651	4,8965	4	0,00148
9	64,4088	1408,84	0,0629	0,0040	5,5667	4,0487	4	0,00162
8	57,6296	1408,84	0,0564	0,0032	4,4809	3,2501	4	0,00174
7	53,1596	1472,84	0,0494	0,0024	3,5999	2,6281	4	0,00184
6	46,0717	1472,84	0,0421	0,0018	2,8089	1,9383	4	0,00191
5	39,0430	1475,08	0,0344	0,0012	1,7492	1,3445	4	0,00190
4	31,9443	1475,08	0,0268	0,0007	1,0619	0,8571	4	0,00189
3	27,5405	1635,08	0,0193	0,0004	0,8060	0,5302	4	0,00182
2	19,6718	1635,08	0,0120	0,0001	0,2338	0,2352	4	0,00162
1	13,2999	1842,44	0,0055	0,0000	0,0552	0,0728	6	0,00091
					70,0746	54,2751	62	

$T_{Rayleigh\ ke-1} = 2,2805$

$T_{Rayleigh\ ke-2} = 2,2855$

, maka nilai $C = 0.33$

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 35. Displacement rata-rata point kolom portal as 4 pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					
	116	120	124	128	130	Rata - rata
15	0,1220	0,1220	0,1220	0,1220	0,1220	0,1220
14	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200
13	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167	0,1167
12	0,1121	0,1121	0,1121	0,1121	0,1121	0,1121
11	0,1062	0,1062	0,1062	0,1062	0,1062	0,1062
10	0,0991	0,0991	0,0991	0,0991	0,0991	0,0991
9	0,0913	0,0913	0,0913	0,0913	0,0913	0,0913
8	0,0827	0,0827	0,0827	0,0827	0,0827	0,0827
7	0,0732	0,0732	0,0732	0,0732	0,0732	0,0732
6	0,0631	0,0631	0,0631	0,0631	0,0631	0,0631
5	0,0523	0,0523	0,0523	0,0523	0,0523	0,0523
4	0,0416	0,0416	0,0416	0,0416	0,0416	0,0416
3	0,0307	0,0307	0,0307	0,0307	0,0307	0,0307
2	0,0198	0,0198	0,0198	0,0198	0,0198	0,0198
1	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 36. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 4 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	FI	WI	d1	d12	WI x d12	FI x d1	H kolom	Interstory drift
15	490,2621	3624,24	0,1220	0,0149	53,9771	59,8308	4	0,00051
14	570,7822	4510,48	0,1200	0,0144	64,9493	68,4930	4	0,00082
13	531,4179	4510,48	0,1167	0,0136	61,4644	62,0350	4	0,00115
12	492,0536	4510,48	0,1121	0,0126	56,7026	55,1699	4	0,00148
11	452,6893	4510,48	0,1062	0,0113	50,8801	48,0798	4	0,00177
10	428,1042	4671,76	0,0991	0,0098	45,8927	42,4308	4	0,00194
9	387,3324	4671,76	0,0913	0,0083	38,9782	35,3797	4	0,00216
8	346,5605	4671,76	0,0827	0,0068	31,9506	28,6601	4	0,00237
7	320,9742	4903,76	0,0732	0,0054	26,3011	23,5067	4	0,00255
6	278,1776	4903,76	0,0631	0,0040	19,4974	17,5406	4	0,00268
5	232,7238	4848,40	0,0523	0,0027	13,2829	12,1812	4	0,00268
4	190,4104	4848,40	0,0416	0,0017	8,3953	7,9234	4	0,00274
3	165,8134	5428,40	0,0307	0,0009	5,1062	5,0855	4	0,00272
2	118,4381	5428,40	0,0198	0,0004	2,1240	2,3428	4	0,00255
1	78,3016	5981,36	0,0096	0,0001	0,5485	0,7498	6	0,00160
					480,0502	469,4091	62	

$T_{swat} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ no-1} = 2,0341$

, maka nilai $C = 0.37$

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 37. Displacement rata-rata point kolom portal as 4 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					Rata - rata
	116	120	124	128	130	
15	0,0754	0,0754	0,0754	0,0754	0,0754	0,0754
14	0,0742	0,0742	0,0742	0,0742	0,0742	0,0742
13	0,0721	0,0721	0,0721	0,0721	0,0721	0,0721
12	0,0693	0,0693	0,0693	0,0693	0,0693	0,0693
11	0,0656	0,0656	0,0656	0,0656	0,0656	0,0656
10	0,0612	0,0612	0,0612	0,0612	0,0612	0,0612
9	0,0564	0,0564	0,0564	0,0564	0,0564	0,0564
8	0,0511	0,0511	0,0511	0,0511	0,0511	0,0511
7	0,0452	0,0452	0,0452	0,0452	0,0452	0,0452
6	0,0389	0,0389	0,0389	0,0389	0,0389	0,0389
5	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323	0,0323
4	0,0257	0,0257	0,0257	0,0257	0,0257	0,0257
3	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189
2	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122
1	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 38. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 4 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	Interstory drift
15	302,3283	3624,24	0,0754	0,0057	20,8193	22,8038	4	0,00032
14	351,9824	4510,48	0,0742	0,0055	24,8004	26,0999	4	0,00051
13	327,7077	4510,48	0,0721	0,0052	23,4612	23,6347	4	0,00072
12	303,4331	4510,48	0,0693	0,0048	21,6366	21,0158	4	0,00092
11	279,1584	4510,48	0,0656	0,0043	19,4091	18,3123	4	0,00110
10	263,9976	4671,76	0,0612	0,0037	17,5017	16,1585	4	0,00120
9	238,8550	4671,76	0,0564	0,0032	14,8608	13,4715	4	0,00134
8	213,7123	4671,76	0,0511	0,0026	12,1783	10,9114	4	0,00146
7	197,9341	4903,76	0,0452	0,0020	10,0225	8,9484	4	0,00157
6	171,5429	4903,76	0,0389	0,0015	7,4280	6,8764	4	0,00165
5	143,5130	4848,40	0,0323	0,0010	5,0594	4,8360	4	0,00168
4	117,4197	4848,40	0,0257	0,0007	3,1970	3,0152	4	0,00169
3	102,2518	5428,40	0,0189	0,0004	1,9440	1,9350	4	0,00168
2	73,0368	5428,40	0,0122	0,0001	0,8084	0,8913	4	0,00157
1	48,2880	5981,36	0,0059	0,0000	0,2087	0,2852	6	0,00098
					183,1354	178,7954	62	

$T_{Rayleigh\ ka-1} = 2,0341$

$T_{Rayleigh\ ka-2} = 2,0357$

, maka nilai $C = 0.37$

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 39. Displacement rata-rata point kolom portal as 5 pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					
	69	73	77	81	83	Rata - rata
15	0,1087	0,1087	0,1087	0,1087	0,1087	0,1087
14	0,1070	0,1070	0,1070	0,1070	0,1070	0,1070
13	0,1041	0,1041	0,1041	0,1041	0,1041	0,1041
12	0,1001	0,1001	0,1001	0,1001	0,1001	0,1001
11	0,0948	0,0948	0,0948	0,0948	0,0948	0,0948
10	0,0885	0,0885	0,0885	0,0885	0,0885	0,0885
9	0,0816	0,0816	0,0816	0,0816	0,0816	0,0816
8	0,0739	0,0739	0,0739	0,0739	0,0739	0,0739
7	0,0655	0,0655	0,0655	0,0655	0,0655	0,0655
6	0,0564	0,0564	0,0564	0,0564	0,0564	0,0564
5	0,0469	0,0469	0,0469	0,0469	0,0469	0,0469
4	0,0373	0,0373	0,0373	0,0373	0,0373	0,0373
3	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275
2	0,0177	0,0177	0,0177	0,0177	0,0177	0,0177
1	0,0086	0,0086	0,0086	0,0086	0,0086	0,0086
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 40. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 5 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	Fi	Wi	d1	d12	Wi x d12	Fi x d1	H kolom	interstory drift
15	441,3153	3257,40	0,1087	0,0118	38,5202	47,9907	4	0,00044
14	510,8411	4029,04	0,1070	0,0114	46,1137	54,6298	4	0,00071
13	475,4245	4029,04	0,1041	0,0108	43,6838	49,5040	4	0,00102
12	440,2079	4029,04	0,1001	0,0100	40,3384	44,0470	4	0,00131
11	404,9912	4029,04	0,0948	0,0090	36,2305	38,4045	4	0,00157
10	384,5785	4190,32	0,0885	0,0078	32,8443	34,0478	4	0,00173
9	347,9501	4190,32	0,0816	0,0067	27,9217	28,4030	4	0,00192
8	311,3238	4190,32	0,0739	0,0055	22,9083	23,0189	4	0,00211
7	287,9396	4392,32	0,0655	0,0043	18,8481	18,8620	4	0,00227
6	249,5477	4392,32	0,0564	0,0032	13,9843	14,0808	4	0,00239
5	209,9366	4366,96	0,0469	0,0022	9,5881	9,8371	4	0,00240
4	171,7863	4366,96	0,0373	0,0014	6,0650	6,4012	4	0,00245
3	149,0452	4871,96	0,0275	0,0008	3,6787	4,0956	4	0,00244
2	106,4609	4871,96	0,0177	0,0003	1,5314	1,8875	4	0,00229
1	71,1264	5424,92	0,0086	0,0001	0,4000	0,6107	6	0,00143
					342,6564	375,8207	62	

$$T_{awal} = 1,3257$$

$$T_{Rayleigh ka-1} = 1,9206$$

, maka nilai C = 0.39

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 41. Displacement rata-rata point kolom portal as 5 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					Rata - rata
	69	73	77	81	83	
15	0,0706	0,0706	0,0706	0,0706	0,0706	0,0706
14	0,0694	0,0694	0,0694	0,0694	0,0694	0,0694
13	0,0676	0,0676	0,0676	0,0676	0,0676	0,0676
12	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650
11	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616	0,0616
10	0,0575	0,0575	0,0575	0,0575	0,0575	0,0575
9	0,0530	0,0530	0,0530	0,0530	0,0530	0,0530
8	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480	0,0480
7	0,0426	0,0426	0,0426	0,0426	0,0426	0,0426
6	0,0367	0,0367	0,0367	0,0367	0,0367	0,0367
5	0,0304	0,0304	0,0304	0,0304	0,0304	0,0304
4	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242	0,0242
3	0,0179	0,0179	0,0179	0,0179	0,0179	0,0179
2	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115
1	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 42. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 5 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	286,8550	3257,40	0,0706	0,0050	16,2278	20,2468	4	0,00028
14	331,9167	4029,04	0,0694	0,0048	19,4311	23,0503	4	0,00046
13	309,0259	4029,04	0,0678	0,0046	18,4115	20,8900	4	0,00066
12	286,1351	4029,04	0,0650	0,0042	17,0055	18,5894	4	0,00065
11	263,2443	4029,04	0,0616	0,0038	15,2769	16,2097	4	0,00102
10	249,9747	4190,32	0,0575	0,0033	13,8517	14,3722	4	0,00112
9	226,1676	4190,32	0,0530	0,0028	11,7780	11,9907	4	0,00125
8	202,3605	4190,32	0,0480	0,0023	9,8652	9,7187	4	0,00137
7	187,1608	4392,32	0,0426	0,0018	7,9537	7,9644	4	0,00147
6	162,2060	4392,32	0,0367	0,0013	5,9023	5,9461	4	0,00155
5	136,4588	4366,96	0,0304	0,0009	4,0475	4,1544	4	0,00156
4	111,8481	4366,96	0,0242	0,0006	2,5607	2,7036	4	0,00159
3	96,8794	4871,96	0,0179	0,0003	1,5535	1,7299	4	0,00158
2	69,1996	4871,96	0,0115	0,0001	0,6468	0,7973	4	0,00149
1	46,2322	5424,92	0,0056	0,0000	0,1690	0,2580	6	0,00093
					144,4812	158,6216	62	

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 1,9206$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-2}} = 1,9197$$

, maka nilai C = 0.39

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 43. Displacement rata-rata point kolom portal as 6 pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					Rata - rata
	43	47	51	53	55	
15	0,0887	0,0887	0,0887	0,0887	0,0887	0,0887
14	0,0872	0,0872	0,0872	0,0872	0,0872	0,0872
13	0,0848	0,0848	0,0848	0,0848	0,0848	0,0848
12	0,0814	0,0814	0,0814	0,0814	0,0814	0,0814
11	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771
10	0,0719	0,0719	0,0719	0,0719	0,0719	0,0719
9	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663	0,0663
8	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600
7	0,0531	0,0531	0,0531	0,0531	0,0531	0,0531
6	0,0457	0,0457	0,0457	0,0457	0,0457	0,0457
5	0,0379	0,0379	0,0379	0,0379	0,0379	0,0379
4	0,0301	0,0301	0,0301	0,0301	0,0301	0,0301
3	0,0221	0,0221	0,0221	0,0221	0,0221	0,0221
2	0,0142	0,0142	0,0142	0,0142	0,0142	0,0142
1	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 44. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 6 pada gedung variasi 1
(analisis 2D - iterasi 1)**

TINGKAT	Fi	Wi	d1	d12	Wi x d12	Fi x d1	H kolom	Interstory drift
15	303,8691	2235,38	0,0887	0,0079	17,5804	26,9480	4	0,00038
14	342,5582	2693,78	0,0872	0,0076	20,4832	29,8567	4	0,00060
13	318,9335	2693,78	0,0848	0,0072	19,3522	27,0325	4	0,00084
12	295,3088	2693,78	0,0814	0,0068	17,8453	24,0358	4	0,00108
11	271,6841	2693,78	0,0771	0,0059	16,0089	20,9443	4	0,00129
10	261,0546	2834,88	0,0719	0,0052	14,6692	18,7788	4	0,00141
9	238,1923	2834,88	0,0663	0,0044	12,4522	15,6539	4	0,00157
8	211,3299	2834,88	0,0600	0,0036	10,1998	12,6782	4	0,00172
7	194,3607	2954,88	0,0531	0,0028	8,3294	10,3192	4	0,00185
6	188,4460	2954,88	0,0457	0,0021	6,1666	7,6951	4	0,00185
5	144,1982	2989,44	0,0379	0,0014	4,2910	5,4832	4	0,00195
4	117,9804	2989,44	0,0301	0,0009	2,7030	3,5478	4	0,00199
3	100,9712	3289,44	0,0221	0,0005	1,6076	2,2321	4	0,00198
2	72,1223	3289,44	0,0142	0,0002	0,8635	1,0243	4	0,00184
1	49,6384	3773,28	0,0068	0,0000	0,1761	0,3391	6	0,00114
					152,5085	206,5469	82	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ ke-1} = 1,7284$, maka nilai $C = 0.43$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 45. Displacement rata-rata point kolom portal as 6 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT					Rata - rata
	43	47	51	53	55	
15	0.0636	0.0636	0.0636	0.0636	0.0636	0.0636
14	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625
13	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607
12	0.0583	0.0583	0.0583	0.0583	0.0583	0.0583
11	0.0553	0.0553	0.0553	0.0553	0.0553	0.0553
10	0.0516	0.0516	0.0516	0.0516	0.0516	0.0516
9	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475
8	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430	0.0430
7	0.0381	0.0381	0.0381	0.0381	0.0381	0.0381
6	0.0327	0.0327	0.0327	0.0327	0.0327	0.0327
5	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272
4	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
3	0.0158	0.0158	0.0158	0.0158	0.0158	0.0158
2	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102
1	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabel T1. 46. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 6 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	217,7729	2235,36	0,0636	0,0040	9,0313	13,8422	4	0,00027
14	245,5000	2693,76	0,0625	0,0039	10,5118	15,3359	4	0,00043
13	228,5690	2693,76	0,0607	0,0037	9,9409	13,8852	4	0,00060
12	211,8379	2693,76	0,0583	0,0034	9,1668	12,3459	4	0,00077
11	194,7069	2693,76	0,0553	0,0031	8,2234	10,7579	4	0,00092
10	187,0891	2834,88	0,0518	0,0027	7,5351	9,6456	4	0,00101
9	169,2711	2834,88	0,0475	0,0023	6,3963	8,0405	4	0,00113
8	151,4531	2834,88	0,0430	0,0018	5,2393	6,5110	4	0,00123
7	139,2919	2954,88	0,0381	0,0014	4,2786	5,3004	4	0,00133
6	120,7198	2954,88	0,0327	0,0011	3,1676	3,9525	4	0,00140
5	103,3421	2989,44	0,0272	0,0007	2,2042	2,8061	4	0,00140
4	84,5526	2989,44	0,0216	0,0005	1,3885	1,8222	4	0,00143
3	72,3627	3289,44	0,0158	0,0003	0,8258	1,1465	4	0,00142
2	51,6876	3289,44	0,0102	0,0001	0,3408	0,5261	4	0,00132
1	35,5742	3773,28	0,0049	0,0000	0,0905	0,1742	6	0,00082
					78,3410	106,0922	62	

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 1,7284$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-2}} = 1,7286$$

, maka nilai C = 0,43

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 47. Displacement rata-rata point kolom portal as 7 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	29	31	35	Rata - rata
15	0,1062	0,1062	0,1062	0,1062
14	0,1041	0,1041	0,1041	0,1041
13	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010
12	0,0967	0,0967	0,0967	0,0967
11	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914
10	0,0852	0,0852	0,0852	0,0852
9	0,0783	0,0783	0,0783	0,0783
8	0,0707	0,0707	0,0707	0,0707
7	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625
6	0,0537	0,0537	0,0537	0,0537
5	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444
4	0,0352	0,0352	0,0352	0,0352
3	0,0258	0,0258	0,0258	0,0258
2	0,0165	0,0165	0,0165	0,0165
1	0,0079	0,0079	0,0079	0,0079
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 48. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 7 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	FI	WI	d1	d12	WI x d12	FI x d1	H kolom	interstory drift
15	198,1672	1461,12	0,1062	0,0113	16,4802	21,0460	4	0,00053
14	226,0944	1782,00	0,1041	0,0108	19,3097	23,5355	4	0,00078
13	210,5017	1782,00	0,1010	0,0102	18,1701	21,2560	4	0,00106
12	194,9090	1782,00	0,0967	0,0094	16,6794	18,8568	4	0,00133
11	179,3163	1782,00	0,0914	0,0084	14,9009	16,3973	4	0,00157
10	171,1325	1862,64	0,0852	0,0073	13,5078	14,5734	4	0,00171
9	154,8341	1862,64	0,0783	0,0061	11,4198	12,1236	4	0,00189
8	138,5358	1862,64	0,0707	0,0050	9,3167	9,7978	4	0,00206
7	127,7500	1946,64	0,0625	0,0039	7,5989	7,9817	4	0,00221
6	110,7167	1946,64	0,0537	0,0029	5,6045	5,9407	4	0,00231
5	93,8913	1950,96	0,0444	0,0020	3,8484	4,1700	4	0,00231
4	76,8201	1950,96	0,0352	0,0012	2,4133	2,7018	4	0,00234
3	66,1803	2160,96	0,0258	0,0007	1,4377	1,7070	4	0,00232
2	47,2717	2160,96	0,0165	0,0003	0,5902	0,7812	4	0,00215
1	31,9918	2437,44	0,0079	0,0001	0,1531	0,2536	6	0,00132
					141,4308	161,1225	62	

$T_{swai} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ ke-1} = 1,8845$, maka nilai $C = 0,39$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 49. Displacement rata-rata point kolom portal as 8 pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	15	17	21	Rata - rata
15	0,1062	0,1062	0,1062	0,1062
14	0,1041	0,1041	0,1041	0,1041
13	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010
12	0,0967	0,0967	0,0967	0,0967
11	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914
10	0,0852	0,0852	0,0852	0,0852
9	0,0783	0,0783	0,0783	0,0783
8	0,0707	0,0707	0,0707	0,0707
7	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625
6	0,0537	0,0537	0,0537	0,0537
5	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444
4	0,0352	0,0352	0,0352	0,0352
3	0,0258	0,0258	0,0258	0,0258
2	0,0165	0,0165	0,0165	0,0165
1	0,0079	0,0079	0,0079	0,0079
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 50. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 8 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	Fi	Wi	d1	d12	Wi x d12	Fi x d1	H kolom	interstory drift
15	198,1872	1461,12	0,1062	0,0113	16,4802	21,0460	4	0,00053
14	226,0944	1782,00	0,1041	0,0108	19,3097	23,5355	4	0,00078
13	210,5017	1782,00	0,1010	0,0102	18,1701	21,2560	4	0,00106
12	194,9090	1782,00	0,0967	0,0094	16,6794	18,8568	4	0,00133
11	179,3163	1782,00	0,0914	0,0084	14,9009	16,3973	4	0,00157
10	171,1325	1862,64	0,0852	0,0073	13,5078	14,5734	4	0,00171
9	154,8341	1862,64	0,0783	0,0061	11,4198	12,1236	4	0,00189
8	138,8368	1862,64	0,0707	0,0050	9,3167	9,7678	4	0,00208
7	127,7500	1946,64	0,0625	0,0039	7,5989	7,9817	4	0,00221
6	110,7167	1946,64	0,0537	0,0029	5,6045	5,9407	4	0,00231
5	93,8913	1950,96	0,0444	0,0020	3,8484	4,1700	4	0,00231
4	76,8201	1950,96	0,0352	0,0012	2,4133	2,7018	4	0,00234
3	66,1803	2160,96	0,0258	0,0007	1,4377	1,7070	4	0,00232
2	47,2717	2160,96	0,0165	0,0003	0,5902	0,7812	4	0,00215
1	31,9918	2437,44	0,0079	0,0001	0,1531	0,2536	6	0,00132
					141,4308	161,1225	62	

$T_{swai} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ ka-1} = 1,8845$, maka nilai $C = 0.39$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 51. Displacement rata-rata point kolom portal as 8 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	15	17	21	Rata - rata
15	0,0690	0,0690	0,0690	0,0690
14	0,0677	0,0677	0,0677	0,0677
13	0,0656	0,0656	0,0656	0,0656
12	0,0629	0,0629	0,0629	0,0629
11	0,0594	0,0594	0,0594	0,0594
10	0,0554	0,0554	0,0554	0,0554
9	0,0509	0,0509	0,0509	0,0509
8	0,0460	0,0460	0,0460	0,0460
7	0,0406	0,0406	0,0406	0,0406
6	0,0349	0,0349	0,0349	0,0349
5	0,0289	0,0289	0,0289	0,0289
4	0,0229	0,0229	0,0229	0,0229
3	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168
2	0,0107	0,0107	0,0107	0,0107
1	0,0052	0,0052	0,0052	0,0052
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 52. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 8 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	Fi	Wi	di	di ²	Wi x di ²	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	128,8087	1461,12	0,0690	0,0048	6,9629	8,8919	4	0,00034
14	146,9614	1782,00	0,0677	0,0046	8,1583	9,9437	4	0,00051
13	136,8261	1782,00	0,0656	0,0043	7,6769	8,9806	4	0,00069
12	126,6908	1782,00	0,0629	0,0040	7,0471	7,9670	4	0,00086
11	116,5556	1782,00	0,0594	0,0035	6,2956	6,9279	4	0,00102
10	111,2361	1662,64	0,0554	0,0031	5,7071	6,1573	4	0,00111
9	100,6422	1862,64	0,0509	0,0026	4,8249	5,1222	4	0,00123
8	90,0483	1862,64	0,0460	0,0021	3,9363	4,1396	4	0,00134
7	83,0375	1946,64	0,0406	0,0018	3,2105	3,3723	4	0,00143
6	71,9659	1946,64	0,0349	0,0012	2,3679	2,5100	4	0,00150
5	61,0293	1950,96	0,0289	0,0008	1,6259	1,7618	4	0,00150
4	49,9331	1950,96	0,0229	0,0005	1,0196	1,1415	4	0,00152
3	43,0172	2160,96	0,0168	0,0003	0,6074	0,7212	4	0,00151
2	30,7266	2160,96	0,0107	0,0001	0,2493	0,3301	4	0,00140
1	20,7947	2437,44	0,0052	0,0000	0,0647	0,1071	6	0,00086
					59,7545	68,0742	62	

$T_{Rayleigh\ ka-1} = 1,8845$

$T_{Rayleigh\ ka-2} = 1,8845$

, maka nilai $C = 0.39$

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 53. Displacement rata-rata point kolom portal as 9 pada iterasi 1
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	1	3	7	Rata - rata
15	0,0739	0,0739	0,0739	0,0739
14	0,0724	0,0724	0,0724	0,0724
13	0,0702	0,0702	0,0702	0,0702
12	0,0673	0,0673	0,0673	0,0673
11	0,0636	0,0636	0,0636	0,0636
10	0,0592	0,0592	0,0592	0,0592
9	0,0544	0,0544	0,0544	0,0544
8	0,0492	0,0492	0,0492	0,0492
7	0,0435	0,0435	0,0435	0,0435
6	0,0373	0,0373	0,0373	0,0373
5	0,0309	0,0309	0,0309	0,0309
4	0,0245	0,0245	0,0245	0,0245
3	0,0180	0,0180	0,0180	0,0180
2	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115
1	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabel T1. 54. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 9 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 1)**

TINGKAT	Fi	Wi	d1	d12	Wi x d12	Fi x d1	H kolom	Interstory drift
15	143,7734	1055,88	0,0739	0,0055	5,7647	10,6233	4	0,00037
14	154,9345	1216,32	0,0724	0,0052	6,3758	11,2174	4	0,00055
13	144,2494	1216,32	0,0702	0,0049	5,9964	10,1283	4	0,00074
12	133,5643	1216,32	0,0673	0,0045	5,5029	8,9839	4	0,00092
11	122,8791	1216,32	0,0636	0,0040	4,9161	7,8120	4	0,00109
10	119,6322	1296,96	0,0592	0,0035	4,5471	7,0836	4	0,00119
9	108,2387	1296,96	0,0544	0,0030	3,8451	5,8935	4	0,00132
8	96,8452	1296,96	0,0492	0,0024	3,1377	4,7634	4	0,00143
7	88,2188	1338,96	0,0435	0,0019	2,5286	3,8337	4	0,00153
6	78,4563	1338,96	0,0373	0,0014	1,8656	2,8539	4	0,00161
5	66,9318	1385,28	0,0309	0,0010	1,3230	2,0664	4	0,00161
4	54,7624	1385,28	0,0245	0,0006	0,8299	1,3404	4	0,00163
3	45,8214	1490,28	0,0180	0,0003	0,4803	0,8226	4	0,00161
2	32,7296	1490,28	0,0115	0,0001	0,1972	0,3735	4	0,00150
1	23,2810	1766,76	0,0055	0,0000	0,0538	0,1285	6	0,00092
					47,3641	77,9292	62	

$T_{awal} = 1,3257$
 $T_{Rayleigh\ 10-1} = 1,5681$, maka nilai $C = 0,47$
 (didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

**Tabel T1. 55. Displacement rata-rata point kolom portal as 9 pada iterasi 2
(gedung variasi 1 dgn analisis 2D)**

TINGKAT	POINT			
	1	3	7	Rata - rata
15	0.0579	0.0579	0.0579	0.0579
14	0.0567	0.0567	0.0567	0.0567
13	0.0550	0.0550	0.0550	0.0550
12	0.0527	0.0527	0.0527	0.0527
11	0.0498	0.0498	0.0498	0.0498
10	0.0464	0.0464	0.0464	0.0464
9	0.0427	0.0427	0.0427	0.0427
8	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385
7	0.0340	0.0340	0.0340	0.0340
6	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292
5	0.0242	0.0242	0.0242	0.0242
4	0.0192	0.0192	0.0192	0.0192
3	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141
2	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
1	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**Tabel T1. 56. Kontrol periode getar T-Rayleigh portal 9 pada gedung variasi 1
(analisis 2D – iterasi 2)**

TINGKAT	FI	WI	di	di ²	WI x di ²	FI x di	H kolom	interstory drift
15	112,8225	1055,88	0,0579	0,0034	3,5373	6,5186	4	0,00029
14	121,3654	1216,32	0,0567	0,0032	3,9123	6,8831	4	0,00043
13	112,9954	1216,32	0,0550	0,0030	3,6795	6,2148	4	0,00058
12	104,8253	1216,32	0,0527	0,0028	3,3767	5,5126	4	0,00072
11	96,2553	1216,32	0,0498	0,0025	3,0165	4,7935	4	0,00085
10	93,7119	1296,96	0,0464	0,0022	2,7901	4,3465	4	0,00093
9	84,7870	1296,96	0,0427	0,0018	2,3594	3,6183	4	0,00103
8	75,8620	1296,96	0,0385	0,0015	1,9253	2,9229	4	0,00112
7	69,1047	1338,96	0,0340	0,0012	1,5516	2,3524	4	0,00120
6	59,8908	1338,96	0,0292	0,0009	1,1448	1,7512	4	0,00126
5	52,4299	1385,28	0,0242	0,0008	0,8118	1,2692	4	0,00126
4	42,8972	1385,28	0,0192	0,0004	0,5092	0,8225	4	0,00128
3	35,8934	1490,28	0,0141	0,0002	0,2947	0,5047	4	0,00126
2	25,6382	1490,28	0,0090	0,0001	0,1210	0,2310	4	0,00117
1	18,2368	1786,76	0,0043	0,0000	0,0330	0,0788	6	0,00072
					29,0631	47,8182	62	

$$T_{\text{Rayleigh ko-1}} = 1,5681$$

$$T_{\text{Rayleigh ko-2}} = 1,5681$$

, maka nilai C = 0.47

(didapat dari tabel Respons Spektrum Gempa Rencana)

Tabel T2. 1. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 1 (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	BATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A _{PLAT}	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72			
			W _{PLAT}	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	207.36	kN		
	BALOK	B1	D _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
			H _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
			L _{BALOK}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m	
		B2	D _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
			H _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
			L _{BALOK}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	m	
		B3	D _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
			H _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
			L _{BALOK}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m	
		BA1	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
			L _{BALOK}	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m	
		BA2	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
			L _{BALOK}	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	m	
		KOLOM	K1	D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
				H _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
				T _{KOLOM}	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
			W _{KOLOM}	W _{KOLOM}	822.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	288	kN
				W _D	1241.76	1034.4	1034.4	1034.4	1034.4	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	868.16	kN
				W _{TOTAL}	1366.76	1178.4	1178.4	1088.4	1088.4	1058.16	1058.16	1022.16	1022.16	1022.16	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	kN
			Wt																			15773.04	kN
Periode Getar Gempa (T)			H _{Gezang}																		62	m	
			T																		1.325899271	Detik	
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			C																		0.6		
	I																			1			
	R																			8.5			
Wt																			15773.04	kN			
V																			1113.391059	kN			
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _i)	Joint		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
	H		6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
	W		1385.76	1178.4	1178.4	1088.4	1088.4	1058.16	1058.16	1022.16	1022.16	1022.16	961.68	961.68	961.68	961.68	824.16						
	H x W		8314.56	11784	16497.6	19591.2	23944.8	27512.16	31744.8	34753.44	38842.08	42930.72	44237.28	48084	51930.72	55777.44	51097.92						
	(H x W) _{TOTAL}																			507042.72	kN		
	F		18.268	25.876	36.226	43.019	52.679	60.413	69.707	76.313	85.291	94.27	97.139	105.69	114.03	122.48	112.2						

Tabel T2. 2. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 2 (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN															
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²														
			A PLAT	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	m													
			W PLAT	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	414.72	kN												
	BALOK	B1	b BALOK	b BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m												
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m										
				L BALOK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m									
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-									
			B2	b BALOK	b BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m									
					h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m								
					L BALOK	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m								
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-								
			B3	b BALOK	b BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m									
					h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m								
					L BALOK	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m								
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-								
		BA1	b BA	b BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m										
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m									
				L BALOK	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m									
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-									
		BA2	b BA	b BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m										
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m									
				L BALOK	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	m									
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-									
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	m										
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	m									
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m								
					n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-								
			W _D	W KOLOM	W KOLOM	622.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	kN									
W _D					1697.4	1490.04	1490.04	1490.04	1490.04	1423.8	1423.8	1423.8	1423.8	1423.8	1423.8	1423.8	1363.32	1363.32	1363.32	1363.32	1363.32	1363.32	1153.08	kN										
W TOTAL					1985.4	1778.04	1778.04	1598.04	1598.04	1803.8	1803.8	1803.8	1803.8	1803.8	1803.8	1803.8	1531.8	1531.8	1471.32	1471.32	1471.32	1471.32	1471.32	1198.28	kN									
Wt					23622.12																kN													
Periode Getar Gempa (T)	H Gedung		H Gedung	62																m														
			T	1.325699271																Detik														
			C	0.6																														
			I	1																														
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	R	R	8.5																															
		Wt	23622.12																kN															
		V	1667.443765																kN															
		V	1667.443765																kN															
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)	Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																		
																	H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	m	
																	W	1985.4	1778.04	1778.04	1598.04	1598.04	1803.8	1803.8	1803.8	1803.8	1531.8	1531.8	1471.32	1471.32	1471.32	1471.32	1198.28	kNm
																	H x W	11912.4	17780.4	24892.56	28764.72	35156.88	41898.8	48114	52081.2	58208.4	64335.6	67680.72	73566	79451.28	85336.56	74169.36	kNm	
																	(H x W) TOTAL	763148.88																kN
																	F	26.028	38.849	54.389	62.85	76.818	91.11	105.13	113.79	127.18	140.57	147.88	160.74	173.8	186.46	162.06	kN	

Tabel T2. 3. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 2A (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEDAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A _{PLAT}	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	m			
			W _{PLAT}	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	184.32	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
					h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L BALOK	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
			B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
					h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L BALOK	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
T KOLOM					6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
n					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-
W _{KOLOM}				822.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	kN	
W _D	1168.52		961.16	961.16	961.16	961.16	894.92	894.92	894.92	894.92	894.92	894.92	894.92	834.44	834.44	834.44	834.44	834.44	741	kN				
BEDAN HIDUP (W _C)	PLAT		P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
				A _{PLAT}	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	m	
				Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
				W _L	128	128	128	48	48	80	80	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	19.2	kN
W _{TOTAL}	1296.52	1089.16	1089.16	1009.16	1009.16	974.92	974.92	942.92	942.92	942.92	942.92	882.44	882.44	882.44	882.44	882.44	882.44	760.2	kN					
Wt			14561.72																kN					
Periode Getar Gempa (T)			H Gedung																62	m				
			T																1.325699271	Detik				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			C																0.6					
			I																1					
			R																8.5					
			Wt																14561.72	kN				
			V																1027.886118	kN				
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _i)			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
			H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
			W	1296.52	1089.16	1089.16	1009.16	1009.16	974.92	974.92	942.92	942.92	942.92	882.44	882.44	882.44	882.44	882.44	760.2		kNm			
			H x W	7779.12	10891.6	15248.24	18164.88	22201.52	25347.92	29247.6	32059.28	35830.96	39602.64	40592.24	44122	47851.76	51181.52	47132.4			kNm			
			(H x W) TOTAL	487053.68																kN				
			F	17.12	23.97	33.558	39.977	48.861	55.785	64.368	70.556	78.856	87.157	89.335	97.103	104.87	112.64	103.73			kN			

Tabel T2. 4. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 3 (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A _{PLAT}	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	m		
			W _{PLAT}	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	646.12	kN	
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				H BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
					H BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L BALOK	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
			B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
					H BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L BALOK	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		W BALOK	D BALOK	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	kN	
			H BALOK	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	kN	
L BALOK			771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	771	kN		
n			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
KOLOM		K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m		
	H KOLOM			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m		
	L KOLOM			6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m		
	n			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-		
	W KOLOM		1036.6	691.2	691.2	691.2	691.2	580.8	580.8	580.8	580.8	580.8	480	480	480	480	480	480	480	480	kN		
W _D	2779.96	2434.36	2434.36	2434.36	2434.36	2323.96	2323.96	2323.96	2323.96	2323.96	2223.16	2223.16	2223.16	2223.16	2223.16	2223.16	2223.16	1698.12	kN				
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
			A _{PLAT}	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	m		
			Koef. Reduksi	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
			W _L	448	448	448	168	168	280	280	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	67.2	kN
W _{TOTAL}	3227.96	2882.36	2882.36	2602.36	2602.36	2603.96	2603.96	2491.96	2491.96	2491.96	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	1963.32	kN				
Wt		38409.16																	kN				
Periode Getar Gempa (T)		H Gedung	62																	m			
		T	1.325699271																	Detik			
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		C	0.6																				
		I	1																				
		R	8.5																				
		Wt	38409.16																	kN			
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _i)		V	2711.234824																	kN			
		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
		W	3227.96	2882.36	2882.36	2602.36	2602.36	2603.96	2603.96	2491.96	2491.96	2491.96	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	1963.32					
		H x W	19367.76	28823.6	40353.04	46842.48	57251.92	67702.96	78118.8	84728.64	94894.43	104662.3	109993.4	119558	129122.6	138687.3	121725.8						
		(-I x W) TOTAL	1241831.12																	kN			
		F	42.292	62.939	88.115	102.29	126.02	147.84	170.58	185.01	206.78	228.54	240.18	261.07	281.95	302.84	265.8						

Tabel T2. 5. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 3A (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
DEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A PLAT	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	m			
			W PLAT	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	368.64	kN			
	BALOK	B1	D BALOK	d BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m	
			n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
				D BALOK	d BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
					h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
			L BALOK		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m
			n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	d BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
		h BALOK			0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
		L BALOK	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m	
		n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			D BA	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		L BALOK		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
		n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			D BA	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		L BALOK		32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m	
		n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			W BALOK	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	408.84	kN	
			KOLOM	K1	d KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m
		h KOLOM			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	m
		T KOLOM			6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
n		3			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	
W KOLOM		622.08			414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	kN
W _D		1586.44	1379.08	1379.08	1379.08	1379.08	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1252.36	1252.36	1252.36	1252.36	1252.36	1065.46	kN			
DEBAN HIDUP (W ₁)	PLAT	P1	q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
			A PLAT	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	m		
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
			W _L	256	256	256	96	96	160	160	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	38.4	kN	
W TOTAL	1842.44	1635.08	1635.08	1475.08	1475.08	1472.84	1472.84	1408.84	1408.84	1408.84	1408.84	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1103.88	1103.88	kN				
Wt			21732.28																kN					
Periode Gelar Gempa (T)			H Gedung	62																m				
			T	1.325899271																Detik				
			C	0.8																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			I	1																				
			R	8.5																				
			Wt	21732.28																kN				
			V	1534.043294																kN				
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _i)			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
			H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
			W	1842.44	1635.08	1635.08	1475.08	1475.08	1472.84	1472.84	1408.84	1408.84	1408.84	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1103.88					
			H x W	11054.64	16350.8	22891.12	26551.44	32451.76	38293.84	44185.2	47900.56	53535.92	59171.28	62024.56	67418	72811.44	78204.88	84440.56						
			(H x W) TOTAL	701286																kN				
			F	24.182	35.767	50.074	58.081	70.987	83.767	96.654	104.78	117.11	129.44	135.68	147.47	159.27	171.07	149.71						

Tabel T2. 6. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 4 (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A PLAT	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	m	
			W PLAT	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	1336.32	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m
			h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
			L BALOK	L BALOK	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m
				h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
		h BALOK	h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
			L BALOK	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m	
			h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
			L BALOK	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	m	
		BA2	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
		L BALOK	L BALOK	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	m	
			h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			W BALOK	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	kN	
		KOLOM	K1	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
				h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
				T KOLOM	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
h				8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-	
W KOLOM				1658.86	1105.92	1105.92	1105.92	1105.92	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	768	768	768	768	768	768	kN
W _D		5053.36	4500.4	4500.4	4500.4	4500.4	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4162.48	4162.48	4162.48	4162.48	4162.48	3485.04	kN		
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
			A PLAT	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	m		
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
			W _L	928	928	928	348	348	580	580	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348	139.2	kN
W TOTAL	5991.36	5428.4	5428.4	4848.4	4848.4	4903.76	4903.76	4671.76	4671.76	4671.76	4671.76	4510.48	4510.48	4510.48	4510.48	4510.48	4510.48	3624.24	kN				
Wt			72023.92																kN				
Periode Getar Gempa (T)			62																m				
			1.325899271																Detik				
			0.6																				
			1																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			8.5																				
Wt			72023.92																kN				
V			5084.041412																kN				
Joint			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
H			8	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
W			5991.36	5428.4	5428.4	4848.4	4848.4	4903.76	4903.76	4671.76	4671.76	4671.76	4510.48	4510.48	4510.48	4510.48	3624.24						
H x W			35888.16	54284	75997.6	37271.2	106664.8	127497.8	147112.8	158839.8	177528.9	196213.9	207482.1	225524	243565.9	261907.8	224702.9						
(H x W) TOTAL			2330179.68																kN				
F			78.302	118.44	165.81	190.41	232.72	278.18	320.97	346.56	367.33	428.1	452.69	492.05	531.42	570.78	490.26						

Tabel T2. 7. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 5 (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A PLAT	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	m		
			W PLAT	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1753.36	1163.52	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				H BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	m	
			n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
				D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				H BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
			L BALOK	L BALOK	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
				D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
		H BALOK	H BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m		
			L BALOK	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m		
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
		BA1	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
			H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
			L BALOK	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	m		
		BA2	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
			H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
			L BALOK	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	m		
		W BALOK	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
			W BALOK	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	1204.68	kN		
			W _D	4616.92	4063.96	4063.96	4063.96	4063.96	3887.32	3887.32	3887.32	3887.32	3887.32	3726.04	3726.04	3726.04	3726.04	3726.04	3726.04	3136.2	kN		
		BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
					A PLAT	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	404	m
					Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
W _L					808	808	808	303	303	505	505	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303	121.2	kN
Wt			K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
					H KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
	T KOLOM				8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
	W KOLOM			n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-	
				W KOLOM	1656.88	1105.92	1105.92	1105.92	1105.92	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	768	768	768	768	768	kN	
				W _D	4616.92	4063.96	4063.96	4063.96	4063.96	3887.32	3887.32	3887.32	3887.32	3887.32	3726.04	3726.04	3726.04	3726.04	3726.04	3726.04	3136.2	kN	
Gaya Gaser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	Wt	v	Wt	64631.92															kN				
			v	4582.253176															kN				
			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
			F	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62				m	
			W	5424.92	4871.96	4871.96	4366.96	4366.96	4392.32	4392.32	4190.32	4190.32	4190.32	4029.04	4029.04	4029.04	4029.04	4029.04	3257.4			kNm	
			F x W	32549.52	48719.61	68207.44	78805.28	96073.12	114200.3	131789.6	142470.9	159232.2	175993.4	185335.8	201452	217568.2	233684.3	201958.8				kNm	
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)	Wt	v	(H x W) TOTAL	2087820.48															kN				
			F	71.126	106.46	149.05	171.77	209.94	249.55	287.94	311.32	347.95	384.58	404.99	440.21	475.42	510.64	441.32			kN		

Tabel T2. 8. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 6 (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN						
BEDAN MATI (W _G)	PLAT	P1	q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A PLAT	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	m			
			W PLAT	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	1041.6	891.2	kN			
	BALOK	B1	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m				
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L BALOK	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	m		
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
			B2	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
					h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L BALOK	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B3	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
					h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L BALOK	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m	
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		KOLOM	K1	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m		
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
					n	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	-
W KOLOM				1451.52	967.68	967.68	967.68	967.68	813.12	813.12	813.12	813.12	813.12	813.12	672	672	672	672	672	672	672	672	kN		
W _D			3293.28	2809.44	2809.44	2809.44	2809.44	2854.88	2854.88	2854.88	2854.88	2854.88	2854.88	2613.76	2613.76	2613.76	2613.76	2613.76	2613.76	2613.76	2163.36	kN			
BEDAN HIDUP (W _L)			PLAT	P1	q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
	A PLAT				240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	m	
	Koef. Reduksi				0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
	W _L				480	480	480	180	180	300	300	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	72	kN
	W TOTAL	3773.28			3289.44	3289.44	2989.44	2989.44	2954.88	2954.88	2834.88	2834.88	2834.88	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2235.36	kN		
Wt			43755.84																kN						
Periode Getar Gempa (T)	H Gedung	62																m							
	T	1.325699271																Detik							
	C	0.6																							
Gaya Gaser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	I	1																							
	R	8.5																							
	Wt	43755.84																kN							
	V	3088.647529																kN							
	Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _i)	Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15								
H		6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						m			
W		3773.28	3289.44	3289.44	2989.44	2989.44	2954.88	2954.88	2834.88	2834.88	2834.88	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2235.36					kNm			
H x W		22639.68	32894.4	48052.16	53809.92	65767.68	78826.88	88846.4	96365.92	107725.4	119065	123913	134688	145463	156238.1	138592.3						kNm			
(H x W) TOTAL		1408707.84																kN							
F		49.638	72.122	100.97	117.98	144.2	168.45	194.36	211.33	236.19	261.05	271.68	295.31	318.93	342.56	303.87							kN		

Tabel T2. 9. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 7 & 8 (Iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A _{PLAT}	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	m		
			W _{PLAT}	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	483.84	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	d BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m	
			n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
				D BALOK	d BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
					h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
			L BALOK		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m
			n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	d BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
		h BALOK			0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
		L BALOK	20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	m	
		n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			D BALOK	d BALOK	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
				h BALOK	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
		L BALOK		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	m	
		n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			D BALOK	d BALOK	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
				h BALOK	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
		L BALOK		56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	m	
		n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
W _{BALOK}			542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	kN		
W _D			2101.44	1824.96	1824.96	1824.96	1824.96	1824.96	1736.64	1736.64	1736.64	1736.64	1736.64	1736.64	1656	1656	1656	1656	1410.72	kN			
BEBAN HIDUP (W _L)		PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
	A _{PLAT}			168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	m		
	Koef. Reduksi			0.8	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
	W _L			336	336	336	126	126	210	210	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	50.4	kN	
	W _{TOTAL}			2437.44	2160.96	2160.96	1950.96	1950.96	1946.64	1946.64	1862.64	1862.64	1862.64	1862.64	1782	1782	1782	1782	1782	1461.12	kN		
	W _T			28731.6																		kN	
	Periode Getar Cempa (T)			H _{Gedung}	62																		m
				T	1.325699271																		Detik
				C	0.6																		
	Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			I	1																		
R		8.5																					
W _T		28731.6																		kN			
V		2028.112941																		kN			
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
	H	6	10	14	8	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62							
	W	2437.44	2160.96	2160.96	1950.96	1950.96	1946.64	1946.64	1862.64	1862.64	1862.64	1862.64	1782	1782	1782	1782	1461.12						
	H x W	14624.64	21609.6	30253.44	35117.28	42921.12	50612.64	58399.2	63329.76	70780.32	78230.88	81972	89100	96228	103356	90589.44							
	(H x W) TOTAL	927124.32																		kN			
	F	31.992	47.272	66.18	76.82	93.891	110.72	127.75	138.54	154.83	171.13	179.32	194.91	210.5	226.09	198.17							
																				kN			

Tabel T2. 10. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 9 (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A PLAT	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	m		
			W PLAT	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	241.92	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	d	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				h	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m
			n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
				h	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
			L BALOK	L	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
		h BALOK	h	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
			L BALOK	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
			L BALOK	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	m	
		BA2	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
		W BALOK	L BALOK	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			W BALOK	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	404.76	kN	
		KOLOM	K1	d KOLOM	d	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					h	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m
					T	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
W KOLOM				n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-
				W KOLOM	829.44	652.96	552.96	552.96	552.96	464.64	464.64	464.64	464.64	464.64	464.64	384	384	384	384	384	384	384	384	kN
W _D		1598.76	1322.28	1322.28	1322.28	1322.28	1233.96	1233.96	1233.96	1233.96	1233.96	1233.96	1153.32	1153.32	1153.32	1153.32	1153.32	1153.32	1030.68	1030.68	1030.68	kN		
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
			A PLAT	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	m	
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
			W _L	168	168	168	63	63	105	105	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	25.2	kN
W TOTAL	1766.76	1490.28	1490.28	1385.28	1385.28	1338.96	1338.96	1296.96	1296.96	1296.96	1296.96	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1055.88	1055.88	1055.88	kN			
Wt			20007.84																	kN				
Periode Getar Gempa (T)			H _{Gedung}	62															m					
			T	1.325699271															Detik					
			C	0.6																				
			I	1																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			R	8.5																				
			Wt	20007.84															kN					
			V	1412.318118															kN					
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _i)			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
			H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	62	62	62	m		
			W	1766.76	1490.28	1490.28	1385.28	1385.28	1338.96	1338.96	1296.96	1296.96	1296.96	1296.96	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1055.88	1055.88	1055.88	kNm	
			H x W	10600.56	14902.8	20663.92	24935.04	30476.16	34812.96	40168.8	44096.64	49284.48	54472.32	55950.72	60816	65681.28	70546.56	75464.56	80464.56	85464.56	85464.56	85464.56	85464.56	kNm
			(H x W) TOTAL	643072.8																	kN			
			F	23.281	32.73	45.821	54.762	66.932	76.456	86.219	96.845	108.24	119.63	122.88	133.56	144.25	154.93	143.77	143.77	143.77	143.77	kN		

Tabel T2. 11. Hitungan Gaya Horizontal Portal as A (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A _{PLAT}	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	m		
			W _{PLAT}	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	258.2	kN		
	BALOK	B1	D _{BALOK}	D _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				H _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L _{BALOK}	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B2	D _{BALOK}	D _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				H _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
				L _{BALOK}	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B3	D _{BALOK}	D _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
				H _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
				L _{BALOK}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m
				n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		BA1	D _{BA}	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L _{BALOK}	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA2	D _{BA}	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L _{BALOK}	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
KOLOM		K1	D _{KOLOM}	D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m		
				H _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m	
				T _{KOLOM}	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
	n			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	
	W _{KOLOM}		W _{KOLOM}	1036.8	691.2	691.2	691.2	691.2	580.8	580.8	580.8	580.8	580.8	480	480	480	480	480	480	480	480	480	kN	
			W _D	1783.44	1437.84	1437.84	1437.84	1437.84	1327.44	1327.44	1327.44	1327.44	1327.44	1226.64	1226.64	1226.64	1226.64	1226.64	1226.64	1095.24	1095.24	1095.24	kN	
	W _t		W _t	21573.3																	kN			
			W _D	1522.821176																	kN			
	Periode Getar Gempa (T)		H _{Desain}	T	62																	m		
				C	1.325699271																	Detik		
I		0.6																						
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	R	R	1																					
		R	8.5																					
		V _R	21573.3																	kN				
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)	V	Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62					m		
		V _j	1983.44	1817.84	1817.84	1505.34	1505.34	1439.94	1439.94	1394.94	1394.94	1394.94	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1122.24					kNm	
		H x W	11780.64	18178.4	22649.73	27098.12	33117.48	37438.44	43198.2	47427.96	53007.72	58587.48	59530.44	64707	69883.58	75080.12	89578.88						kNm	
		(H x W) TOTAL	689242.2																	kN				
		F	26.028	35.745	50.043	59.867	73.17	82.717	95.443	104.79	117.12	129.44	131.53	142.96	154.4	166.84	163.73							kN

Tabel T2. 12. Hitungan Gaya Horizontal Portal as B (Iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A PLAT	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	m		
			W PLAT	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	1432.2	950.4	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	m	
			h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
				D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
			L BALOK	L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m
				h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
		h BALOK	h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
			L BALOK	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m	
			h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L BALOK	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	m
		h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
		L BALOK	L BALOK	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	m
			h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			W BALOK	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	1021.2	kN	
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m
					T KOLOM	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
h				8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-	
W KOLOM				1658.88	1105.92	1105.92	1105.92	1105.92	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	768	768	768	768	768	768	kN	
W _D		4112.28	3559.32	3559.32	3559.32	3559.32	3382.68	3382.68	3382.68	3382.68	3382.68	3382.68	3382.68	3382.68	3221.4	3221.4	3221.4	3221.4	3221.4	3221.4	2739.6	kN		
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
			A PLAT	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	m	
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
			W _L	680	680	680	247.5	247.5	412.5	412.5	247.5	247.5	247.5	247.5	247.5	247.5	247.5	247.5	247.5	247.5	247.5	99	kN	
W TOTAL	4772.28	4219.32	4219.32	3806.82	3806.82	3795.18	3795.18	3630.18	3630.18	3630.18	3630.18	3630.18	3468.9	3468.9	3468.9	3468.9	3468.9	2838.6	kN					
Wt			56019.66																kN					
Periode Getar Gempa (T)			62																m					
			1.325899271																Detik					
			0.6																					
			1																					
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			8.5																					
Wt			56019.66																kN					
V			3954.328841																kN					
Joint			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
H			8	10	14	18	22	28	30	34	38	42	46	50	54	58	62							
W			4772.28	4219.32	4219.32	3806.82	3806.82	3795.18	3795.18	3630.18	3630.18	3630.18	3630.18	3468.9	3468.9	3468.9	3468.9	2838.6						
H x W			28833.68	42193.2	59070.48	68522.76	83750.04	98874.68	113855.4	123426.1	137946.8	152467.6	169569.4	173445	187320.6	201196.2	175993.2							
(H x W) TOTAL			1806065.16																kN					
F			62.693	92.381	129.33	150.03	183.37	216.05	249.28	270.24	302.03	333.82	349.37	379.75	410.13	440.51	385.33							

Tabel T2. 13. Hitungan Gaya Horizontal Portal as C (Iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q ₀	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A PLAT	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	m			
			W PLAT	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1059.84	kN			
	BALOK	B1	B BALOK	b BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
				L BALOK	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B3	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
				h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
				L BALOK	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
			L BALOK	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	m		
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
		BA2	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
			L BALOK	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m		
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
		W BALOK			1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	1167.72	kN		
		KOLOM	K1	D KOLOM	b KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m		
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
n					8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-	
W KOLOM				1658.88	1105.92	1105.92	1105.92	1105.92	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	768	768	768	768	768	768	kN			
W _D			4423.72	3870.76	3870.76	3870.76	3870.76	3694.12	3694.12	3694.12	3694.12	3694.12	3532.84	3532.84	3532.84	3532.84	3532.84	2995.56	kN					
W _{TOTAL}			61226.68																kN					
BEBAN HIDUP (W ₁)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
			A PLAT	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	m		
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-		
W _L			736	736	736	276	276	460	460	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	110.4	kN			
W _{TOTAL}			5159.72	4806.76	4806.76	4146.76	4146.76	4154.12	4154.12	3970.12	3970.12	3970.12	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3106.96	kN				
W _t			61226.68																kN					
Periode Getar Gempa (T)			H Gedung	62																m				
			T	1.325899271																Detik				
			C	0.6																				
			I	1																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			R	8.5																				
			W _t	61226.68																kN				
			V	4321.883294																kN				
			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
			H	8	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62			m			
			W	5159.72	4806.76	4806.76	4146.76	4146.76	4154.12	4154.12	3970.12	3970.12	3970.12	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3106.96			kNm			
			H x W	30958.32	46067.6	64454.34	74841.68	91228.72	108007.1	124623.6	134984.1	150864.6	166745	175206.8	190442	205677.4	220912.7	192569.5			kNm			
			(H x W) TOTAL	1977423.6																kN				
			F	67.663	100.69	140.96	163.14	199.39	236.06	272.38	295.02	329.73	364.44	382.93	416.23	449.53	482.83	420.88			kN			

Tabel T2. 14. Hitungan Gaya Horizontal Portal es D (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q ₀	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A PLAT	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	m	
			W PLAT	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	944.64	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				n BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m
				L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m
		B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				n BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
				L BALOK	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m
		B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
				n BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
				L BALOK	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	m
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				n BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L BALOK	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	m
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				n BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L BALOK	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	m
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
					n KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		W ₀	W ₀	W ₀	1451.52	967.68	967.68	967.68	967.68	813.12	813.12	813.12	813.12	813.12	813.12	672	672	672	672	672	672	kN	
				W ₀	3903.02	3419.18	3419.18	3419.18	3419.18	3264.62	3264.62	3264.62	3264.62	3264.62	3264.62	3123.5	3123.5	3123.5	3123.5	3123.5	2644.62	kN	
		BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
					A PLAT	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328
W _L		W _L	W _L	Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
				W _L	656	656	656	246	246	410	410	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	98.4
W _T		W _T	W _T	W _T	4559.02	4075.18	4075.18	3665.18	3665.18	3674.62	3674.62	3510.62	3510.62	3510.62	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	2743.02	kN		
	W _T			54141.66																		kN	
Periode Getar Gempa (T)	H _{Getar}	T	H _{Getar}	62																m			
			T	1.325699271																	Detik		
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	C	I	C	0.6																			
			I	1																			
W _T	R	W _T	R	8.5																			
			W _T	54141.66																		kN	
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)	V	Joint	V	3621.778353																			
			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
W _T	H	W	H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	62	82	m		
			W	4559.02	4075.18	4075.18	3665.18	3665.18	3674.62	3674.62	3510.62	3510.62	3510.62	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	2743.02	2743.02	2743.02	kNm
W _T	H x W	W	H x W	27354.12	40751.8	57052.52	85973.24	110238.6	133403.6	159361.1	184448.6	210087.2	235835.8	261684.4	287533.0	313381.6	339230.2	365078.8	390927.4	390927.4	170087.2	kNm	
			(H x W) TOTAL	1748678.28																			kN
W _T	F	F	F	59.783	89.064	124.69	144.19	176.23	208.81	240.93	260.87	291.56	322.25	338.75	368.21	397.66	427.12	371.69	371.69	371.69	kN		

Tabel T2. 15. Hitungan Gaya Horizontal Portal as E (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A _{PLAT}	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	m		
			W _{PLAT}	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1013.76	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				H BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
				L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
					H BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L BALOK	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
			B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
					H BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L BALOK	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
					H KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
					L KOLOM	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
					n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	-
W _{KOLOM}				1886.24	1244.16	1244.16	1244.16	1244.16	1045.44	1045.44	1045.44	1045.44	1045.44	864	864	864	864	864	864	864	864	kN	
				W _D	4553.78	3931.7	3931.7	3931.7	3931.7	3732.98	3732.98	3732.98	3732.98	3732.98	3551.54	3551.54	3551.54	3551.54	3551.54	3551.54	3037.82	kN	
BEBAN HIDUP (W _L)				PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²
	A _{PLAT}					352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	m
	Koef. Reduksi					0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
W _L	704			704	704	264	264	440	440	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	105.6	kN	
	W _{TOTAL}	6257.78	4635.7	4635.7	4195.7	4195.7	4172.98	4172.98	3996.98	3996.98	3996.98	3996.98	3815.54	3815.54	3815.54	3815.54	3815.54	3143.22	kN				
W _t			61662.86																kN				
Periode Getar Gempa (T)			H Gedung	62																m			
			T	1.325699271																Detik			
			C	0.8																			
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			I	1																			
			R	8.5																			
			W _t	61662.86																kN			
			V	4352.672471																kN			
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
			H	8	10	14	18	22	28	30	34	38	42	46	50	54	58	62	62	m			
			W	5257.78	4635.7	4635.7	4195.7	4195.7	4172.98	4172.98	3996.98	3996.98	3996.98	3815.54	3815.54	3815.54	3815.54	3815.54	3143.22	kNm			
			H x W	31546.68	48357	64899.8	75522.8	92305.4	108497.5	125189.4	135897.3	151865.2	167873.2	175514.8	190777	208039.2	221301.3	194879.8	kNm				
			(H x W) TOTAL	1988486.04																kN			
			F	69.854	101.47	142.06	165.31	202.05	237.49	274.03	297.47	332.47	367.46	384.19	417.6	451.01	484.41	426.58	kN				

Tabel T2. 16. Hitungan Gaya Horizontal Portal as F (iterasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN						
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A PLAT	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	m			
			W PLAT	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	984.96	kN			
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m				
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			h BALOK	h BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
				L BALOK	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
					h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L BALOK	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		W BALOK	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	kN		
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m		
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
n					6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-	
W KOLOM				1244.16	829.44	829.44	829.44	829.44	829.44	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	576	576	576	576	576	576	576	kN	
W _D				3741.24	3326.52	3326.52	3326.52	3326.52	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3073.08	3073.08	3073.08	3073.08	3073.08	2573.76	2573.76	2573.76	kN	
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
			A PLAT	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	m		
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-	
			W _L	684	684	684	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	102.6	kN	
W TOTAL	4425.24	4010.52	4010.52	3583.02	3583.02	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	kN			
Wt			53201.7																kN						
Periode Getar Gempa (T)			62																m						
			1.325699271																Detik						
			0.6																						
			1																						
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			8.5																						
Wt			53201.7																kN						
V			3755.414118																kN						
Joint			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15								
H			6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62								
W			4425.24	4010.52	4010.52	3583.02	3583.02	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	3621.54	2676.36			
H x W			28551.44	40105.2	56147.28	64494.36	78828.44	94160.04	108848.2	117318.4	131120.5	144822.7	153160.7	166479	179797.3	193115.6	165934.3					165934.3			
(H x W) TOTAL			1720779.48																kN						
F			57.946	87.525	122.54	140.76	172.03	205.49	237.11	256.03	286.16	316.28	334.26	363.32	392.39	421.45	362.13					362.13			

Tabel T2. 17. Hitungan Gaya Horizontal Portal as G (terasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN																					
DEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²																				
			A _{PLAT}	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	m																			
			W _{PLAT}	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	777.6	kN																			
	BALOK	B1	B BALOK	D _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m																			
				H _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m																		
				L _{BALOK}	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m																		
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-																		
			B2	D _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m																	
				H _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m																	
				L _{BALOK}	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m																	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-																	
			B3	D _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m																	
				H _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m																	
				L _{BALOK}	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	m																	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-																	
		BA1	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m																		
			H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m																		
			L _{BALOK}	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	m																		
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-																		
		BA2	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m																		
			H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m																		
			L _{BALOK}	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	m																		
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-																		
			W _{BALOK}	1.738	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	kN																		
		KOLOM	K1	D _{KOLOM}	D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m																		
					H _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m																	
					T _{KOLOM}	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m																
					n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-																
					W _{KOLOM}	1244.16	829.44	829.44	829.44	829.44	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	576	576	576	576	576	576	576	kN																
					W _D	3335.34	2920.62	2920.62	2920.62	2920.62	2788.14	2788.14	2788.14	2788.14	2788.14	2788.14	2667.18	2667.18	2667.18	2667.18	2667.18	2272.98	kN																	
		DEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²																		
					A _{PLAT}	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	m																	
					Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-																
					W _L	540	540	540	202.5	202.5	337.5	337.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	81	kN																	
			W _{TOTAL}	3876.34	3480.62	3480.62	3123.12	3123.12	3125.84	3125.84	2990.64	2990.64	2990.64	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2353.98	kN																			
		Wt																				46098.72	kN																	
		Periode Gatar Gempa (T)	H _{Gedung}																			62	m																	
			T																			1.325699271	Detik																	
		Gaya Gaser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	C																			0.8																		
			n																			1																		
			R																			8.5																		
			Wt																			46098.72	kN																	
			V																			3254.027294	kN																	
		Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _i)	Joint																			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
			H																				6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	m		
W																						3875.34	3480.62	3480.62	3123.12	3123.12	3125.84	3125.84	2990.64	2990.64	2990.64	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2353.98	kNm			
H x W																						23252.04	3480.62	48448.68	58218.16	68708.64	81266.64	93769.2	101681.8	113644.3	125608.9	132005.3	143484	154962.7	166441.4	145946.8	kNm			
(H x W) TOTAL																																							1490040.72	kN
F																						58.779	75.575	105.8	122.77	150.05	177.47	204.78	222.06	248.18	274.31	288.28	313.35	338.42	363.48	318.73	kN			

Tabel T2. 18. Hitungan Gaya Horizontal Portal as H (terasi 1 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN						
DEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A PLAT	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m			
			W PLAT	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	230.4	kN			
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m				
				n BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L BALOK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m		
			B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m		
					n BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
					L BALOK	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
				B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
						n BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
						L BALOK	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	m
		BA1			D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
						n BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
						L BALOK	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m
			BA2		D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
						n BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
						L BALOK	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m
				KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
							n KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
							T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		W KOLOM				822.06	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	288	kN	
						W _D	1300.06	1092.7	1092.7	1092.7	1092.7	1026.46	1026.46	1026.46	1026.46	1026.46	965.98	965.98	965.98	965.98	965.98	965.98	849.18	kN	
		DEBAN HIDUP (W _L)			PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
			A PLAT				80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m
			Koef. Reduksi				0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
		W _L	160		160	160	80	80	100	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	24	kN		
W TOTAL			1460.06	1252.7	1252.7	1152.7	1152.7	1126.46	1126.46	1086.46	1086.46	1086.46	1026.98	1026.98	1026.98	1026.98	1026.98	1026.98	873.18	kN					
W _t			16760.26																	kN					
Periode Getar Gempa (T)		H Gedung	62																	m					
	T	1.325899271																	Detik						
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	C	0.6																							
	I	1																							
	R	8.5																							
	W _t	16760.26																	kN						
	V	1183.077176																	kN						
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _j)	Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15									
	H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62					m				
	W	1480.06	1252.7	1252.7	1152.7	1152.7	1126.46	1126.46	1086.46	1086.46	1086.46	1026.98	1026.98	1026.98	1026.98	873.18					kNm				
	H x W	8760.36	12527	17537.6	20748.6	25359.4	29287.96	33793.8	38939.64	41285.48	45831.32	47195.08	51299	55402.92	59506.84	54137.16						kNm			
	(H x W) TOTAL	539412.36																	kN						
	F	19.214	27.475	38.465	45.507	55.62	64.236	74.119	81.019	90.55	100.08	103.51	112.51	121.51	130.51	118.74						kN			

Tabel T2. 19. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 1 (Iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN						
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A _{PLAT}	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	m			
			W _{PLAT}	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	312.48	207.36	kN			
	BALOK	B1	D _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L _{BALOK}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	D _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
					h _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L _{BALOK}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
			B3	D _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
					h _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L _{BALOK}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L _{BALOK}	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L _{BALOK}	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		KOLOM	K1	W _{BALOK}	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	307.2	kN		
					D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	m
		BEBAN HIDUP (W ₁)	PLAT	P1	h _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					T _{KOLOM}	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
					n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-
W _{KOLOM}					622.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	kN
W _D					1241.76	1034.4	1034.4	1034.4	1034.4	988.16	988.16	988.16	988.16	988.16	907.68	907.68	907.68	907.68	907.68	907.68	907.68	907.68	802.56	kN	
q _L					2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1
A _{PLAT}	72				72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	m
Koef. Reduksi	0.8				0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
W _L	144				144	144	54	54	90	90	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	21.6	kN
W _{TOTAL}	1385.76				1178.4	1178.4	1088.4	1088.4	1058.16	1058.16	1022.16	1022.16	1022.16	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	961.68	824.16	824.16	kN	
Wt		15773.04																	kN						
Periode Getar Gempa (T)		H _{Gedung}	82																	m					
		T	1.325699271																	Detik					
		C	0.4																						
		I	1																						
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		R	8.5																						
		Wt	15773.04																	kN					
		V	742.2807059																	kN					
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _i)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15								
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62								
		W	1385.76	1178.4	1178.4	1088.4	1088.4	1058.16	1058.16	1022.16	1022.16	1022.16	961.68	961.68	961.68	961.68	824.16								
		H x W	8314.56	11784	16497.6	19591.2	23944.8	27512.16	31744.8	34753.44	38842.08	42930.72	44237.28	48084	51930.72	55777.44	51097.92								
		(H x W) TOTAL	507042.72																	kN					
		F	12.172	17.251	24.151	28.68	35.053	40.275	46.471	50.876	56.861	62.846	64.759	70.39	76.021	81.653	74.802								

Tabel T2. 20. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 2 (Iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A PLAT	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	m		
			W PLAT	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	624.96	414.72	kN	
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				Π BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m	
				Π	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
					Π BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L BALOK	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m
					Π	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
			B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
					Π BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L BALOK	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m
					Π	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				Π BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
				Π	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				Π BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L BALOK	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	m	
				Π	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
					Π KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
					Π	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-
W KOLOM				622.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	kN	
				W _D	1897.4	1490.04	1490.04	1490.04	1490.04	1423.8	1423.8	1423.8	1423.8	1423.8	1363.32	1363.32	1363.32	1363.32	1363.32	1153.08	1153.08	kN	
BEBAN HIDUP (W _L)			PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
	A PLAT				144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	m	
	Koef. Reduksi				0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
W _L	288		288	288	108	108	180	180	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	43.2	kN		
	W TOTAL		1985.4	1778.04	1778.04	1598.04	1598.04	1603.8	1603.8	1531.8	1531.8	1531.8	1471.32	1471.32	1471.32	1471.32	1471.32	1198.28	1198.28	kN			
W _T			23622.12																kN				
Periode Getar Gempa (T)			H Gesang																62	m			
			T																1.325899271	Detik			
			C																0.4				
			I																1				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			R																8.5				
			W _T																23622.12	kN			
			V																1111.829176	kN			
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _j)			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
			H	8	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62					
			W	1985.4	1778.04	1778.04	1598.04	1598.04	1603.8	1603.8	1531.8	1531.8	1471.32	1471.32	1471.32	1471.32	1471.32	1198.28					
			H x W	11912.4	17780.4	24892.56	28764.72	35156.88	41698.8	48114	52081.2	58208.4	64335.6	67680.72	73566	79451.28	85336.56	74169.36					
			(H x W) TOTAL	763148.88																kN			
F			17.352	25.9	36.259	41.9	51.211	60.74	70.085	75.863	84.788	93.713	98.586	107.16	115.73	124.3	108.04			kN			

Tabel T2. 21. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 2A (iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A PLAT	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	m		
			W PLAT	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	277.76	184.32	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				H BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m
			n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
				H BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
			L BALOK	L BALOK	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
				D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
		H BALOK	H BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
			L BALOK	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
			L BALOK	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m	
		n	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
		L BALOK	L BALOK	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			W BALOK	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	268.68	kN	
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
					H KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
				T KOLOM	T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
n					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-
W KOLOM			W KOLOM	822.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	kN	
			W _D	1188.52	961.16	961.16	961.16	961.16	894.92	894.92	894.92	894.92	894.92	894.92	834.44	834.44	834.44	834.44	834.44	741	kN		
	W _{TOTAL}		1296.52	1089.16	1089.16	1089.16	1089.16	974.92	974.92	974.92	974.92	974.92	974.92	882.44	882.44	882.44	882.44	882.44	760.2	kN			
Wt																			14561.72	kN			
Periode Getar Gempa (T)		H Gedung	62																m				
		T	1.325699271																Detik				
		C	0.4																				
		I	1																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		R	8.5																				
		Wt	14561.72																kN				
		V	885.2574118																kN				
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _j)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	m		
		W	1296.52	1089.16	1089.16	1089.16	1089.16	974.92	974.92	974.92	974.92	974.92	974.92	882.44	882.44	882.44	882.44	882.44	882.44	760.2	kNm		
		H x W	7779.12	10891.6	15243.24	18164.88	22201.52	25347.92	29247.6	32059.28	35830.98	39602.64	40592.24	44122	47651.76	51181.52	47132.4	47132.4	47132.4	47132.4	kNm		
		(H x W) TOTAL	487053.88																	kN			
		F	11.413	15.98	22.372	26.651	32.574	37.19	42.912	47.037	52.571	58.105	59.557	64.735	69.914	75.093	69.162	69.162	69.162	69.162	kN		

Tabel T2. 22. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 3 (iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN			
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²		
			A _{PLAT}	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	m
			W _{PLAT}	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	972.16	645.12	kN
		BALOK	B1	D _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m
	h _{BALOK}			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m
	L _{BALOK}			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m
	n			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
	B2		D _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
			h _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
			L _{BALOK}	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
	B3		D _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
			h _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
			L _{BALOK}	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
	BA1		D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
			h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
			L _{BALOK}	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
	BA2		D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
			h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
			L _{BALOK}	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
	KOLOM	K1	D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
			h _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
			T _{KOLOM}	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m	
			n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	
W _{KOLOM}	1036.6	691.2	691.2	691.2	691.2	580.8	580.8	580.8	580.8	580.8	480	480	480	480	480	480	480	480	kN			
W ₀	2779.96	2434.36	2434.36	2434.36	2434.36	2323.96	2323.96	2323.96	2323.96	2323.96	2323.96	2223.16	2223.16	2223.16	2223.16	2223.16	2223.16	1696.12	kN			
BEBAN HIDUP (W ₁)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
			A _{PLAT}	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	m
			Koef Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
		W _L	448	448	448	168	168	280	280	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	87.2	kN
W _{TOTAL}	3227.96	2882.36	2882.36	2602.36	2602.36	2603.96	2603.96	2491.96	2491.96	2491.96	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	1963.32	kN			
Wt																			38409.16	kN		
Periode Getar Gempa (T)		H _{Gedung}	62																	m		
		T	1.325699271																	Detik		
		C	0.4																			
		I	1																			
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		R	8.5																			
		Wt	38409.16																	kN		
		V	1807.489882																	kN		
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _i)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62					
		W	3227.96	2882.36	2882.36	2602.36	2602.36	2603.96	2603.96	2491.96	2491.96	2491.96	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	2391.16	1963.32	kNm			
		H x W	19367.76	28823.6	40353.04	45842.48	57251.92	67702.96	78118.8	84726.64	84694.48	104682.3	109993.4	119558	129122.6	138687.3	121725.8	kNm				
		(H x W) TOTAL	1241631.12																kN			
		F	28.194	41.96	58.743	68.19	83.344	98.558	113.72	123.34	137.85	152.36	160.12	174.05	187.97	201.89	177.2	kN				

Tabel T2. 23. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 3A (iterasi 2 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN									
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²								
			A PLAT	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	m						
			W PLAT	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	555.52	388.64	kN						
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m						
				H BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m				
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m			
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-			
			B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m			
					H BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m		
					L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m		
			n		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-			
			B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m			
		H BALOK			0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m			
		L BALOK			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m			
		n	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-			
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m			
				H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
				L BALOK	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	m		
		n		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-			
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m			
				H BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
				L BALOK	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m		
		n		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-			
		KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	m			
					H KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
					n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-
W KOLOM				622.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	kN		
				W _D	1588.44	1379.08	1379.08	1379.08	1379.08	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1312.84	1252.36	1252.36	1252.36	1252.36	1252.36	1252.36	1065.48	1065.48	1065.48	1065.48	kN		
BEBAN HIDUP (W _L)				PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
	A PLAT					128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	m	
	Koef. Reduksi					0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
W _L	256			256	256	96	96	160	160	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	38.4	kN			
	W TOTAL	1842.44	1635.08	1635.08	1475.08	1475.08	1472.84	1472.84	1408.84	1408.84	1408.84	1408.84	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1103.88	1103.88	1103.88	1103.88	kN					
Wt																			21732.28	kN								
Periode Getar Gempa (T)		H Gedung	62																	m								
		T	1.325699271																	Detik								
		C	0.4																									
		I	1																									
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		R	8.5																									
		Wt	21732.28																	kN								
		V	1022.895528																	kN								
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _j)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15											
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62											
		W	1842.44	1635.08	1635.08	1475.08	1475.08	1472.84	1472.84	1408.84	1408.84	1408.84	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1348.36	1103.88										
		H x W	11054.64	16350.8	22891.12	26551.44	32451.76	38293.84	44185.2	47900.58	53535.92	59171.28	62024.56	67418	72811.44	78204.88	84440.56	88440.56										
		(H x W) TOTAL	701286																kN									
		F	16.121	23.845	33.382	38.72	47.325	55.844	64.436	69.854	78.072	86.29	90.451	98.317	106.18	114.05	99.808											

Tabel T2. 24. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 4 (iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A PLAT	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	464	m			
			W PLAT	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	2013.76	1336.32	kN			
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m	
			h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
				B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
						h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
			L BALOK			80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m
			h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
				B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
		h BALOK				0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
		L BALOK	40			40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m	
		h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
			BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
					h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
		L BALOK			52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	m	
		h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
			BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
					h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
		L BALOK			116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	m	
		h	h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
			W BALOK	W BALOK	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	1380.72	kN	
				KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m
		h KOLOM					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
		L KOLOM	6				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
h		h	8			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-	
		W KOLOM	W KOLOM			1658.88	1105.92	1105.92	1105.92	1105.92	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	788	788	788	788	788	788	788	kN
			W _D			5053.36	4500.4	4500.4	4500.4	4500.4	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4323.76	4162.48	4162.48	4162.48	4162.48	4162.48	3485.04	kN	
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT		P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
		A PLAT		484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	464	m		
				Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-			
				W _L	928	928	928	348	348	580	580	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348	139.2	kN	
W _T			W TOTAL	5981.36	5428.4	5428.4	4848.4	4848.4	4903.76	4903.76	4871.76	4871.76	4871.76	4510.48	4510.48	4510.48	4510.48	3624.24	kN					
Periode Getar Gempa (T)			H _{Design}	72023.92															kN					
			T	62															m					
			C	1.325699271															Detik					
			l	0.4																				
			R	1																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			W _T	72023.92															kN					
			V	3389.380941															kN					
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _i)			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
			H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	m					
			W	5981.36	5428.4	5428.4	4848.4	4848.4	4903.76	4903.76	4871.76	4871.76	4871.76	4510.48	4510.48	4510.48	4510.48	3624.24	kNm					
			H x W	35888.16	54284	75997.6	87271.2	106664.8	127497.8	147112.8	158839.8	177526.9	196213.9	207482.1	225524	243565.9	261607.8	224702.9	kNm					
			(H x W) TOTAL	2330179.88															kN					
			F	52.201	78.959	110.54	126.94	155.15	185.45	213.98	231.04	258.22	285.4	301.79	328.04	354.28	380.52	326.84	kN					

Tabel T2. 26. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 6 (iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN						
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A _{PLAT}	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	m			
			W _{PLAT}	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	1841.6	691.2	kN			
	BALOK	B1	D _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m				
				h _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L _{BALOK}	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	m		
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
			B2	D _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m		
					h _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
					L _{BALOK}	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	m	
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B3	D _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m		
					h _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
					L _{BALOK}	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m	
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m			
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
				L _{BALOK}	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	m		
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
		BA2	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m			
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
				L _{BALOK}	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m		
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
		KOLOM	K1	W _{BALOK}	800.18	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	800.18	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	800.16	kN		
					D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m	
						h _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m
						T _{KOLOM}	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
n						7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	-	
W _{KOLOM}					1451.52	967.68	967.68	967.68	967.68	813.12	813.12	813.12	813.12	813.12	813.12	672	672	672	672	672	672	672	672	kN	
W _D			3293.28	2809.44	2809.44	2809.44	2809.44	2654.88	2654.88	2654.88	2654.88	2654.88	2654.88	2654.88	2513.76	2513.76	2513.76	2513.76	2513.76	2163.36	kN				
BEBAN HIDUP (W ₁)	PLAT		P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
				A _{PLAT}	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	m		
				Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-		
				W _L	480	480	480	180	180	300	300	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	72	kN	
W _{TOTAL}	3773.28		3289.44	3289.44	2989.44	2989.44	2954.88	2954.88	2834.88	2834.88	2834.88	2834.88	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2235.36	kN					
W _t	43755.84																		kN						
Periode Getar Gempa (T)	H _{Gedung}	62																		m					
		T	1.325899271																		Detik				
		C	0.4																						
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	I	1																							
		R	8.5																						
		W _t	43755.84																		kN				
		V	2059.098353																		kN				
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _j)	Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15									
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62					m			
		W	3773.28	3289.44	3289.44	2989.44	2989.44	2954.88	2954.88	2834.88	2834.88	2834.88	2693.76	2693.76	2693.76	2693.76	2235.36					kNm			
		H x W	22639.68	32894.4	48052.16	53809.92	65767.88	78826.88	88848.4	96385.92	107725.4	119065	123913	134688	145463	156238.1	138592.3					kNm			
		(H x W) TOTAL	1408707.84																		kN				
		F	33.092	48.082	67.314	79.654	96.132	112.3	129.57	140.89	157.46	174.04	181.12	196.87	212.62	228.37	202.58					kN			

Tabel T2. 27. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 7 & 8 (iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A _{PLAT}	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	m			
			W _{PLAT}	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	729.12	483.84	kN		
	BALOK	B1	b _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
				L _{BALOK}	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m	
			E2	b _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
					h _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L _{BALOK}	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m
			B3	b _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
					h _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L _{BALOK}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	m
		BA1	b _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L _{BALOK}	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	m	
		BA2	b _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L _{BALOK}	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	m	
		W _{BALOK}	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	542.88	kN		
		KOLOM	K1	b _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m	
					h _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m
					T _{KOLOM}	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
				W _{KOLOM}	829.44	552.96	552.96	552.96	552.96	464.64	464.64	464.64	464.64	464.64	384	384	384	384	384	384	384	384	kN
				W _D	2191.44	1824.96	1824.96	1824.96	1824.96	1736.64	1736.64	1736.64	1736.64	1736.64	1656	1656	1656	1656	1656	1656	1410.72	kN	
		BEBAN MIDUP (W ₁)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
					A _{PLAT}	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	m
Koef. Reduksi					0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
W _L					336	336	336	126	126	210	210	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	50.4	kN
W _{TOTAL}		2437.44	2160.96	2160.96	1950.96	1950.96	1946.64	1946.64	1862.64	1862.64	1862.64	1782	1782	1782	1782	1782	1782	1481.12	kN				
W _t			28731.6																kN				
Periode Getar Gempa (T)			0.4																Detik				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			1																				
			8.5																				
			28731.6																kN				
			1352.075284																kN				
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
			6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
			2437.44	2160.96	2160.96	1950.96	1950.96	1946.64	1946.64	1862.64	1862.64	1862.64	1782	1782	1782	1782	1782	1481.12		kNm			
			14624.64	21609.6	30253.44	35117.28	42921.12	50612.64	58399.2	63329.76	70780.32	78230.88	81972	89100	96228	103356	90589.44						
			927124.32																kN				
F			21.328	31.514	44.12	51.213	62.594	73.811	85.167	92.357	103.22	114.09	119.54	129.94	140.33	150.73	132.11			kN			

Tabel T2. 28. Hitungan Gaya Horizontal Portal as 9 (iterasi 2 - 3D)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	BATUAN			
BEBAN MATI (W _p)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A _{PLAT}	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	m		
			W _{PLAT}	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	364.56	241.92	kN	
	BALOK	B1	D _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
			H _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
			L _{BALOK}	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
		B2	D _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
			H _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m	
			L _{BALOK}	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	m	
		B3	D _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
			H _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
			L _{BALOK}	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	m	
		BA1	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
			L _{BALOK}	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	m	
		BA2	D _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			H _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
			L _{BALOK}	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	m	
		KOLOM	K1	D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	m	
				H _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	m	
T _{KOLOM}				6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m	
W _{KOLOM}				829.44	552.96	552.96	552.96	552.96	464.64	464.64	464.64	464.64	464.64	384	384	384	384	384	384	384	kN	
W _D			1598.76	1322.28	1322.28	1322.28	1322.28	1233.96	1233.96	1233.96	1233.96	1233.96	1163.32	1163.32	1163.32	1163.32	1163.32	1163.32	1030.68	kN		
BEBAN HIDUP (W _l)	PLAT		P1	Q	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²	
				A _{PLAT}	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	m
				Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
W _L	168		168	168	63	63	106	106	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	26.2	kN		
W _{TOTAL}	1766.76		1490.28	1490.28	1385.28	1385.28	1338.96	1338.96	1296.96	1296.96	1296.96	1296.96	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1055.88	kN		
W _t		20007.84																		kN		
Periode Getar Gempa (T)	H _{gedung}	62																		m		
	T	1.325699271																		Detik		
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	C	0.4																				
	J	1																				
	R	8.5																				
	W _t	20007.84																		kN		
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)	V	941.5454118																		kN		
	Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
	H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
	W	1766.76	1490.28	1490.28	1385.28	1385.28	1338.96	1338.96	1296.96	1296.96	1296.96	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1216.32	1055.88					
	H x W	10800.56	14902.8	20863.92	24935.04	30476.16	34812.96	40168.8	44096.64	49284.48	54472.32	55950.72	60816	65881.28	70548.56	65464.56						
	(H x W) _{TOTAL}	643072.8																		kN		
F	15.521	21.82	30.548	36.508	44.621	50.971	58.813	64.563	72.159	79.755	81.919	89.043	96.166	103.29	95.849				kN			

Tabel T2. 29. Hitungan Gaya Horizontal Portal as A (iterasi 2)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A PLAT	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	m		
			W PLAT	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	390.6	259.2	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	D BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B2	D BALOK	D BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
				L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B3	D BALOK	D BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
				h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
				L BALOK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m
				n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		BA1	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L BALOK	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA2	D BA	D BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
L BALOK				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m	
n				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
W BALOK		356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	356.04	kN			
KOLOM	K1	D KOLOM	D KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m			
			h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m		
			T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m	
			n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	
			W KOLOM	1036.8	691.2	691.2	691.2	691.2	580.8	580.8	580.8	580.8	580.8	480	480	480	480	480	480	480	480	kN	
W ₀	1783.44	1437.84	1437.84	1437.84	1437.84	1327.44	1327.44	1327.44	1327.44	1327.44	1226.64	1226.64	1226.64	1226.64	1226.64	1226.64	1095.24	480	kN				
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	kN/m ²			
			A PLAT	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	m	
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
			W _L	180	180	180	67.5	67.5	112.6	112.6	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	27	kN
W TOTAL	1963.44	1617.84	1617.84	1505.34	1505.34	1439.94	1439.94	1394.94	1394.94	1394.94	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1122.24	480	kN				
Wt				21573.3															kN				
Periode Getar Gempa (T)		H gedung	62															m					
		T	1.325899271															Detik					
		C	0.38																				
		I	1																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		R	8.5																				
		Wt	21573.3															kN					
		V	964.4534118															kN					
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	62				m	
		W	1963.44	1617.84	1617.84	1505.34	1505.34	1439.94	1439.94	1394.94	1394.94	1394.94	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1294.14	1122.24			kNm	
		H x W	11780.84	16178.4	22649.76	27098.12	33117.48	37438.44	43198.2	47427.96	53007.72	58587.48	59530.44	64707	69983.58	75060.12	69578.88					kNm	
		(H x W) TOTAL	689242.2															kN					
		F	16.485	22.838	31.694	37.915	46.341	52.387	60.447	66.366	74.173	81.981	83.301	90.544	97.788	105.03	97.361				kN		

Tabel T2. 31. Hitungan Gaya Horizontal Portal as C (iterasi 2)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A _{PLAT}	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	m			
			W _{PLAT}	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1597.12	1059.84	kN			
	BALOK	B1	b _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L _{BALOK}	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	b _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
					h _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
					L _{BALOK}	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
			B3	b _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
					h _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
					L _{BALOK}	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m
					n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	b _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L _{BALOK}	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	b _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
				L _{BALOK}	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m	
n				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
KOLOM		K1	D _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m			
				h _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m		
	T _{KOLOM}			6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m		
	n			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-		
	W _{KOLOM}		1658.86	1105.92	1105.92	1105.92	1105.92	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	929.28	768	768	768	768	768	768	768	kN		
			W _D	4423.72	3870.76	3870.76	3870.76	3870.76	3694.12	3694.12	3694.12	3694.12	3694.12	3694.12	3532.84	3532.84	3532.84	3532.84	3532.84	2895.66	2895.66	kN		
	BEBAN HIDUP (W ₁)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²			
				A _{PLAT}	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	368	m	
				Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
				W _L	736	736	736	276	276	276	480	480	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	110.4	kN
W _{TOTAL}				5159.72	4806.76	4806.76	4148.76	4148.76	4154.12	4154.12	3970.12	3970.12	3970.12	3970.12	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3105.96	3105.96	kN		
W _t																			61226.68	kN				
Periode Getar Gempa (T)		H _{Geung}																	62	m				
		T																	1.325699271	Detik				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		C																	0.38					
		J																	1					
		R																	8.5					
		W _t																	61226.68	kN				
		V																	2737.192753	kN				
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						
		H	8	10	14	18	22	28	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	68	68	m			
		W	5159.72	4806.76	4806.76	4148.76	4148.76	4154.12	4154.12	3970.12	3970.12	3970.12	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3808.84	3105.96	3105.96	3105.96	kNm			
		H x W	30958.32	46087.8	84494.64	74841.88	91228.72	108007.1	124623.6	134984.1	150884.6	168745	175208.6	190442	205877.4	220912.7	192589.5	192589.5	192589.5	192589.5	kNm			
		(H x W) TOTAL																	1877423.6	kN				
		F	42.853	63.768	89.275	103.32	126.28	149.51	172.51	186.85	208.83	230.81	242.52	263.61	284.7	305.79	266.56	266.56	266.56	266.56	kN			

Tabel T2. 32. Hitungan Gaya Horizontal Portal as D (iterasi 2)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN					
BEBAN MATI (W_D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A _{PLAT}	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	m			
			W _{PLAT}	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	1423.52	944.84	kN			
	BALOK	B1	B BALOK	b BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m			
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m		
		B2	B BALOK	b BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m		
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m		
				L BALOK	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	m		
		B3	B BALOK	b BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m		
				h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m		
				L BALOK	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	m		
		BA1	BA BALOK	b BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
				L BALOK	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	m		
		BA2	BA BALOK	b BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
				L BALOK	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	m		
		KOLOM	K1	K KOLOM	b KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m		
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
					T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m	
		W _D	W _D	W _D	W _D	1451.52	967.68	967.68	967.68	967.68	813.12	813.12	813.12	813.12	813.12	672	672	672	672	672	672	kN		
					W _D	3903.02	3419.18	3419.18	3419.18	3419.18	3264.62	3264.62	3264.62	3264.62	3264.62	3123.5	3123.5	3123.5	3123.5	3123.5	3123.5	2644.62	kN	
					W _D	4559.02	4075.18	4075.18	3865.18	3865.18	3674.62	3674.62	3510.62	3510.62	3510.62	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	2743.02	kN	
		BEBAN HIDUP (W_L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
					A _{PLAT}	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	328	m	
					Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
		W _L	W _L	W _L	W _L	656	656	656	246	246	410	410	246	246	246	246	246	246	246	246	246	98.4	kN	
					W _L	4559.02	4075.18	4075.18	3865.18	3865.18	3674.62	3674.62	3510.62	3510.62	3510.62	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	2743.02	kN
					W _L	54141.86																		kN
Periode Getar Gempa (T)		H _{Getar}	T	H _{Getar}	62															m				
				T	1.325899271															Detik				
				C	0.38																			
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	I	R	I	1																				
			R	8.5																				
			Wt	54141.86															kN					
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V_j)	V	Joint	V	2420.459624															kN					
			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
			H	6	10	14	18	22	28	30	34	38	42	48	50	54	58	62	62	m				
W	H x W	(H x W) TOTAL	W	4559.02	4075.18	4075.18	3865.18	3865.18	3674.62	3674.62	3510.62	3510.62	3510.62	3510.62	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	3369.5	2743.02	kNm			
			H x W	27354.12	40751.8	57052.52	65973.24	80633.96	95540.12	110238.6	119361.1	133403.6	147446	154997	168475	181953	195431	170067.2	170067.2	170067.2	kNm			
			(H x W) TOTAL	1748676.28															kN					
F	F	F	F	37.863	56.407	78.97	91.318	111.61	132.24	152.59	165.22	184.65	204.09	214.54	233.2	251.85	270.51	235.4	235.4	kN				

Tabel T2. 33. Hitungan Gaya Horizontal Portal as E (Iterasi 2)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN						
BEBAN MATI (W ₀)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²					
			A PLAT	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	m			
			W PLAT	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1527.68	1013.76	kN			
	BALOK	B1	B BALOK	d BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m				
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m		
				L BALOK	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B2	d BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
				L BALOK	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
			B3	d BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
				h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m	
				L BALOK	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	m	
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
			L BALOK	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	m		
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
		BA2	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m		
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m		
			L BALOK	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	m		
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-		
		KOLOM	K1	D KOLOM	d KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m		
					h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
T KOLOM					6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m	
n					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	-	
W KOLOM				W KOLOM	1866.24	1244.16	1244.16	1244.16	1244.16	1045.44	1045.44	1045.44	1045.44	1045.44	1045.44	1045.44	864	864	864	864	864	864	864	kN	
	W _D			4853.78	3931.7	3931.7	3931.7	3931.7	3732.98	3732.98	3732.98	3732.98	3732.98	3732.98	3732.98	3661.64	3551.64	3551.64	3551.64	3551.64	3037.62	3037.62	kN		
	W _{TOTAL}			6257.78	4835.7	4835.7	4195.7	4195.7	4172.98	4172.98	3996.98	3996.98	3996.98	3996.98	3996.98	3815.54	3815.54	3815.54	3815.54	3815.54	3143.22	3143.22	kN		
WT		61662.86																		kN					
Periode Getar Gempa (T)		H Gedung	62																m						
		T	1.325899271																Detik						
		C	0.38																						
		I	1																						
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)		R	8.5																						
		WT	61662.86																kN						
		V	2756.892585																kN						
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)		Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15								
		H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62								
		W	5257.78	4835.7	4835.7	4195.7	4195.7	4172.98	4172.98	3996.98	3996.98	3996.98	3815.54	3815.54	3815.54	3815.54	3143.22								
		H x W	31548.38	48357	64899.8	75522.6	92305.4	108497.5	125189.4	135897.3	151885.2	167673.2	175514.6	190777	206039.2	221301.3	194879.6								
		(H x W) TOTAL	1988486.04																kN						
		F	43.734	64.268	89.972	104.7	127.97	150.41	173.55	188.4	210.56	232.73	243.32	264.48	285.64	306.8	270.17								

Tabel T2. 34. Hitungan Gaya Horizontal Portal as F (Iterasi 2)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
			A PLAT	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	m		
			W PLAT	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	1484.28	984.96	kN		
	BALOK	B1	D BALOK	d BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
				h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
				L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B2	D BALOK	d BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
				h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
				L BALOK	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B3	D BALOK	d BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
				h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
				L BALOK	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	D BA	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L BALOK	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA2	D BA	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
				h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
				L BALOK	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	m
				n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		W BALOK	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	1012.8	kN	
KOLOM		K1	D KOLOM	d KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m	
				h KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
				T KOLOM	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	n			6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-
	W KOLOM			1244.16	829.44	829.44	829.44	829.44	829.44	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	576	576	576	576	576	576	kN
W _D	3741.24	3326.52	3326.52	3326.52	3326.52	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3194.04	3073.08	3073.08	3073.08	3073.08	2573.76	2573.76	kN			
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
			A PLAT	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	m
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
			W _L	684	684	684	256.5	256.5	427.5	427.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5	102.6	102.6	kN
W _T TOTAL			4425.24	4010.52	4010.52	3583.02	3583.02	3621.54	3621.54	3450.54	3450.54	3450.54	3450.54	3329.58	3329.58	3329.58	3329.58	3329.58	2678.36	2678.36	kN		
W _T			53201.7																kN				
Periode Getar Gempa (T)			H Gedung	62																m			
			T	1.325899271																Detik			
			C	0.38																			
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			I	1																			
			R	8.5																			
W _T			53201.7																kN				
V			2378.428941																kN				
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _j)			Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
			H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62			m		
			W	4425.24	4010.52	4010.52	3583.02	3583.02	3621.54	3621.54	3450.54	3450.54	3450.54	3329.58	3329.58	3329.58	3329.58	2678.36			kNm		
			H x W	26551.44	40105.2	58147.28	64494.36	78826.44	94160.04	108646.2	117318.4	131120.5	144922.7	153160.7	166479	178797.3	193115.6	165934.3			kNm		
			(H x W) TOTAL	1720779.48																kN			
F			36.699	55.433	77.606	89.143	108.95	130.15	150.17	162.16	181.23	200.31	211.7	230.1	248.51	266.92	229.35				kN		

Tabel T2. 35. Hitungan Gaya Horizontal Portal as G (iterasi 2)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN			
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²			
			A PLAT	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	m	
			W PLAT	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	1171.8	777.6	kN	
	BALOK	B1	d BALOK	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m	
			h BALOK	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m
			L BALOK	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B2	d BALOK	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m
			h BALOK	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
			L BALOK	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		B3	d BALOK	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m
			h BALOK	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
			L BALOK	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA1	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
			L BALOK	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		BA2	d BA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m
			h BA	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
			L BALOK	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	m
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
		W BALOK	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	919.38	kN	
		KOLOM	K1	d KOLOM	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	m
h KOLOM				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m
T KOLOM				6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m
n				6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-
W KOLOM	1244.18		829.44	829.44	829.44	829.44	829.44	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	576	576	576	576	576	576	kN		
W _D	3335.34	2920.62	2920.62	2920.62	2920.62	2788.14	2788.14	2788.14	2788.14	2788.14	2788.14	2667.18	2667.18	2667.18	2667.18	2667.18	2667.18	2272.98	kN			
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	q _L	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
			A PLAT	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	m	
			Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
			W _L	540	540	540	202.5	202.5	337.5	337.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	202.5	81	kN
W TOTAL	3875.34	3460.62	3460.62	3123.12	3123.12	3125.64	3125.64	2990.64	2990.64	2990.64	2990.64	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2353.98	kN			
Wt			46098.72																kN			
Periode Getar Gempa (T)	H Gedung	62																m				
	T	1.325699271																Detik				
	C	0.38																				
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)	I	1																				
	R	8.5																				
	Wt	46098.72																kN				
	V	2060.883953																kN				
Gaya Gempa di tiap -tiap Joint (V _j)	Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
	H	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62					m	
	W	3875.34	3460.62	3460.62	3123.12	3123.12	3125.64	3125.64	2990.64	2990.64	2990.64	2990.64	2869.68	2869.68	2869.68	2869.68	2353.98				kNm	
	H x W	23252.04	34606.21	48448.68	56216.16	68708.64	81286.64	93769.2	101681.8	113844.3	125606.9	132005.3	143484	154982.71	166441.4	145948.8					kNm	
	(H x W) TOTAL	1490040.72																kN				
	F	32.16	47.864	67.01	77.753	95.031	112.4	129.69	140.64	157.18	173.73	182.58	198.45	214.33	230.21	201.86					kN	

Tabel T2. 36. Hitungan Gaya Horizontal Portal as H (iterasi 2)

JENIS BEBAN	BAG	JENIS	DATA	Lt.2	Lt.3	Lt.4	Lt.5	Lt.6	Lt.7	Lt.8	Lt.9	Lt.10	Lt.11	Lt.12	Lt.13	Lt.14	Lt.15	Atap	SATUAN				
BEBAN MATI (W _D)	PLAT	P1	Q _D	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	4.34	2.88	kN/m ²				
		A _{PLAT}	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m			
		W _{PLAT}	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	347.2	230.4	kN			
	BALOK	B1	b _{BALOK}	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	m		
			h _{BALOK}	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	m	
			L _{BALOK}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		B2	b _{BALOK}	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	m	
			h _{BALOK}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	m
			L _{BALOK}	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		B3	b _{BALOK}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	m	
			h _{BALOK}	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	m
			L _{BALOK}	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA1	b _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
			h _{BA}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m
			L _{BALOK}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	m	
			n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
		BA2	b _{BA}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	m	
h _{BA}			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	m	
L _{BALOK}	16		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	m		
n	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-			
W _{BALOK}	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	330.78	kN			
KOLOM	K1	b _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	m		
		h _{KOLOM}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	m	
		T _{KOLOM}	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	m	
		n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	
	W _{KOLOM}	822.08	414.72	414.72	414.72	414.72	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	348.48	288	288	288	288	288	288	288	kN		
W _D	1300.06	1092.7	1092.7	1092.7	1092.7	1026.46	1026.46	1026.46	1026.46	1026.46	1026.46	1026.46	966.98	966.98	966.98	966.98	966.98	849.18	849.18	kN			
BEBAN HIDUP (W _L)	PLAT	P1	Q	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1	kN/m ²		
		A _{PLAT}	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	m	
		Koef. Reduksi	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	
		W _L	160	160	160	60	60	100	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	24	kN	
	W _{TOTAL}	1460.06	1262.7	1262.7	1162.7	1162.7	1126.46	1126.46	1086.46	1086.46	1086.46	1086.46	1086.46	966.98	966.98	966.98	966.98	966.98	873.18	873.18	kN		
Wt			16760.26																kN				
Periode Getar Gempa (T)			H _{Getar}		62															m			
			T		1.325699271															Detik			
			C		0.38																		
			I		1																		
Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa (V)			R		8.5																		
			Wt		16760.26															kN			
			V		749.2822118															kN			
Gaya Gempa di tiap-tiap Joint (V _J)	Joint		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
	H		6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62						
	W		1460.06	1252.7	1252.7	1152.7	1152.7	1126.46	1126.46	1086.46	1086.46	1086.46	1026.98	1026.98	1026.98	1026.98	1026.98	873.18					
	H x W		8760.36	12527	17537.8	20748.6	25359.4	28287.96	33793.8	36939.64	41285.48	45631.32	47195.08	51299	55402.92	59508.84	54137.16						
	(H x W) TOTAL		539412.36																kN				
	F		12.169	17.401	24.361	28.821	35.226	40.683	46.942	51.312	57.348	63.386	66.567	71.268	76.969	82.669	87.52						

Tabel T3. 1 kebutuhan tulangan dan momen kapasitas balok (analisis 3D)

Story	Balok	Dimensi Balok (mm)		Momen Awal (KNm)			Redistribusi (%)	Momen rencana (KNm)				Tulangan Pokok				Momen kapasitas (KNm)			
				Tumpuan		Lapangan		Tumpuan		Lapangan	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan				
		b	h	Negatif	Positif	Positif		Negatif	Positif	Positif	analisis 3D	Dtul (mm)	Σ tul tarik	Σ tul desak	Dtul (mm)	Σ tul tarik	Σ tul desak	Mkap'	Mkap''
				3D	3D	3D													
1	B1	300	600	449,451	316,987	109,4297	0	449,4514	316,9871	109,4297	19	11	8	19	4	2	720,3262	555,5621	
	B2	350	700	678,061	400,716	208,2582	0	678,0608	400,7164	208,2582	22	10	6	22	4	2	1053,3120	673,2512	
	B3	350	700	713,976	307,923	236,5307	20	571,1809	450,7177	236,5307	22	9	7	22	4	2	957,6670	780,9752	
	B4	350	700	957,645	527,395	253,8119	0	957,6449	527,3951	253,8119	25	12	6	25	4	2	1528,4746	860,8099	
	B5	350	700	903,617	478,002	248,7362	0	903,6171	478,0021	248,7362	25	11	6	25	4	2	1421,3420	860,4221	
	B6	400	800	743,956	516,532	389,3557	0	743,956	516,5315	389,3557	25	8	5	25	4	2	1282,6961	845,5569	
	B7	400	800	1187,8	467,797	934,2408	20	934,2408	701,357	934,2408	25	10	8	25	5	2	1601,4591	1336,1040	
	B8	400	800	1097,86	401,731	423,747	20	878,268	821,303	423,747	25	9	6	25	4	2	1439,4225	1009,6578	
	B9	400	800	1229,3	517,751	432,2849	20	983,4388	763,6101	432,2849	25	10	8	25	5	3	1601,4591	1336,1040	
	B10	400	800	1126,26	388,167	433,1152	20	901,008	613,4186	433,1152	25	9	6	25	5	2	1439,4225	1009,6578	
2 s/d 8 <5>	B1	300	600	557,317	270,071	109,948	0	557,3167	270,0709	109,948	22	10	6	22	4	2	858,2124	556,4122	
	B2	400	800	759,286	492,328	208,3549	0	759,2858	492,3279	208,3549	25	8	5	25	4	2	1282,6961	845,5569	
	B3	400	800	838,54	332,183	232,0747	20	670,8322	499,6905	232,0747	25	7	5	25	4	2	1129,7625	845,1946	
	B4	400	800	1127,9	608,462	253,2864	0	1127,901	608,4623	253,2864	25	11	7	25	4	2	1745,2175	1174,2652	
	B5	400	800	1048,76	512,282	245,3266	0	1048,758	512,2822	245,3266	25	11	5	25	4	2	1693,6398	846,2499	
	B6	400	900	1012,51	291,252	364,2891	20	810,0064	493,7539	364,2891	25	7	5	25	4	2	1301,6375	967,8625	
	B7	400	900	1254,95	487,878	432,3016	20	1003,958	738,6674	432,3016	25	9	7	25	4	2	1665,2333	1344,5323	
	B8	400	900	1211,73	477,738	418,4148	20	969,384	720,084	418,4148	25	9	6	25	4	2	1660,4047	1156,9792	
	B9	400	900	1380,7	534,845	429,4451	20	1088,561	806,7655	429,4451	25	10	7	25	4	2	1841,7238	1345,4282	
	B10	400	900	1276,43	355,957	427,9583	20	1021,145	611,2432	427,9583	25	9	5	25	4	2	1653,4593	968,6078	
9 s/d 14 <9>	B1	300	600	483,914	107,688	114,3083	20	387,1314	204,4709	114,3083	22	7	5	22	4	2	612,9799	466,0308	
	B2	350	700	615,783	341,72	212,8935	0	615,7825	341,7195	212,8935	22	9	5	22	4	2	950,2851	564,3601	
	B3	350	700	700,864	116,586	236,5466	20	560,691	256,7592	236,5466	25	7	4	25	4	2	948,3375	580,1252	
	B4	400	800	930,511	336,489	262,1328	20	744,4085	522,5915	262,1328	25	8	5	25	4	2	1282,6961	845,5569	
	B5	400	800	860,359	237,738	251,3179	20	688,2875	409,8103	251,3179	25	7	4	25	4	2	1125,9959	681,1935	
	B6	400	900	861,897	80,7189	374,5463	20	689,5178	233,0983	374,5463	25	6	3	25	4	2	1116,6191	602,1204	
	B7	400	900	1021,36	60,7189	447,2188	20	817,084	409,1062	447,2188	25	7	3	25	4	2	1292,0289	802,6428	
	B8	400	900	1011,41	237,937	427,7194	20	809,1256	440,2179	427,7194	25	7	3	25	4	2	1292,0289	802,6428	
	B9	400	900	1131,19	220,936	443,5081	20	904,9552	447,1749	443,5081	25	8	3	25	4	2	1463,2656	603,0664	
	B10	400	900	1110,66	53,168	437,8294	20	888,5264	275,2996	437,8294	25	8	3	25	4	2	1463,2656	603,0664	
15	B1	300	500	200,84	0	114,9365	0	200,8402	0	114,9365	19	6	3	19	4	2	316,8422	202,3340	
	B2	300	600	211,518	0	135,5691	0	211,518	0	135,5691	19	5	2	19	4	2	337,8086	227,7404	
	B3	300	600	253,234	0	157,2188	0	253,2337	0	157,2188	19	6	3	19	4	2	401,7351	251,9141	
	B4	300	600	301,803	0	184,2441	0	301,8033	0	184,2441	19	8	3	19	5	3	523,8594	254,7715	
	B5	300	600	283,555	0	167,9927	0	283,555	0	167,9927	19	7	3	19	4	2	463,6580	253,4837	
	B6	300	600	334,721	0	266,8607	0	334,7212	0	266,8607	19	8	3	19	7	3	523,8594	254,7715	
	B7	300	600	332,118	0	321,1356	0	332,1161	0	321,1356	19	8	3	19	8	4	523,8594	254,7715	
	B8	300	600	362,832	0	289,2133	0	362,8316	0	289,2133	19	9	5	19	7	3	590,4821	353,6181	
	B9	300	600	396,584	0	315,3429	0	396,5842	0	315,3429	19	10	5	19	8	4	650,1542	353,6803	
	B10	300	600	453,76	0	298,09	0	453,7604	0	298,09	19	11	5	19	7	3	708,0736	353,7319	

Tabel T3. 2 kebutuhan tulangan dan momen kapasitas balok (analisis 2D)

Story	Balok	Dimenal Balok (mm)		Momen Awal (KNm)			Redistribusi (%)	Momen rencana (KNm)			Tulangan Pokok					Momen kapasitas (KNm)		
		b	h	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan		Lapangan	Tumpuan		Lapangan			Tumpuan		
				Negatif	Positif	Positif		Negatif	Positif	Positif	analisis 2D		Analisis 2D			analisis 2D		
											2D	2D	2D	Dtul (mm)	Σ tul tarik	Σ tul desak	Dtul (mm)	Σ tul tarik
1	B1	300	600	391,8144	176,892	178,4455	20	313,4515	255,2549	178,4455	19	8	6	19	5	3	530,7720	420,8019
	B2	350	700	728,7899	345,8058	241,4011	0	728,7899	345,8059	241,4011	22	11	5	22	4	2	1140,5976	564,5955
	B3	350	700	824,2593	297,2331	286,4529	20	659,4074	462,085	286,4529	22	10	7	22	5	2	1057,9984	781,5405
	B4	350	700	882,1307	235,0381	368,8871	20	705,7046	411,4642	368,8871	25	9	5	25	5	3	1203,4829	720,2298
	B5	350	700	903,8297	302,2966	335,6729	20	723,0638	483,0625	335,6729	25	9	6	25	4	2	1212,3278	859,3311
	B6	400	800	1019,397	385,2619	306,6269	20	815,5176	589,1413	306,6269	25	8	6	25	4	2	1287,0274	1009,0385
	B7	400	800	1149,332	384,8313	397,5025	20	919,4656	614,4977	397,5025	25	9	6	25	4	2	1439,4225	1009,6578
	B8	400	800	1178,887	338,8621	439,9636	20	943,1098	574,6395	439,9636	25	10	6	25	5	3	1588,7981	1010,1455
	B9	400	800	1167,393	329,921	435,3558	20	933,9144	563,3998	435,3558	25	10	6	25	5	3	1588,7981	1010,1455
	B10	400	800	1201,693	337,3728	441,7244	20	961,3544	577,7114	441,7244	25	10	6	25	5	3	1588,7981	1010,1455
2 s/d 8 <5>	B1	300	600	460,5268	244,5528	178,3391	0	460,5268	244,5528	178,3391	22	9	5	22	4	2	772,2963	466,5856
	B2	400	800	762,7032	379,8591	241,9802	0	762,7032	379,8591	241,9802	25	8	4	25	4	2	1278,2605	681,3045
	B3	400	800	951,0645	420,882	286,1135	0	951,0645	420,882	286,1135	25	10	4	25	4	2	1544,0396	681,4655
	B4	400	800	982,2685	335,3399	369,7397	20	785,8148	531,7936	369,7397	25	8	5	25	4	2	1282,6981	845,5589
	B5	400	800	1009,73	405,6868	335,3021	0	1009,73	405,6868	335,3021	25	10	4	25	4	2	1544,0396	681,4655
	B6	400	900	1087,653	451,2227	306,0795	0	1087,653	451,2227	306,0795	25	10	4	25	4	2	1789,5754	779,6798
	B7	400	900	1308,032	541,4259	397,6366	0	1308,032	541,4259	397,6366	25	12	5	25	4	2	2118,8976	969,1699
	B8	400	900	1225,614	384,9859	439,5437	20	980,4912	630,1087	439,5437	25	9	6	25	4	2	1660,4047	1156,9792
	B9	400	900	1348,169	508,5935	434,0554	0	1348,169	508,5935	434,0554	25	12	6	25	4	2	2137,6463	1158,1776
	B10	400	900	1283,089	417,5511	441,4804	0	1283,089	417,5511	441,4804	25	11	5	25	4	2	1963,7290	969,0177
9 s/d 14 <9>	B1	300	600	407,0966	178,9109	186,9483	0	407,0966	178,9109	186,9483	22	8	3	22	4	2	680,4785	286,3950
	B2	350	700	621,9918	218,1214	250,0927	20	497,5933	342,5197	250,0927	22	8	5	22	4	2	851,2587	564,1998
	B3	350	700	807,392	259,1847	297,7018	20	645,9136	420,6831	297,7018	25	8	5	25	4	2	1080,2945	719,8484
	B4	400	800	848,7498	180,6377	384,9447	20	678,9998	350,3877	384,9447	25	7	3	25	4	2	1120,1539	527,3690
	B5	400	800	865,7205	241,6499	348,5935	20	692,5764	414,794	348,5935	25	7	4	25	4	2	1125,9959	681,1935
	B8	400	900	917,466	264,6165	319,2735	20	733,9728	448,1097	319,2735	25	7	3	25	4	2	1292,0289	602,6428
	B7	400	900	1099,234	316,7036	416,0876	20	879,3872	536,5504	416,0876	25	8	5	25	4	2	1479,1247	968,3248
	B8	400	900	1030,686	166,2718	455,6468	20	824,5488	372,409	455,6468	25	7	3	25	4	2	1292,0289	602,6428
	B9	400	900	1144,406	296,4625	442,2021	20	915,5248	525,3437	442,2021	25	8	5	25	4	2	1479,1247	968,3248
	B10	400	900	1112,543	225,6706	458,4605	20	890,0344	448,1792	458,4605	25	8	3	25	4	2	1463,2656	603,0664
15	B1	300	500	150,301	0	128,7612	0	150,301	0	128,7612	19	5	2	19	4	2	266,8979	183,2071
	B2	300	600	203,7313	0	147,292	0	203,7313	0	147,292	19	5	2	19	4	2	337,8086	227,7404
	B3	300	600	252,8264	0	215,6468	0	252,8264	0	215,6468	19	6	3	19	5	2	401,7351	251,9141
	B4	300	600	284,5439	0	274,4898	0	284,5439	0	274,4898	19	7	3	19	7	3	463,6580	253,4837
	B5	300	600	282,589	0	249,3133	0	282,589	0	249,3133	19	7	3	19	6	2	463,6580	253,4837
	B6	300	600	277,9882	0	261,3013	0	277,9882	0	261,3013	19	7	3	19	7	3	463,6580	253,4837
	B7	300	600	334,1446	0	346,0388	0	334,1446	0	346,0388	19	8	4	19	9	4	527,0677	285,9293
	B8	300	600	339,1223	0	334,7935	0	339,1223	0	334,7935	19	8	4	19	8	4	527,0677	285,9293
	B9	300	600	467,2821	0	307,7145	0	467,2821	0	307,7145	19	12	5	19	8	4	764,0612	353,7753
	B10	300	600	357,8662	0	348,0533	0	357,8662	0	348,0533	19	9	4	19	9	4	586,9805	285,9391

Tabel T3. 3 Tulangan geser (Begel) pada balok

Story	Balok	Dimensi Balok (mm)		Gaya geser rencana (KN)				kebutuhan tulangan geser											
				analisis 3D		analisis 2D		analisis 3D						analisis 2D					
		b	h	Dalam sendi plastis	Luar sendi plastis	Dalam sendi plastis	Luar sendi plastis	Dalam sendi plastis			Luar sendi plastis			Dalam sendi plastis			Luar sendi plastis		
								Dtul (mm)	Ekaki begel	Jarak (mm)	Dtul (mm)	Ekaki begel	Jarak (mm)	Dtul (mm)	Ekaki begel	Jarak (mm)	Dtul (mm)	Ekaki begel	Jarak (mm)
1	B1	300	600	247,521	242,717	229,233	208,721	12	3	100	12	2	100	12	3	110	12	2	130
	B2	350	700	278,367	268,103	302,112	288,539	12	3	100	12	2	130	12	3	90	12	2	130
	B3	350	700	284,019	283,755	366,281	332,251	12	3	100	12	2	120	12	3	80	12	2	90
	B4	350	700	362,622	352,358	412,807	377,110	12	4	110	12	3	120	12	4	90	12	3	110
	B5	350	700	350,885	340,620	412,223	377,125	12	4	110	12	3	130	12	4	90	12	3	110
	B6	400	800	321,879	305,943	365,695	321,188	12	3	100	12	2	150	12	3	90	12	2	140
	B7	400	800	402,408	386,472	418,133	368,143	12	4	110	12	2	100	12	4	110	12	2	100
	B8	400	800	363,562	347,626	445,388	395,398	12	4	120	12	2	120	12	4	100	12	2	90
	B9	400	800	403,148	387,212	445,497	396,068	12	4	110	12	3	150	12	4	100	12	3	140
	B10	400	800	370,266	354,330	448,754	396,764	12	4	120	12	2	110	12	4	100	12	2	90
2 s/d 8 <5>	B1	300	600	290,209	282,326	288,942	265,127	12	4	110	12	3	120	12	4	120	12	3	130
	B2	400	800	315,529	303,798	327,493	288,865	12	3	110	12	2	150	12	3	100	12	2	170
	B3	400	800	330,783	319,052	419,307	380,152	12	4	140	12	2	140	12	4	110	12	2	100
	B4	400	800	426,435	414,704	444,084	403,701	12	4	100	12	3	130	12	4	100	12	3	140
	B5	400	800	391,626	379,896	444,750	404,367	12	4	110	12	2	100	12	4	100	12	2	90
	B6	400	900	343,441	325,513	397,460	347,123	12	3	110	12	2	170	12	3	90	12	2	150
	B7	400	900	415,333	397,405	475,806	419,268	12	4	120	12	2	120	12	4	110	12	2	100
	B8	400	900	394,676	376,748	466,013	409,475	12	4	130	12	2	130	12	4	110	12	2	110
	B9	400	900	434,824	416,996	510,990	455,086	12	4	120	12	2	110	12	4	100	12	2	90
	B10	400	900	404,009	386,081	490,597	434,059	12	4	130	12	2	120	12	4	100	12	2	100
9 s/d 14 <9>	B1	300	600	261,263	251,014	263,295	240,797	12	4	120	12	3	150	12	4	120	12	3	160
	B2	350	700	258,149	245,727	278,026	243,480	12	3	110	12	2	150	12	3	100	12	2	150
	B3	350	700	296,358	285,936	390,869	355,852	12	4	130	12	2	110	12	4	100	12	2	80
	B4	400	800	359,178	347,267	407,449	366,175	12	4	120	12	2	120	12	4	110	12	2	110
	B5	400	800	331,358	319,447	417,823	376,549	12	3	100	12	2	140	12	3	80	12	2	100
	B6	400	900	309,144	291,005	356,533	305,337	12	3	120	12	2	200	12	3	110	12	2	200
	B7	400	900	336,562	318,423	436,748	379,245	12	3	110	12	2	180	12	3	90	12	2	130
	B8	400	900	328,211	310,072	402,052	344,549	12	3	120	12	2	200	12	3	90	12	2	150
	B9	400	900	359,348	341,209	458,280	400,041	12	4	140	12	2	160	12	4	110	12	2	110
	B10	400	900	375,446	357,307	440,493	382,990	12	4	140	12	2	140	12	4	120	12	2	120
15	B1	300	500	150,520	146,343	115,475	107,258	12	3	130	12	2	170	12	3	170	12	2	200
	B2	300	600	134,542	125,477	135,963	120,372	12	2	120	12	2	200	12	2	120	12	2	200
	B3	300	600	141,128	132,061	170,154	148,764	12	2	110	12	2	200	12	2	90	12	2	200
	B4	300	600	190,377	181,312	214,813	192,878	12	3	130	12	2	170	12	3	110	12	2	150
	B5	300	600	158,548	149,483	189,967	168,032	12	2	100	12	2	200	12	2	80	12	2	200
	B6	300	600	167,968	155,735	180,263	155,205	12	3	150	12	2	200	12	3	140	12	2	200
	B7	300	600	179,628	167,398	226,028	198,546	12	3	140	12	2	200	12	3	110	12	2	140
	B8	300	600	206,380	194,150	222,622	195,139	12	3	120	12	2	150	12	3	110	12	2	150
	B9	300	600	203,875	191,645	278,538	248,941	12	3	120	12	2	150	12	3	90	12	2	100
	B10	300	600	207,990	195,759	211,308	183,825	12	3	120	12	2	150	12	3	110	12	2	170

Tabel T3. 4 Resume Momen rencana kolom arah X

story	Momen	K1 (Tepi Kiri)	K2 (Tepi Kiri)	K3 (Tengah)	
1	MU _{k,Pakai (atas)}	511,69	511,69	1353,90	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	216,98	293,28	669,31	KNm
2	MU _{k,Pakai (atas)}	491,94	491,94	1128,02	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	312,57	359,28	1128,02	KNm
5	MU _{k,Pakai (atas)}	298,37	298,37	687,84	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	564,90	665,83	1534,92	KNm
6	MU _{k,Pakai (atas)}	417,49	472,65	1095,26	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	472,65	472,65	1095,26	KNm
10	MU _{k,Pakai (atas)}	183,21	183,21	458,88	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	489,38	500,64	1253,40	KNm
11	MU _{k,Pakai (atas)}	224,06	277,47	844,92	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	335,48	335,48	844,92	KNm
15	MU _{k,Pakai (atas)}	0,00	0,00	0,00	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	234,13	257,45	534,55	KNm

Tabel T3. 5 Resume Momen rencana kolom arah Y

story	Momen	K1 (Tepi Kiri)	K2 (Tengah)	K3 (Tengah)	
1	MU _{k,Pakai (atas)}	511,69	1092,99	977,68	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	293,28	406,51	118,25	KNm
2	MU _{k,Pakai (atas)}	491,94	1122,73	922,90	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	177,54	1122,73	922,90	KNm
5	MU _{k,Pakai (atas)}	298,37	684,94	561,34	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	665,83	1528,45	1252,64	KNm
6	MU _{k,Pakai (atas)}	472,65	1091,10	891,64	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	472,65	1091,10	891,64	KNm
10	MU _{k,Pakai (atas)}	183,21	423,12	400,11	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	500,64	1156,22	1093,35	KNm
11	MU _{k,Pakai (atas)}	229,44	802,45	735,20	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	335,48	802,45	735,20	KNm
15	MU _{k,Pakai (atas)}	0,00	0,00	0,00	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	199,76	406,97	472,27	KNm

Tabel T3. 6 Resume momen rencana kolom

story	Momen	K1	K2	K3	
1	MU _{k,Pakai (atas)}	511,69	1092,99	1353,90	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	293,28	406,51	669,31	KNm
2	MU _{k,Pakai (atas)}	491,94	1122,73	1128,02	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	312,57	1122,73	1128,02	KNm
5	MU _{k,Pakai (atas)}	298,37	684,94	687,84	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	665,83	1528,45	1534,92	KNm
6	MU _{k,Pakai (atas)}	472,65	1091,10	1095,26	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	472,65	1091,10	1095,26	KNm
10	MU _{k,Pakai (atas)}	183,21	423,12	458,88	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	500,64	1156,22	1253,40	KNm
11	MU _{k,Pakai (atas)}	229,44	802,45	844,92	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	335,48	802,45	844,92	KNm
15	MU _{k,Pakai (atas)}	0,00	0,00	0,00	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	234,13	406,97	534,55	KNm

Tabel T3. 7 Momen Ultimate (Mu) Pakai Kolom

story	Momen	K1	K2	K3	
1	MU _{k,Pakai}	1339,00	1526,46	1548,44	KNm
2	MU _{k,Pakai}	511,69	1122,73	1353,90	KNm
5	MU _{k,Pakai}	665,83	1528,45	1534,92	KNm
6	MU _{k,Pakai}	472,65	1091,10	1095,26	KNm
10	MU _{k,Pakai}	500,64	1156,22	1253,40	KNm
11	MU _{k,Pakai}	335,48	802,45	844,92	KNm
15	MU _{k,Pakai}	234,13	802,45	844,92	KNm

Tabel T3. 8 Gaya aksial ultimate (Pu)Kolom

STORY	K1	K2	K3	
1	7328,03	8147,62	9555,93	KN
2	6866,64	7568,62	8783,09	KN
3	6413,83	7022,72	8078,42	KN
4	5937,07	6464,38	7375,70	KN
5	5436,18	5893,48	6674,90	KN
6	4912,99	5310,93	5975,19	KN
7	4411,84	4758,78	5313,56	KN
8	3886,63	4194,14	4653,69	KN
9	3317,79	3618,02	3994,72	KN
10	2654,18	3068,48	3374,72	KN
11	2021,03	2510,84	2756,28	KN
12	1492,11	1982,14	2166,00	KN
13	1013,98	1414,34	1578,31	KN
14	591,93	711,28524	991,40	KN
15	228,74	321,35	405,80	KN

Tabel T3. 9 Mn-Pn (700x700)mm

Ast (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
h (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
d (mm)	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		691	614	538	461	384	346	307	269	230	
ab (mm)		588	522	457	392	326	294	261	228	196	55
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		548	541	533	522	506	496	483	466	444	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900	4900
Ts (kn)		-109	61	280	572	980	980	980	980	980	
Cs (kn)		918	918	918	918	918	918	918	918	918	
Cc (kn)		10487	9322	8157	6991	5826	5244	4661	4078	3496	
Mn (kn m)	0	824	1112	1338	1610	1639	1615	1573	1512	1431	600
Pn (kn)	14330	11514	10178	8794	7337	5764	5181	4599	4016	3433	0

Ast (%)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
h (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
d (mm)	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		691	614	538	461	384	346	307	269	230	
ab (mm)		588	522	457	392	326	294	261	228	196	110
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		548	541	533	522	506	496	483	466	444	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800
Ts (kn)		-218	123	560	1143	1960	1960	1960	1960	1960	
Cs (kn)		1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835	
Cc (kn)		10487	9322	8157	6991	5826	5244	4661	4078	3496	
Mn (kn m)	0	1059	1396	1686	1942	2189	2166	2123	2062	1982	1147
Pn (kn)	16165	12540	11035	9432	7683	5701	5119	4536	3953	3371	0

Ast (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
h (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
d (mm)	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		691	614	538	461	384	346	307	269	230	
ab (mm)		588	522	457	392	326	294	261	228	196	165
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		548	541	533	522	506	496	483	466	444	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	14700	14700	14700	14700	14700	14700	14700	14700	14700	14700	14700
Ts (kn)		-327	184	840	1715	2940	2940	2940	2940	2940	
Cs (kn)		2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	
Cc (kn)		10487	9322	8157	6991	5826	5244	4661	4078	3496	
Mn (kn m)	0	1293	1680	2033	2373	2739	2716	2674	2612	2532	1639
Pn (kn)	18000	13566	11891	10069	8029	5639	5056	4474	3891	3308	0

Ast (%)	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
h (mm)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
d (mm)	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		691	614	538	461	384	346	307	269	230	
ab (mm)		588	522	457	392	326	294	261	228	196	220
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		548	541	533	522	506	496	483	466	444	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	19600	19600	19600	19600	19600	19600	19600	19600	19600	19600	19600
Ts (kn)		-436	245	1120	2287	3920	3920	3920	3920	3920	
Cs (kn)		3670	3670	3670	3670	3670	3670	3670	3670	3670	
Cc (kn)		10487	9322	8157	6991	5826	5244	4661	4078	3496	
Mn (kn m)	0	1528	1964	2380	2805	3289	3266	3224	3163	3082	2078
Pn (kn)	19835	14593	12747	10707	8375	5576	4994	4411	3828	3246	0

Tabel T3. 10 Mn-Pn (900x900)mm

Ast (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
h (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
d (mm)	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
C _b (mm)	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
C (mm)		907	806	706	605	504	454	403	353	302	
a (mm)		771	685	600	514	428	386	343	300	257	71
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		560	555	549	540	529	521	511	498	481	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	8100	8100	8100	8100	8100	8100	8100	8100	8100	8100	8100
Ts (kn)		-180	101	463	945	1620	1620	1620	1620	1620	
Cs (kn)		1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517	
Cc (kn)		17697	15731	13764	11798	9832	8849	7865	6882	5899	
Mn (kn m)	0	1662	2319	2838	3237	3542	3499	3415	3288	3120	1304
Pn (kn)	23688	19394	17146	14818	12370	9729	8745	7762	6779	5796	0

Ast (%)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
h (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
d (mm)	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		907	806	706	605	504	454	403	353	302	
ab (mm)		771	685	600	514	428	386	343	300	257	141
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		560	555	549	540	529	521	511	498	481	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200	16200
Ts (kn)		-360	202	926	1890	3240	3240	3240	3240	3240	
Cs (kn)		3033	3033	3033	3033	3033	3033	3033	3033	3033	
Cc (kn)		17697	15731	13764	11798	9832	8849	7865	6882	5899	
Mn (kn m)	0	2183	2950	3610	4197	4765	4723	4638	4512	4343	2493
Pn (kn)	26722	21091	18562	15872	12942	9625	8642	7659	6676	5693	0

Ast (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
h (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
d (mm)	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		907	806	706	605	504	454	403	353	302	
ab (mm)		771	685	600	514	428	386	343	300	257	212
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		560	555	549	540	529	521	511	498	481	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	24300	24300	24300	24300	24300	24300	24300	24300	24300	24300	24300
Ts (kn)		-540	304	1389	2835	4860	4860	4860	4860	4860	
Cs (kn)		4550	4550	4550	4550	4550	4550	4550	4550	4550	
Cc (kn)		17697	15731	13764	11798	9832	8849	7865	6882	5899	
Mn (kn m)	0	2704	3581	4382	5157	5988	5946	5862	5735	5566	3568
Pn (kn)	29755	22787	19977	16926	13513	9522	8539	7556	6572	5589	0

Ast (%)	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
h (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
d (mm)	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		907	806	706	605	504	454	403	353	302	
ab (mm)		771	685	600	514	428	386	343	300	257	282
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		560	555	549	540	529	521	511	498	481	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	32400	32400	32400	32400	32400	32400	32400	32400	32400	32400	32400
Ts (kn)		-720	405	1851	3780	6480	6480	6480	6480	6480	
Cs (kn)		6067	6067	6067	6067	6067	6067	6067	6067	6067	
Cc (kn)		17697	15731	13764	11798	9832	8849	7865	6882	5899	
Mn (kn m)	0	3226	4212	5154	6117	7212	7169	7085	6958	6790	4528
Pn (kn)	32789	24484	21383	17980	14085	9419	8436	7452	6469	5486	0

Tabel T3. 11 Mn-Pn (1100x1100)mm

Ast (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
h (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
d (mm)	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		1123	998	874	749	624	562	499	437	374	
ab (mm)		955	849	743	636	530	477	424	371	318	86
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		568	564	559	552	542	536	528	518	504	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100	12100
Ts (kn)		-269	151	691	1412	2420	2420	2420	2420	2420	
Cs (kn)		2266	2266	2266	2266	2266	2266	2266	2266	2266	
Cc (kn)		26780	23804	20829	17853	14878	13390	11902	10414	8927	
Mn (kn m)	0	2924	4176	5172	5940	6533	6465	6317	6091	5785	2412
Pn (kn)	35386	29315	25919	22403	18707	14723	13236	11748	10260	8772	0

Ast (%)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
h (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
d (mm)	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		1123	998	874	749	624	562	499	437	374	
ab (mm)		955	849	743	636	530	477	424	371	318	173
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		568	564	559	552	542	536	528	518	504	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	24200	24200	24200	24200	24200	24200	24200	24200	24200	24200	24200
Ts (kn)		-538	302	1383	2823	4840	4840	4840	4840	4840	
Cs (kn)		4531	4531	4531	4531	4531	4531	4531	4531	4531	
Cc (kn)		26780	23804	20829	17853	14878	13390	11902	10414	8927	
Mn (kn m)	0	3902	5360	6621	7742	8829	8761	8613	8387	8081	4818
Pn (kn)	39918	31849	28033	23977	19561	14569	13081	11594	10106	8618	0

Ast (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
h (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
d (mm)	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		1123	998	874	749	624	562	499	437	374	
ab (mm)		955	849	743	636	530	477	424	371	318	259
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		568	564	559	552	542	536	528	518	504	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	36300	36300	36300	36300	36300	36300	36300	36300	36300	36300	36300
Ts (kn)		-807	454	2074	4235	7260	7260	7260	7260	7260	
Cs (kn)		6797	6797	6797	6797	6797	6797	6797	6797	6797	
Cc (kn)		26780	23804	20829	17853	14878	13390	11902	10414	8927	
Mn (kn m)	0	4881	6545	8070	9543	11125	11057	10909	10683	10377	6611
Pn (kn)	44449	34384	30148	25552	20415	14415	12927	11439	9952	8464	0

Ast (%)	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
h (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
d (mm)	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
d' (mm)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
xb (mm)	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624	624
faktor		1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
x (mm)		1123	998	874	749	624	562	499	437	374	
ab (mm)		955	849	743	636	530	477	424	371	318	345
fs (Mpa)		-44	25	114	233	400	511	650	829	1067	
fs pakai		-44	25	114	233	400	400	400	400	400	
fs' (Mpa)		568	564	559	552	542	536	528	518	504	
fs' pakai		400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Ast (mm ²)	48400	48400	48400	48400	48400	48400	48400	48400	48400	48400	48400
Ts (kn)		-1076	605	2766	5647	9680	9680	9680	9680	9680	
Cs (kn)		9063	9063	9063	9063	9063	9063	9063	9063	9063	
Cc (kn)		26780	23804	20829	17853	14878	13390	11902	10414	8927	
Mn (kn m)	0	5859	7729	9519	11345	13421	13353	13205	12979	12673	8397
Pn (kn)	48981	36918	32262	27126	21269	14261	12773	11285	9797	8310	0

Tabel T3. 12 Tulangan Pokok kolom

Story	K1	K2	K3
1	26D25	26D25	26D25
2	26D25	26D25	26D25
3	26D25	26D25	26D25
4	26D25	26D25	26D25
5	26D25	26D25	26D25
6	18D25	18D25	18D25
7	18D25	18D25	18D25
8	18D25	18D25	18D25
9	18D25	18D25	18D25
10	18D25	18D25	18D25
11	10D25	10D25	10D25
12	10D25	10D25	10D25
13	10D25	10D25	10D25
14	10D25	10D25	10D25
15	10D25	10D25	10D25

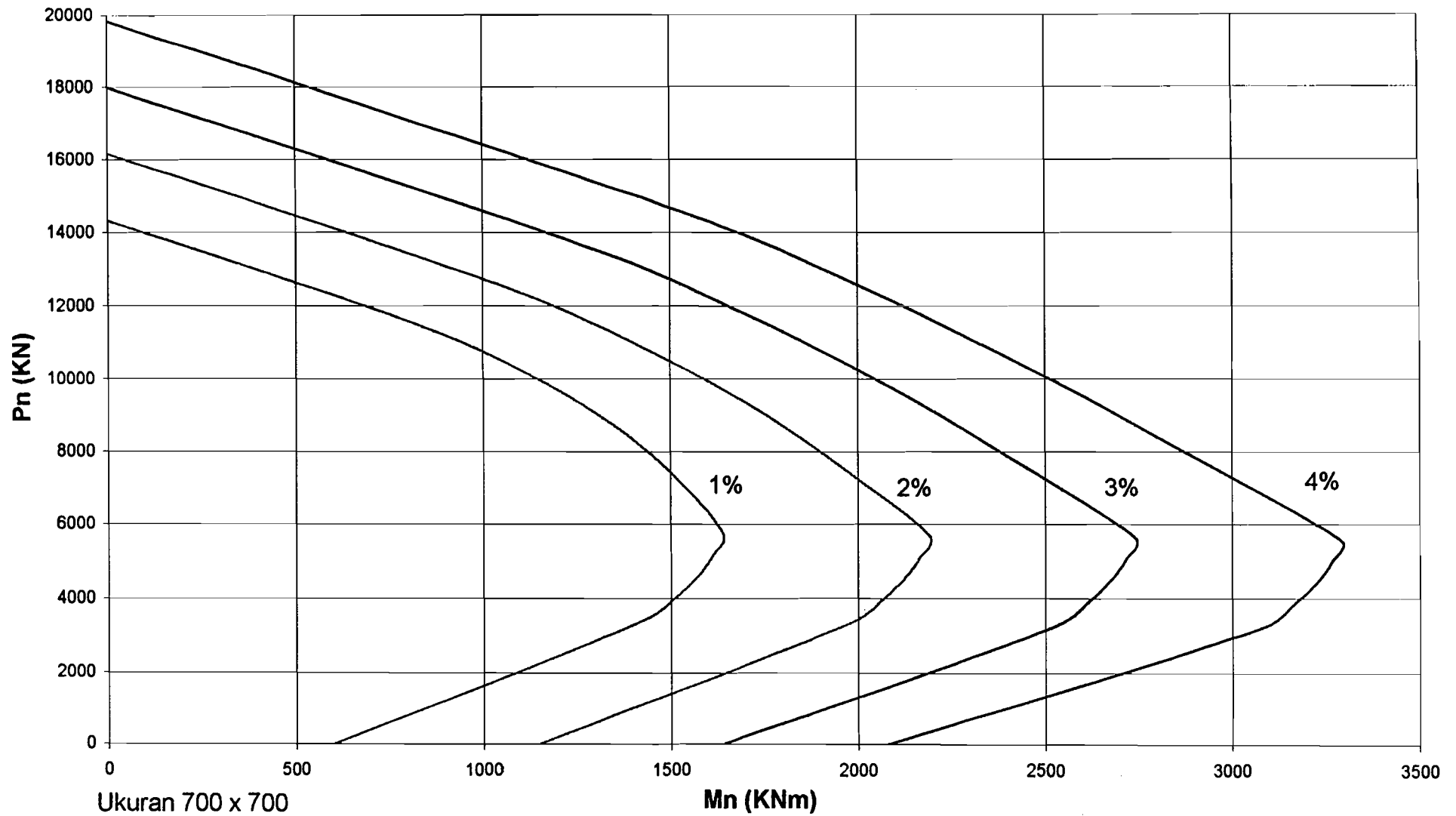


Diagram Mn - Pn (700 x 700)mm

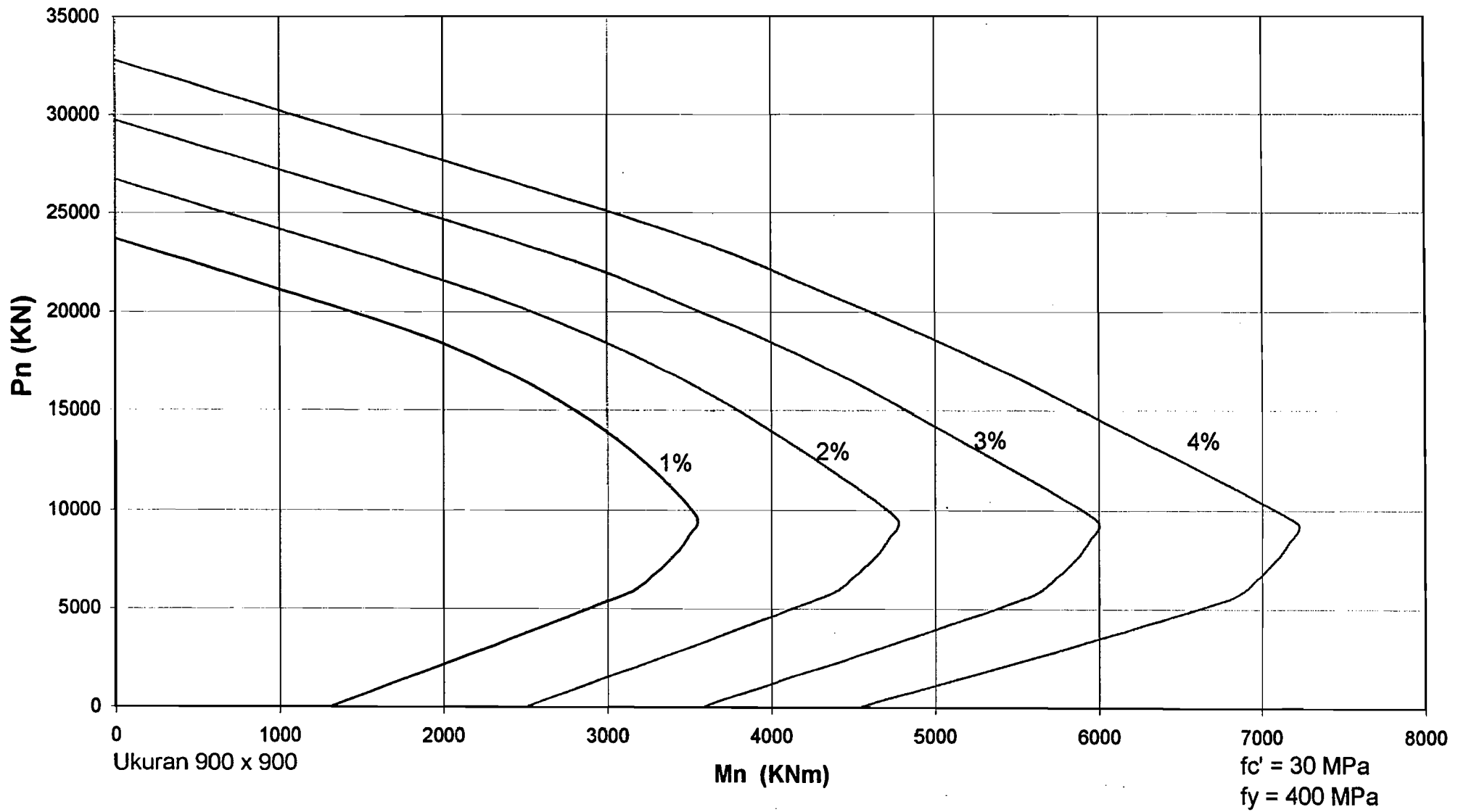
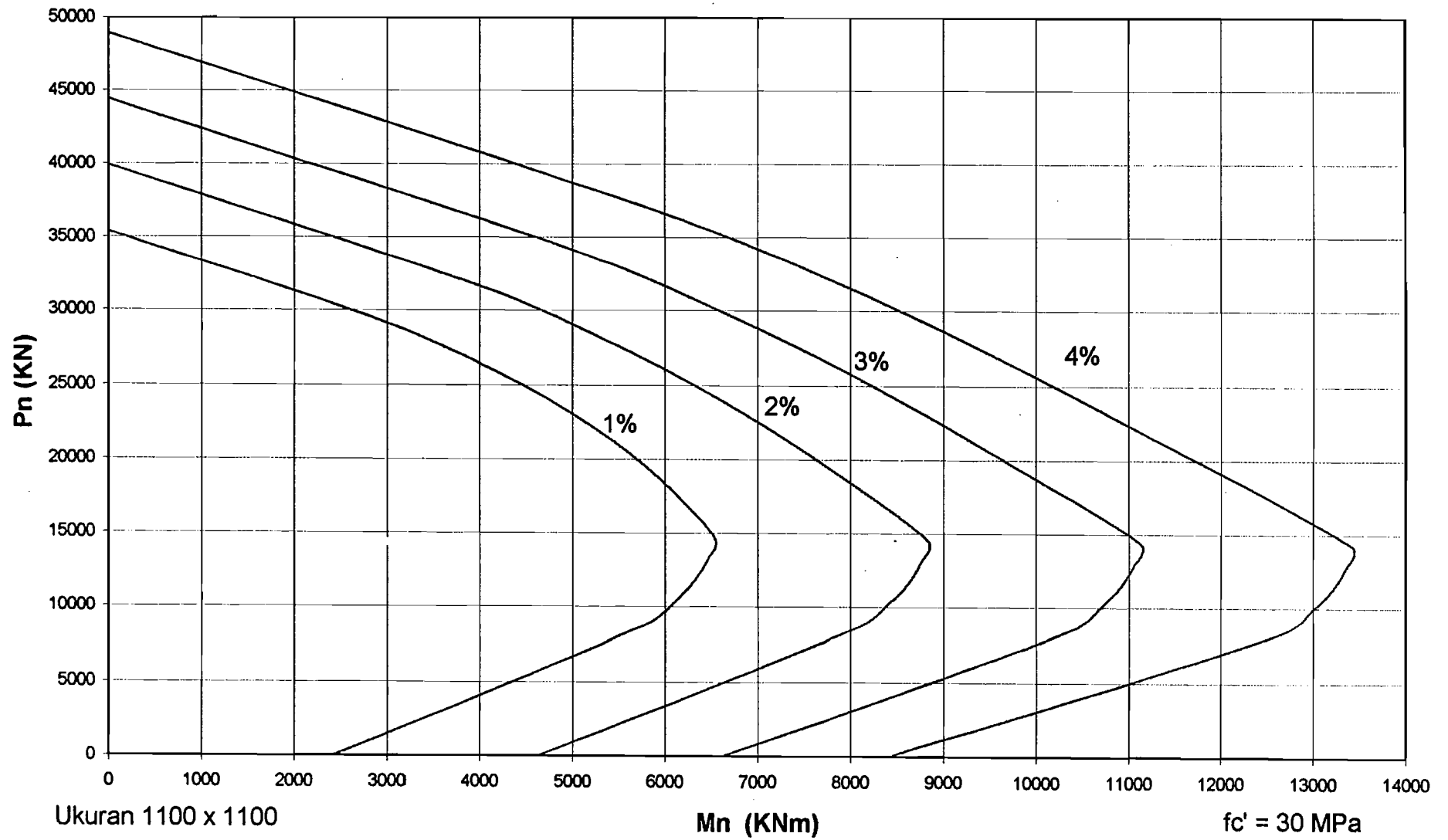


Diagram Mn - Pn (900 x 900) mm



Ukuran 1100 x 1100

M_n (KNm)

$f_c' = 30$ MPa
 $f_y = 400$ MPa

Diagram $M_n - P_n$ (1100 x 1100)mm

Tabel T3. 13 Momen Kapasitas Kolom

STORY1	K1	K2	K3	
b kolom	1100	1100	1100	mm
h kolom	1100	1100	1100	mm
d'	60	60	60	mm
d	1040	1040	1040	mm
Mu	1339,00	1526,46	1548,44	KNm
Pu	7328,03	8147,62	9555,93	KN
fy	400	400	400	MPa
fc	30	30	30	MPa
D tul pakai	25	25	25	mm
Jmlh Tul pakai	26	26	26	
A Tulangan	490,87	490,87	490,87	mm ²
As=As'	6381,36	6381,36	6381,36	mm ²
ρ' = ρ	0,01	0,01	0,01	
Cb	624	624	624	mm
ab	530,4	530,4	530,4	mm
fs'	542,3076923	542,3076923	542,3076923	MPa
fs' pakai	400	400	400	MPa
Pnb	14877,72	14877,72	14877,72	KN
0.65 Pnb	9670,52	9670,52	9670,52	KN
resume	Runtuh Tarik	Runtuh Tarik	Runtuh Tarik	
e	182,72	187,35	162,04	mm
Runtuh Tarik (Pu ≤ 0.65Pn)				
(h-2e)/2d	0,35	0,35	0,37	
m	15,69	15,69	15,69	
Pn runtuh tarik	25786,59	25565,69	26788,05	KN
Runtuh Desak (Pu > 0.65Pn)				
e/(d-d')	0,00	0,00	0,00	
(3.h.e)/d ²	0,00	0,00	0,00	
Pn runtuh desak	0,00	0,00	0,00	KN
Pn	25786,59	25565,69	26788,05	KN
Ast	1,05%	1,05%	1,05%	Ag
Mn (lihat grafik Mn-Pn)	4300	4300	4500	KNm
Mkap kolom	5375	5375	5625	KNm

Tabel T3. 14 Begel Kolom

Story		Dalam sendi plastis			Luar sendi plastis		
		D tul (mm)	Σ kaki begel	Jarak (mm)	D tul (mm)	Σ kaki begel	Jarak (mm)
1	K1	12	4	110	10	2	200
	K2	12	4	100	10	2	200
	K3	12	4	100	10	2	200
2	K1	12	2	130	10	2	200
	K2	12	4	90	10	2	200
	K3	12	4	80	10	2	200
5	K1	12	3	130	10	2	200
	K2	12	4	70	10	2	200
	K3	12	4	70	10	2	200
6	K1	12	2	110	10	2	200
	K2	12	4	90	10	2	200
	K3	12	4	90	10	2	200
10	K1	12	3	130	12	2	200
	K2	12	4	70	12	3	200
	K3	12	4	70	12	3	180
11	K1	12	2	120	12	2	200
	K2	12	4	100	12	2	200
	K3	12	4	90	12	2	200
15	K1	12	2	150	12	2	200
	K2	12	3	80	12	2	200
	K3	12	4	100	12	2	140

Tabel T3. 15 Joint Balok Kolom

Story	Joint		
	K1 (pakai)	K2 (pakai)	K3 (pakai)
1	2P12 - 150	4P12 - 70	4P12 - 60
	4	9	12
2	3P12 - 100	3P12 - 80	4P12 - 75
	6	10	12
3 s/d 5	3P12 - 70	4P12 - 70	4P12 - 60
	8	11	14
6 s/d 9	3P12 - 80	4P12 - 80	4P12 - 60
	7	10	13
10	4P12 - 70	4P12 - 50	4P12 - 50
	8	13	13
11 s/d 14	4P12 - 80	4P12 - 50	5P12 - 70
	7	12	10
15	3P12 - 80	3P12 - 70	4P12 - 60
	6	8	9

Tabel T3. 4 s/d T3.15 (kecuali Tabel T3. 9 s/d T3. 11) adalah hasil desain kolom yang dianalisis 3 dimensi.

Tabel T3. 9 s/d T3. 11 adalah hitungan diagram Mn-Pn. Grafik dari hasil perhitungan Tabel T3. 9 s/d T3. 11 dapat digunakan untuk mendesain kolom yang dianalisis 3 dimensi dan 2 dimensi.

Tabel T3. 16 Resume Momen rencana kolom arah X

story	Momen	K1 (Tepi Kiri)	K2 (Tepi Kiri)	K3 (Tengah)	
1	MU _{k,Pakai (atas)}	377,04	377,04	1164,40	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	216,10	216,10	696,65	KNm
2	MU _{k,Pakai (atas)}	443,73	443,73	1301,24	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	443,73	443,73	1301,24	KNm
5	MU _{k,Pakai (atas)}	269,13	269,13	795,01	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	413,19	565,78	1774,07	KNm
6	MU _{k,Pakai (atas)}	426,32	426,32	1268,30	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	426,32	426,32	1268,30	KNm
10	MU _{k,Pakai (atas)}	203,39	203,39	457,76	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	359,05	472,03	1250,88	KNm
11	MU _{k,Pakai (atas)}	237,96	331,76	843,95	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	372,42	372,42	843,95	KNm
15	MU _{k,Pakai (atas)}	0,00	0,00	0,00	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	214,26	217,00	550,93	KNm

Tabel T3. 17 Resume Momen rencana kolom arah Y

story	Momen	K1 (Tepi Kiri)	K2 (Tengah)	K3 (Tengah)	
1	MU _{k,Pakai (atas)}	377,04	1079,46	951,10	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	103,20	645,83	569,03	KNm
2	MU _{k,Pakai (atas)}	443,73	1032,69	1074,49	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	340,26	1032,69	1074,49	KNm
5	MU _{k,Pakai (atas)}	269,13	630,00	654,59	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	480,98	1405,86	1460,73	KNm
6	MU _{k,Pakai (atas)}	426,32	1003,60	1041,35	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	426,32	1003,60	1041,35	KNm
10	MU _{k,Pakai (atas)}	203,39	395,41	398,49	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	398,34	1080,50	1088,93	KNm
11	MU _{k,Pakai (atas)}	227,73	749,90	731,62	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	372,42	749,90	731,62	KNm
15	MU _{k,Pakai (atas)}	0,00	0,00	0,00	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	184,07	381,53	457,18	KNm

Tabel T3. 18 Resume momen rencana kolom

story	Momen	K1	K2	K3	
1	MU _{k,Pakai (atas)}	377,04	1079,46	1164,40	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	216,10	645,83	696,65	KNm
2	MU _{k,Pakai (atas)}	443,73	1032,69	1301,24	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	443,73	1032,69	1301,24	KNm
5	MU _{k,Pakai (atas)}	269,13	630,00	795,01	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	480,98	1405,86	1774,07	KNm
6	MU _{k,Pakai (atas)}	426,32	1003,60	1268,30	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	426,32	1003,60	1268,30	KNm
10	MU _{k,Pakai (atas)}	203,39	395,41	457,76	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	398,34	1080,50	1250,88	KNm
11	MU _{k,Pakai (atas)}	237,96	749,90	843,95	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	372,42	749,90	843,95	KNm
15	MU _{k,Pakai (atas)}	0,00	0,00	0,00	KNm
	MU _{k,Pakai (bawah)}	214,26	381,53	550,93	KNm

Tabel T3. 19 Momen Ultimate (Mu) Pakai Kolom

story	Momen	K1	K2	K3	
1	MU _{k,Pakai}	1318,96	1682,88	1821,99	KNm
2	MU _{k,Pakai}	443,73	1079,46	1301,24	KNm
5	MU _{k,Pakai}	480,98	1405,86	1774,07	KNm
6	MU _{k,Pakai}	426,32	1003,60	1268,30	KNm
10	MU _{k,Pakai}	426,32	1080,50	1268,30	KNm
11	MU _{k,Pakai}	372,42	749,90	843,95	KNm
15	MU _{k,Pakai}	237,96	749,90	843,95	KNm

Tabel T3. 20 Gaya aksial ultimate (Pu) Kolom

STORY	K1	K2	K3	
1	5336,16	5133,61	7711,91	KN
2	5007,40	4766,63	7117,68	KN
3	4668,56	4420,82	6572,54	KN
4	4311,79	4063,68	6024,00	KN
5	3936,84	5270,56	5472,15	KN
6	3534,65	3316,70	4916,04	KN
7	3026,73	2971,25	4393,49	KN
8	2540,09	2614,23	3867,53	KN
9	2078,26	2246,87	3337,51	KN
10	1646,13	1899,54	2816,60	KN
11	1233,19	1547,82	2223,36	KN
12	894,65	1228,89	1703,38	KN
13	598,46	852,23	1203,36	KN
14	346,31	410,4531	733,63	KN
15	141,41	203,36	292,31	KN

Tabel T3. 21 Tulangan Pokok kolom

story	K1	K2	K3
1	26D25	26D25	26D25
2	26D25	26D25	26D25
3	26D25	26D25	26D25
4	26D25	26D25	26D25
5	26D25	26D25	26D25
6	18D25	18D25	18D25
7	18D25	18D25	18D25
8	18D25	18D25	18D25
9	18D25	18D25	18D25
10	18D25	18D25	18D25
11	10D25	10D25	10D25
12	10D25	10D25	10D25
13	10D25	10D25	10D25
14	10D25	10D25	10D25
15	10D25	10D25	10D25

Tabel T3. 22 Momen Kapasitas Kolom

STORY1	K1	K2	K3	
b kolom	1100	1100	1100	mm
h kolom	1100	1100	1100	mm
d'	60	60	60	mm
d	1040	1040	1040	mm
Mu	1318,96	1682,88	1821,99	KNm
Pu	5336,16	5133,61	7711,91	KN
fy	400	400	400	MPa
fc	30	30	30	MPa
D tul pakai	25	25	25	mm
Jmlh Tul pakai	26	26	26	
A Tulangan	490,87	490,87	490,87	mm ²
As=As'	6381,36	6381,36	6381,36	mm ²
ρ' = ρ	0,01	0,01	0,01	
Cb	624	624	624	mm
ab	530,4	530,4	530,4	mm
fs'	542,3076923	542,3076923	542,3076923	MPa
fs' pakai	400	400	400	MPa
Pnb	14877,72	14877,72	14877,72	KN
0.65 Pnb	9670,52	9670,52	9670,52	KN
resume	Runtuh Tarik	Runtuh Tarik	Runtuh Tarik	
e	247,17	327,82	238,26	mm
Runtuh Tarik (Pu ≤ 0.65Pn)				
(h-2e)/2d	0,29	0,21	0,30	
m	15,69	15,69	15,69	
Pn runtuh tarik	22813,87	19409,99	23301,64	KN
Runtuh Desak (Pu > 0.65Pn)				
e/(d-d')	0,00	0,00	0,00	
(3.h.e)/d ²	0,00	0,00	0,00	
Pn runtuh desak	0,00	0,00	0,00	KN
Pn	22813,87	19409,99	23301,64	KN
Ast	1,05%	1,05%	1,05%	Ag
Mn (lihat grafik Mn-Pn)	5200	6000	5200	KNm
Mkap kolom	6500	7500	6500	KNm

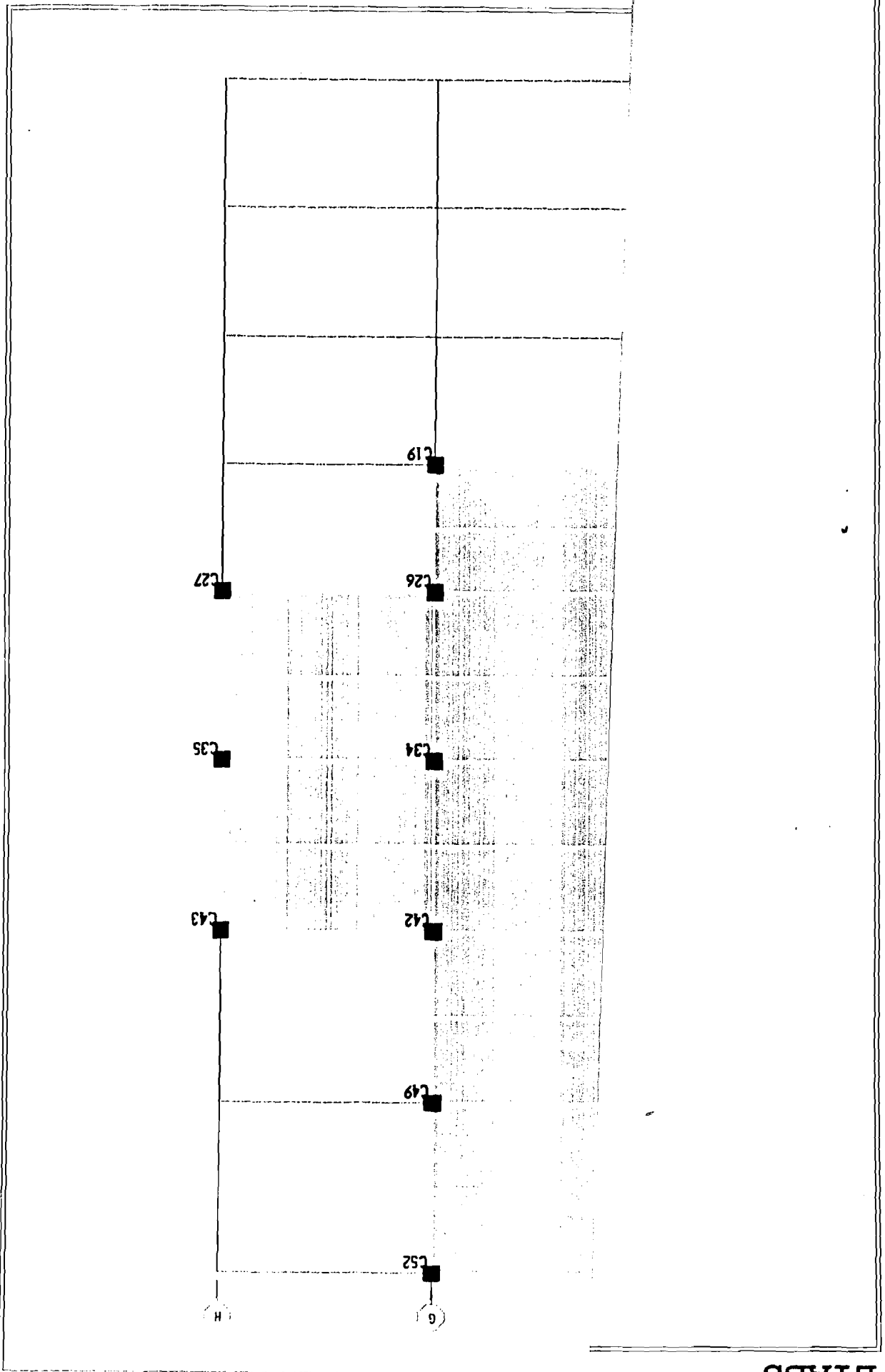
Tabel T3. 23 Begel Kolom

Story		Dalam sendi plastis			Luar sendi plastis		
		D tul (mm)	Σ kaki begel	Jarak (mm)	D tul (mm)	Σ kaki begel	Jarak (mm)
1	K1	12	4	90	10	2	200
	K2	12	4	70	10	2	200
	K3	12	4	80	10	2	200
2	K1	12	2	130	10	2	200
	K2	12	4	100	10	2	200
	K3	12	4	80	10	2	200
5	K1	12	2	110	10	2	200
	K2	12	4	80	10	2	200
	K3	12	4	60	10	2	140
6	K1	12	2	120	10	2	200
	K2	12	4	100	10	2	200
	K3	12	4	80	10	2	200
10	K1	12	2	100	12	2	200
	K2	12	4	80	12	3	200
	K3	12	4	60	12	3	130
11	K1	12	2	110	12	2	200
	K2	12	4	110	12	2	200
	K3	12	4	90	12	2	200
15	K1	12	2	150	12	2	200
	K2	12	3	90	12	2	200
	K3	12	4	100	12	2	130

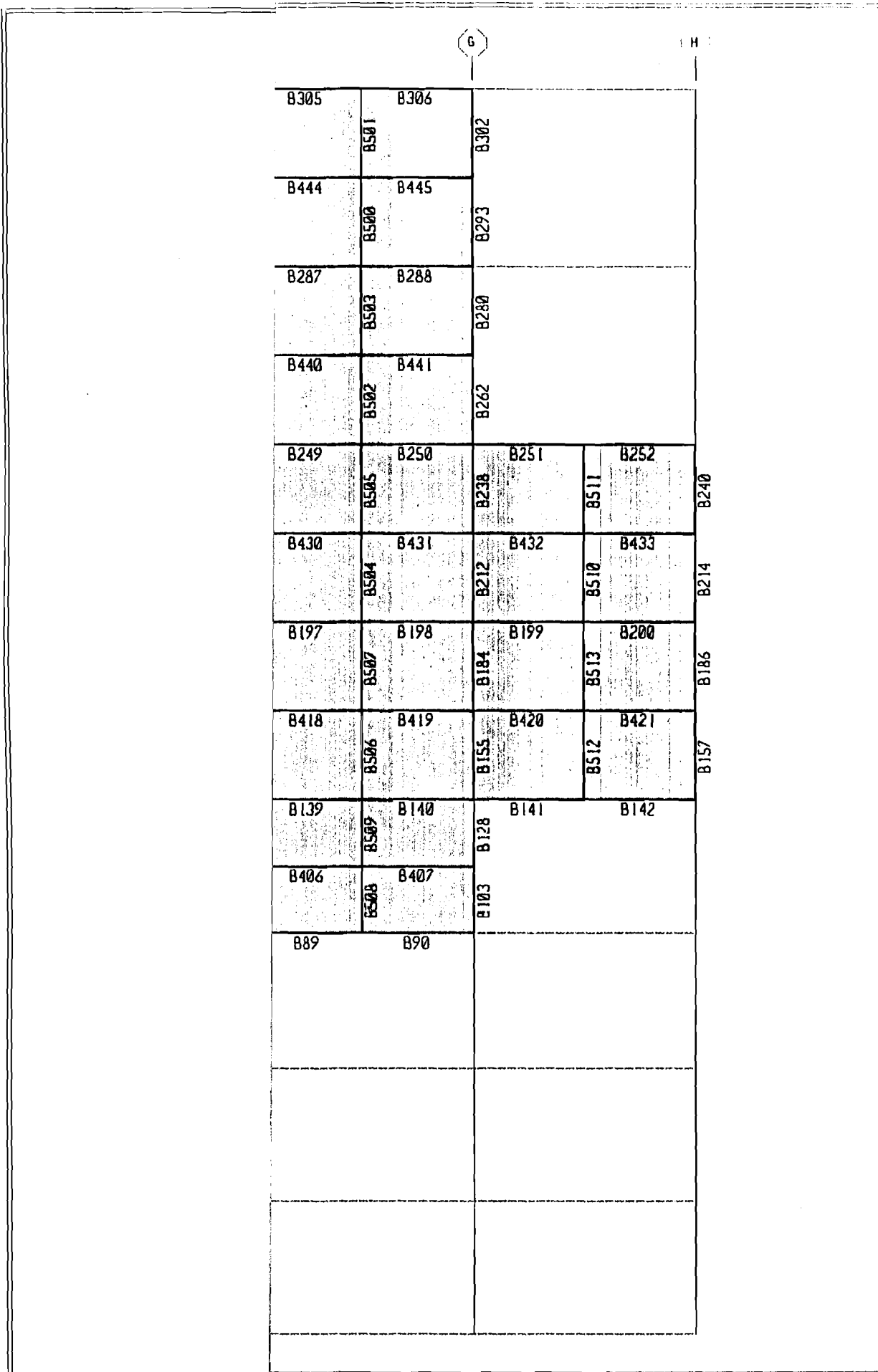
Tabel T3. 24 Joint Balok Kolom

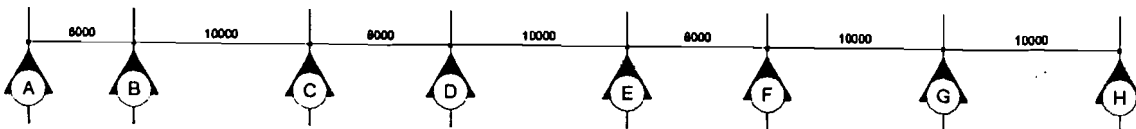
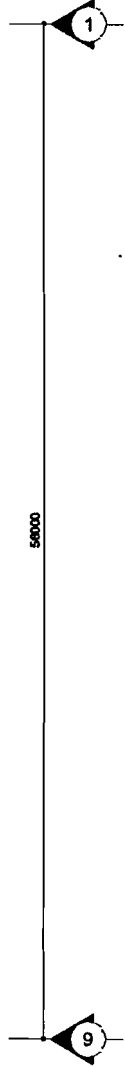
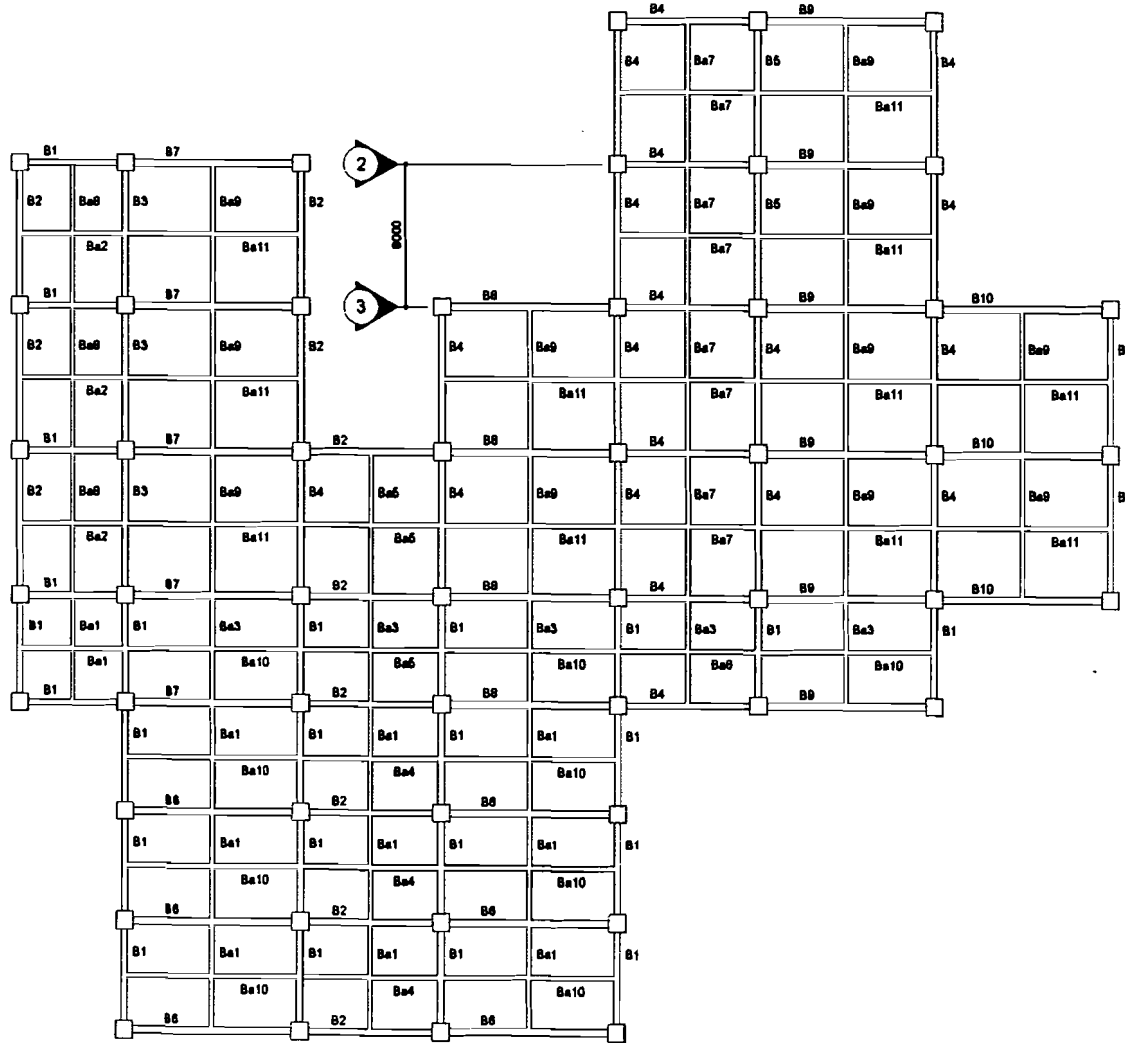
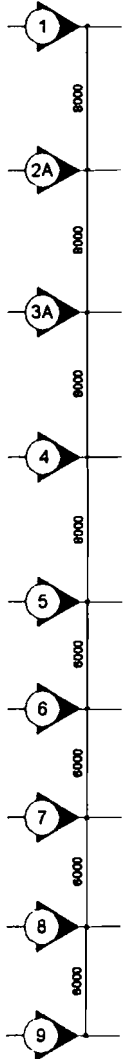
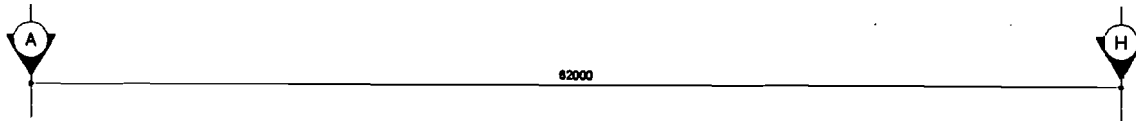
Story	Joint		
	K1 (pakai)	K2 (pakai)	K3 (pakai)
1	2P12 - 150	4P12 - 50	4P12 - 70
	4	13	11
2	3P12 - 70	3P12 - 60	4P12 - 60
	8	13	14
3 s/d 5	3P12 - 40	4P12 - 50	4P12 - 50
	13	14	16
6 s/d 9	3P12 - 60	4P12 - 70	4P12 - 60
	9	11	15
10	4P12 - 70	4P12 - 50	4P12 - 50
	8	13	13
11 s/d 14	4P12 - 60	4P12 - 50	5P12 - 60
	9	14	11
15	3P12 - 100	3P12 - 70	4P12 - 70
	5	8	8

Tabel T3. 16 s/d T3.24 adalah hasil desain kolom yang dianalisis 2 dimensi.



ETABS



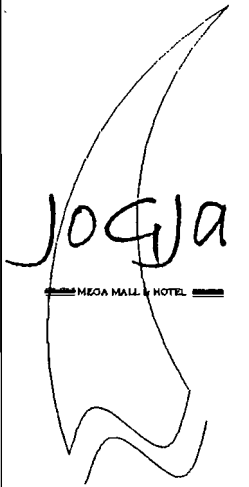


Elevasi

Level	Elevasi
Story 1	+ 4.00
Story 2	+ 8.00
Story 3	+ 12.00
Story 4	+ 16.00
Story 5	+ 20.00
Story 6	+ 24.00
Story 7	+ 28.00
Story 8	+ 32.00
Story 9	+ 36.00
Story 10	+ 40.00
Story 11	+ 44.00
Story 12	+ 48.00
Story 13	+ 52.00
Story 14	+ 56.00
Story 15	+ 60.00

Story 15

Beam	Dimensi
B1	300 x 300
B2	300 x 600
B3	300 x 600
B4	300 x 600
B5	300 x 600
B6	300 x 600
B7	300 x 600
B8	300 x 600
B9	300 x 600
B10	300 x 600
Ba1	200 x 300
Ba2	200 x 300
Ba3	200 x 300
Ba4	200 x 300
Ba5	200 x 300
Ba6	200 x 300
Ba7	200 x 300
Ba8	200 x 300
Ba9	200 x 300
Ba10	200 x 300
Ba11	200 x 300



PERENCANA
CV. AboutBLANK
 Jl. Kalireng KM 7 Kentungan Yogyakarta 55284

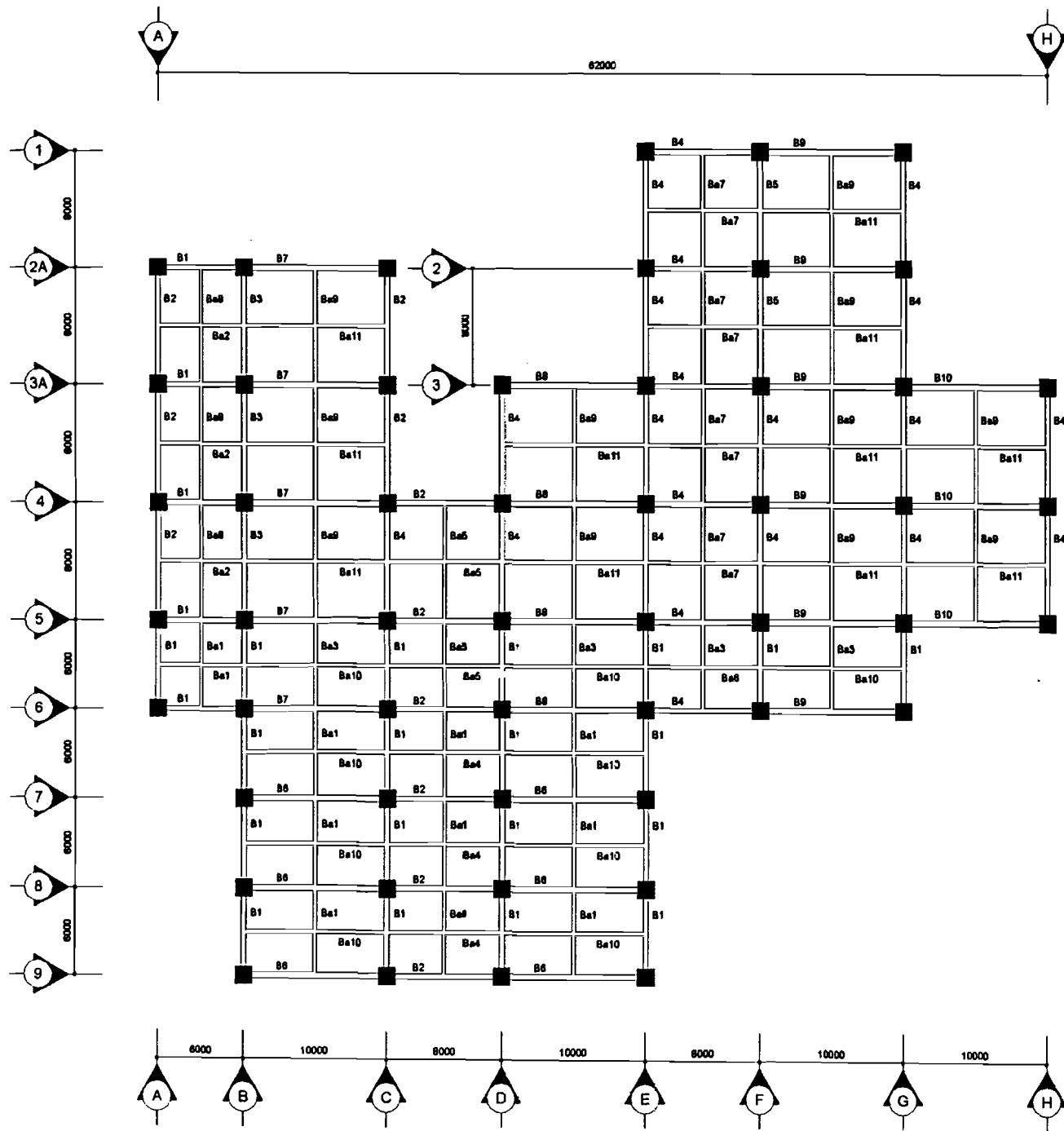
ARSITEK
 Wahyu Dwi Istikom
 KONSTRUKTOR
 Wahyu Priadi
 Habb Kachim S

DIGAMBAR
 Wahyu Priadi
 Habb Kachim S

JUDUL GAMBAR
DENAH BALOK ATAP

SKALA **1:430**
 DIGUNAKAN **STR**

TANGGAL
 KETERANGAN
 Jumlah Lembar Lembar Ke



Elevasi

Story	d Elevasi
Story 1	+ 4.00
Story 2	+ 8.00
Story 3	+ 12.00
Story 4	+ 16.00
Story 5	+ 20.00
Story 6	+ 24.00
Story 7	+ 28.00
Story 8	+ 32.00
Story 9	+ 36.00
Story 10	+ 40.00
Story 11	+ 44.00
Story 12	+ 48.00
Story 13	+ 52.00
Story 14	+ 56.00
Story 15	+ 60.00

Story 1

Baca	Dimensi
B1	300 x 600
B2	350 x 700
B3	350 x 700
B4	350 x 700
B5	350 x 700
B6	400 x 600
B7	400 x 600
B8	400 x 600
B9	400 x 600
B10	400 x 600
Ba1	200 x 400
Ba2	200 x 400
Ba3	200 x 400
Ba4	200 x 400
Ba5	200 x 400
Ba6	200 x 400
Ba7	200 x 400
Ba8	150 x 300
Ba9	200 x 400
Ba10	150 x 300
Ba11	200 x 400

Story 2 s/d 8

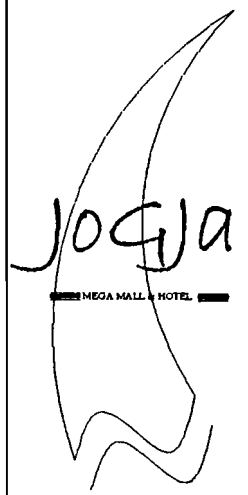
Baca	Dimensi
B1	300 x 700
B2	400 x 600
B3	400 x 600
B4	400 x 600
B5	400 x 600
B6	400 x 600
B7	400 x 600
B8	400 x 600
B9	400 x 600
B10	400 x 600
Ba1	200 x 400
Ba2	200 x 400
Ba3	200 x 400
Ba4	200 x 400
Ba5	200 x 400
Ba6	200 x 400
Ba7	200 x 400
Ba8	200 x 400
Ba9	200 x 400
Ba10	200 x 400
Ba11	200 x 400

Story 9 s/d 12

Baca	Dimensi
B1	300 x 600
B2	350 x 700
B3	350 x 700
B4	400 x 600
B5	400 x 600
B6	400 x 600
B7	400 x 600
B8	400 x 600
B9	400 x 600
B10	400 x 600
Ba1	200 x 400
Ba2	200 x 400
Ba3	200 x 400
Ba4	200 x 400
Ba5	200 x 400
Ba6	200 x 400
Ba7	200 x 400
Ba8	200 x 400
Ba9	200 x 400
Ba10	200 x 400
Ba11	200 x 400

Story 13 s/d 14

Baca	Dimensi
B1	300 x 600
B2	350 x 700
B3	350 x 700
B4	350 x 700
B5	350 x 700
B6	350 x 700
B7	350 x 700
B8	350 x 700
B9	350 x 700
B10	350 x 700
Ba1	200 x 400
Ba2	200 x 400
Ba3	200 x 400
Ba4	200 x 400
Ba5	200 x 400
Ba6	200 x 400
Ba7	200 x 400
Ba8	200 x 400
Ba9	200 x 400
Ba10	200 x 400
Ba11	200 x 400



PERENCANA

CV. AboutBlank
Jl. Kalurahan KM 7 Kentungan Yogyakarta 55284

ARSITEK

Wahyu Dwi jembu

KONSTRUKTOR

Wahyu Pribeid
Habib Kothim B

DIGAMBAR

Wahyu Pribeid
Habib Kothim B

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI

SKALA 1:430

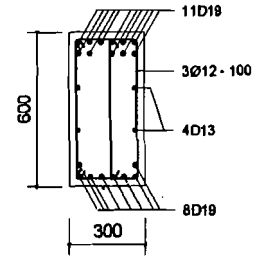
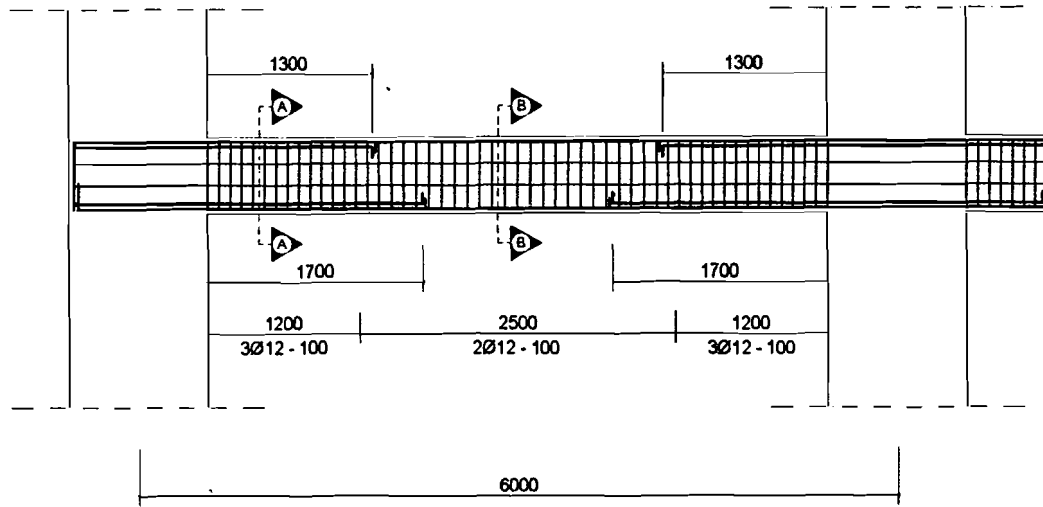
DIGUNAKAN **KODE**

STR

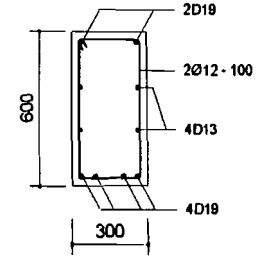
TANGGAL **KETERANGAN**

Modif: 01-01-2017
Revisi: 01-01-2017

Jumlah Lembar Lembar Ke



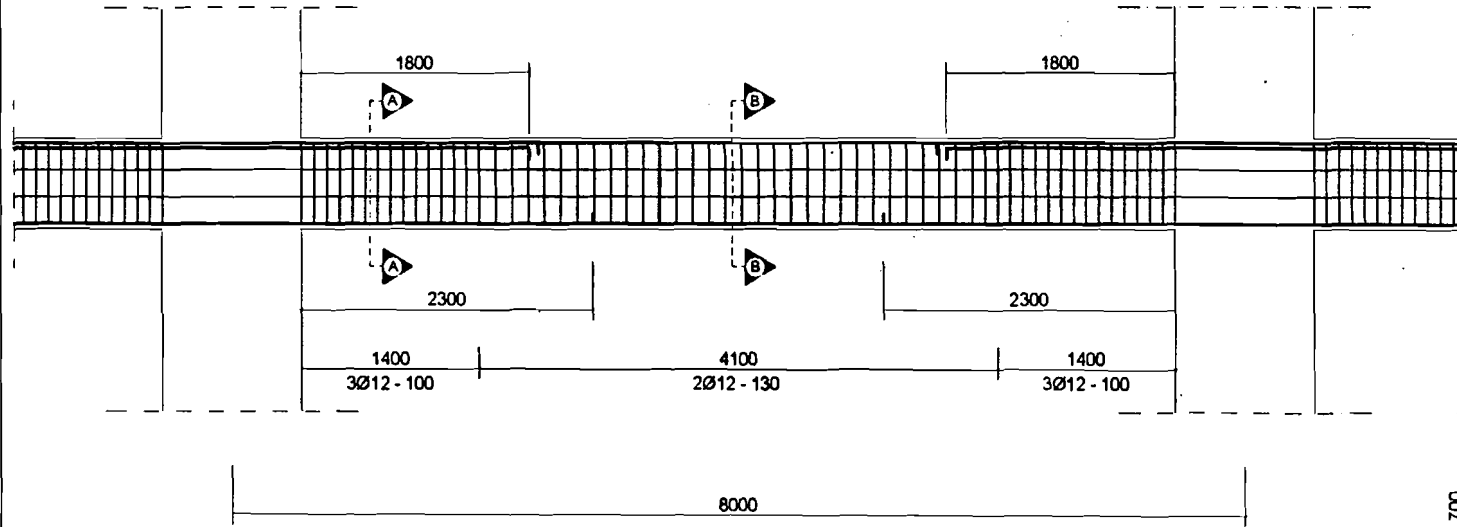
POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30



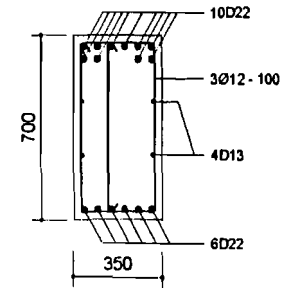
POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

B1 (300 X 600)

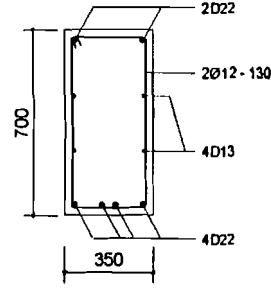
STORY 1 SKALA 1 : 60



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30

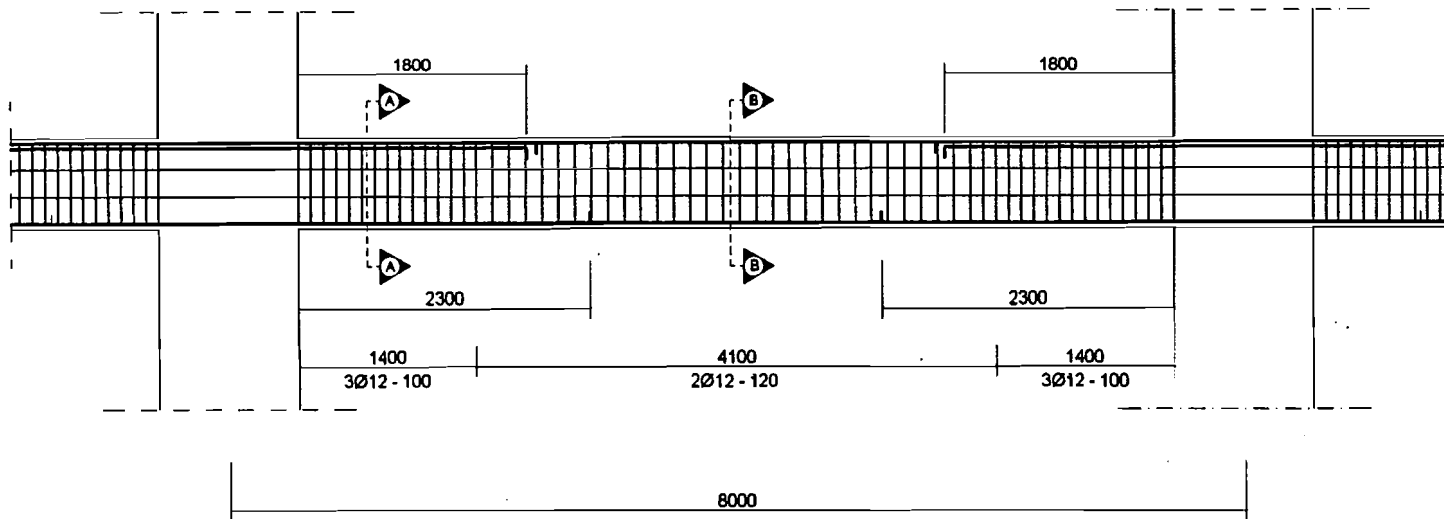


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

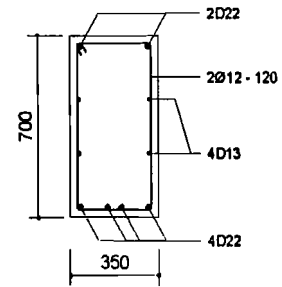
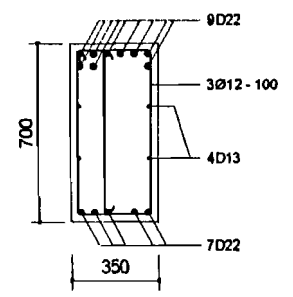


B2 (350 X 700)

STORY 1 SKALA 1 : 60

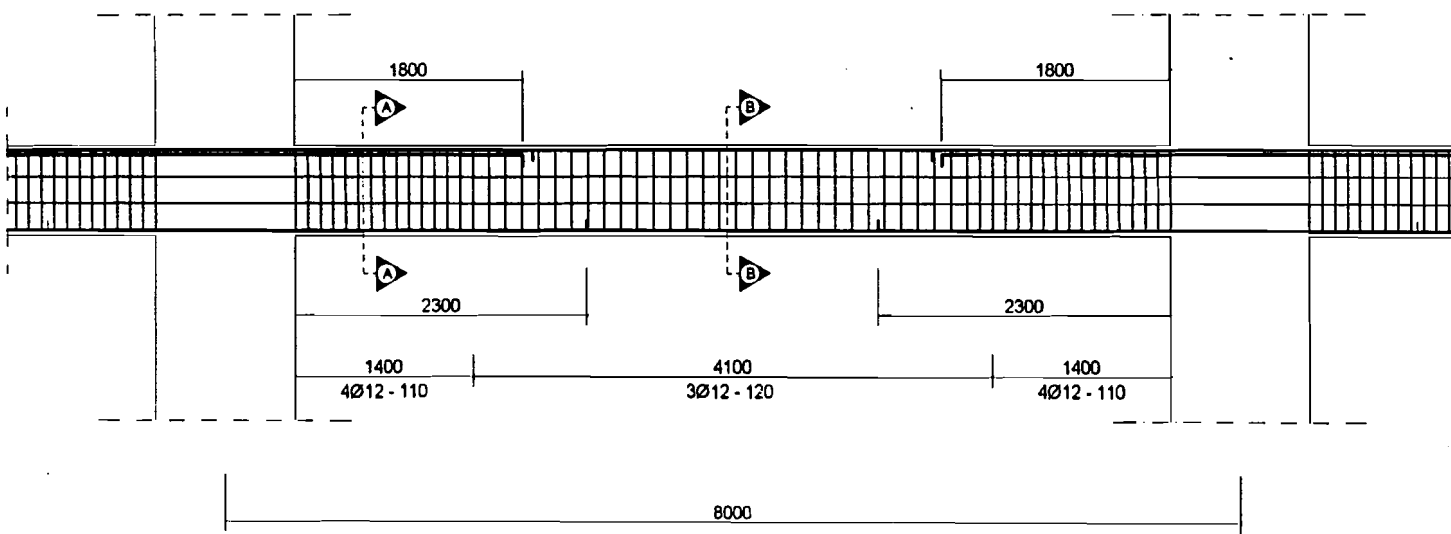


POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30

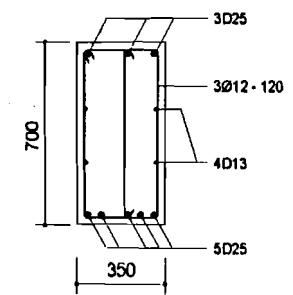
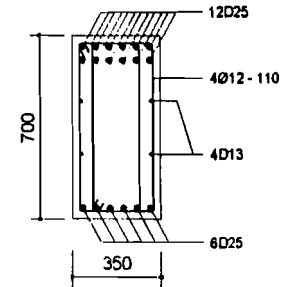


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

B3 (350 X 700)
STORY 1 SKALA 1 : 60

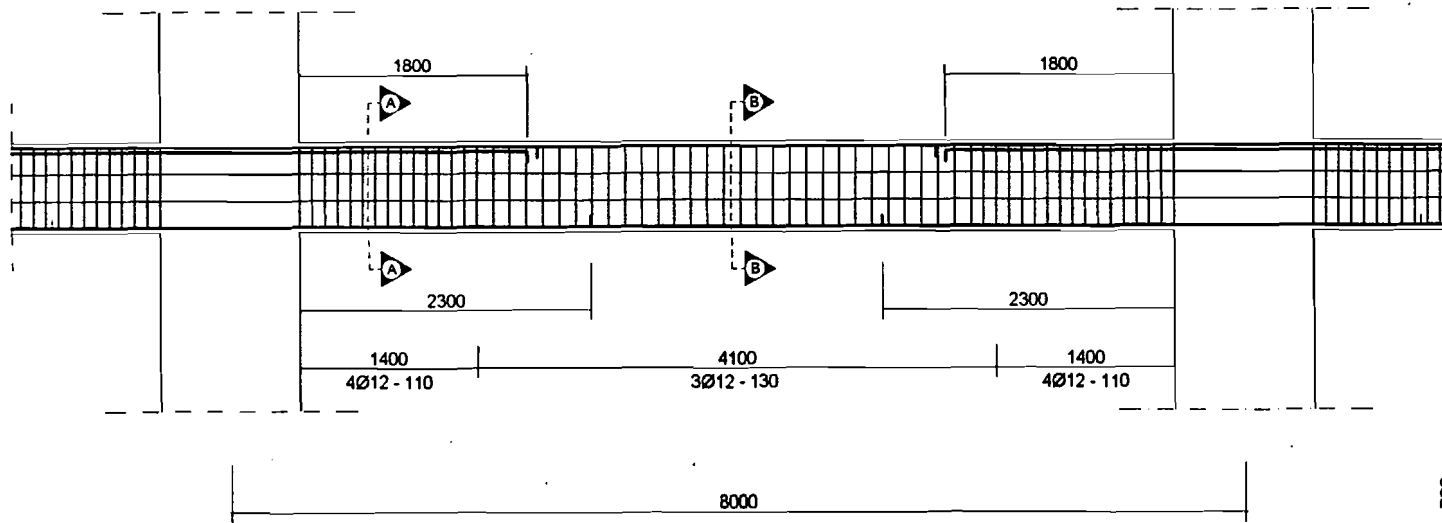


POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30

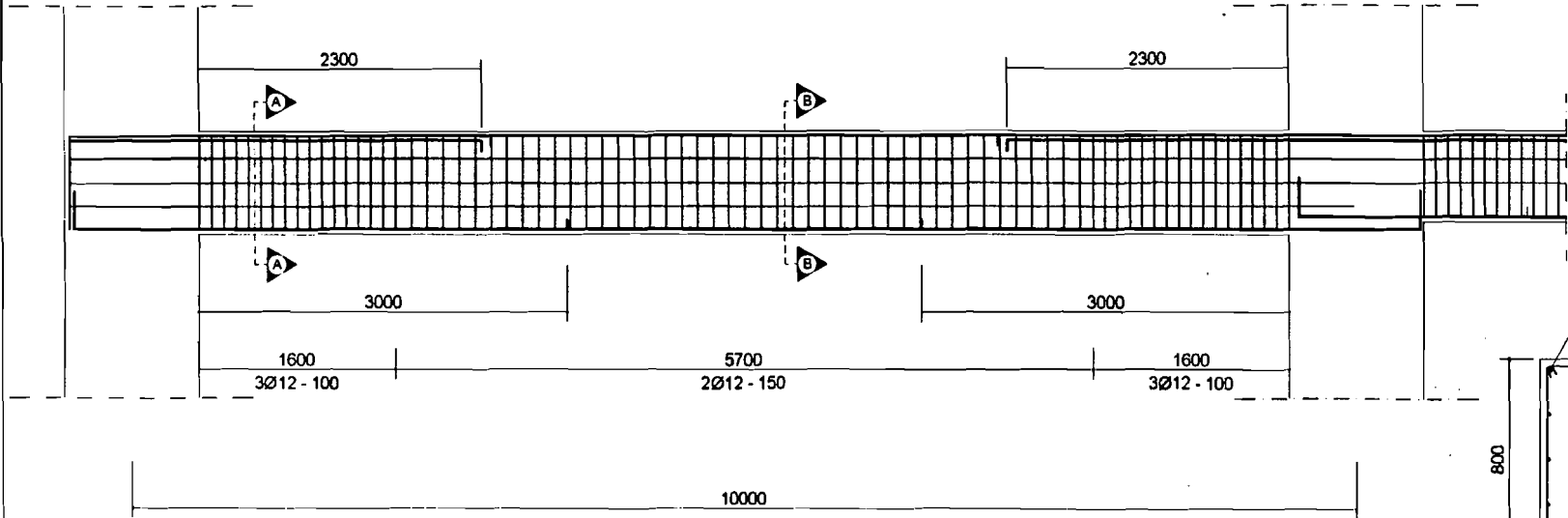
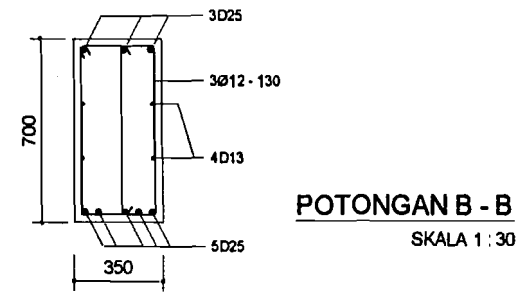
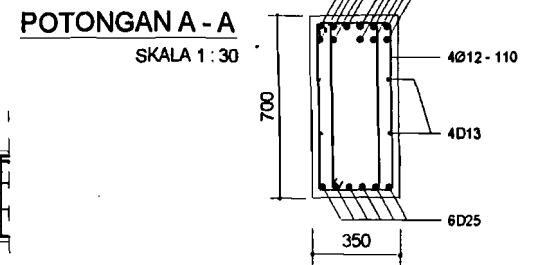


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

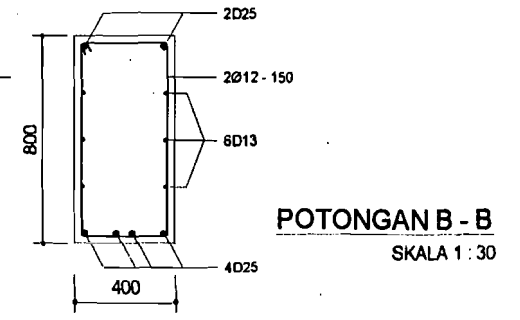
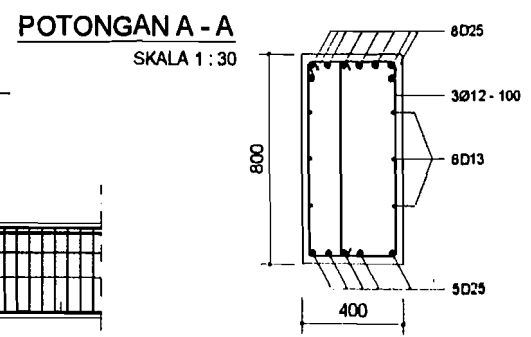
B4 (350 X 700)
STORY 1 SKALA 1 : 60

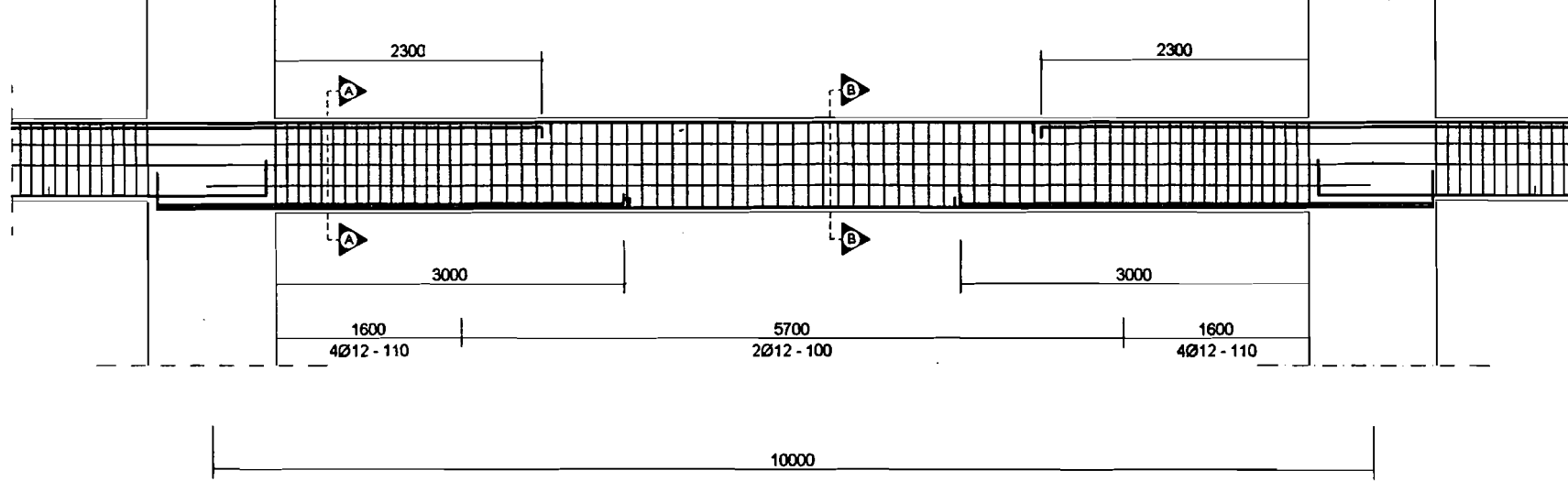


B5 (350 X 700)
 STORY 1 SKALA 1 : 60



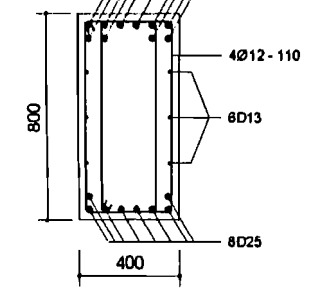
B6 (400 X 800)
 STORY 1 SKALA 1 : 60



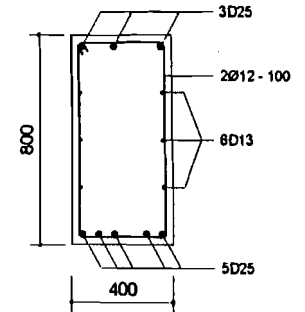


B7 (400 X 800)

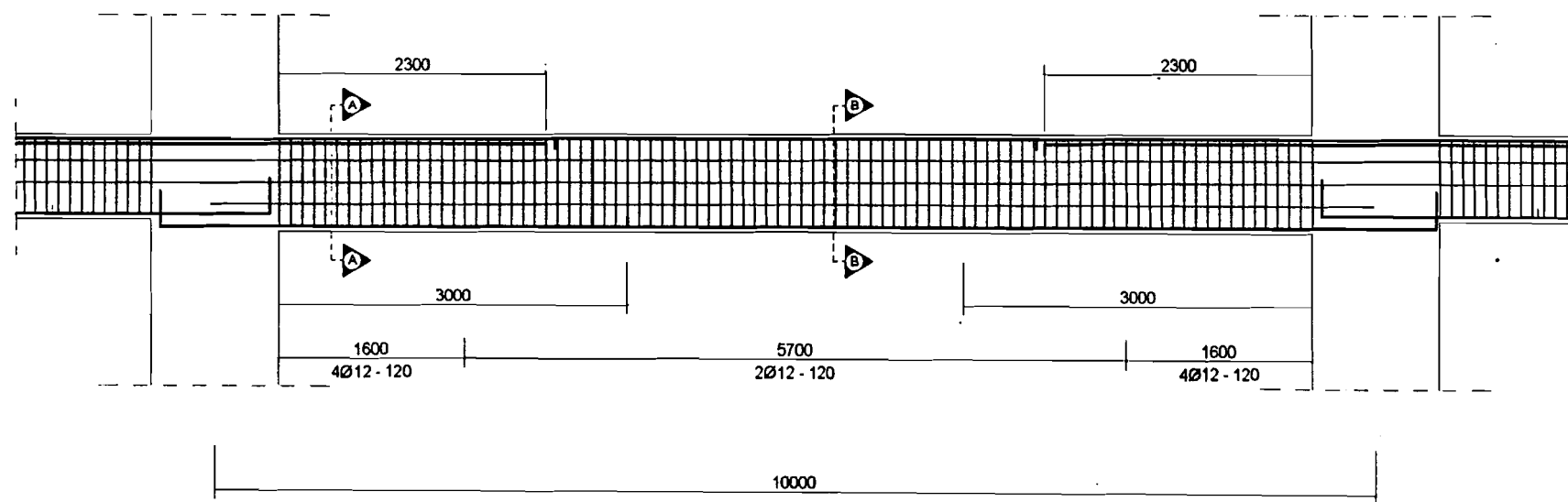
STORY 1 SKALA 1 : 60



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30

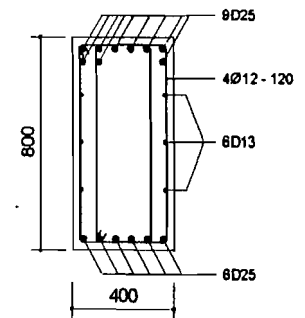


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

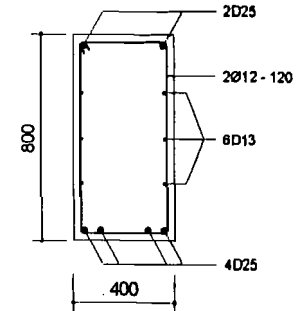


B8 (400 X 800)

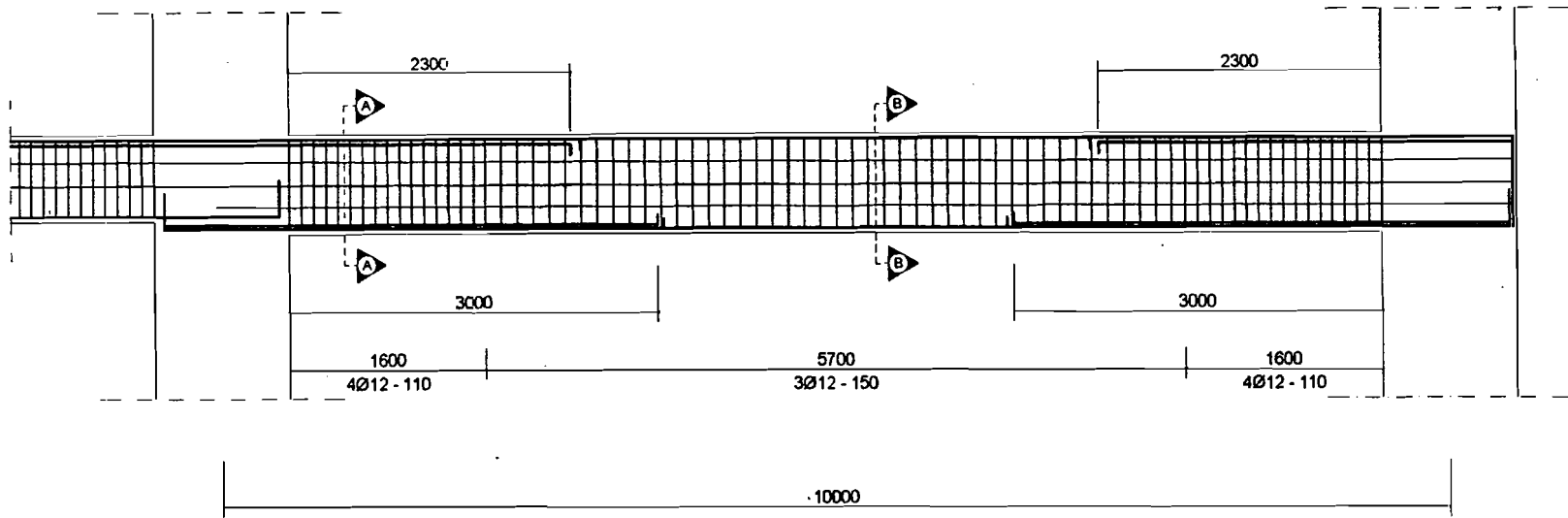
STORY 1 SKALA 1 : 60



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30

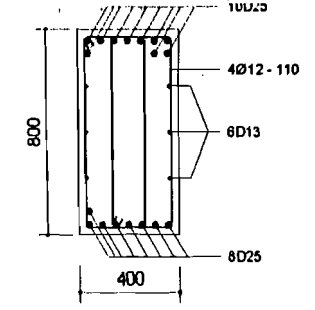


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

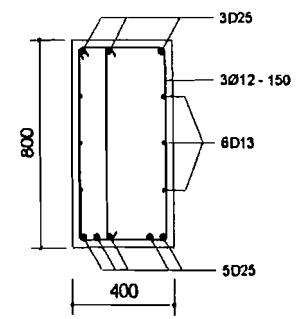


B9 (400 X 800)

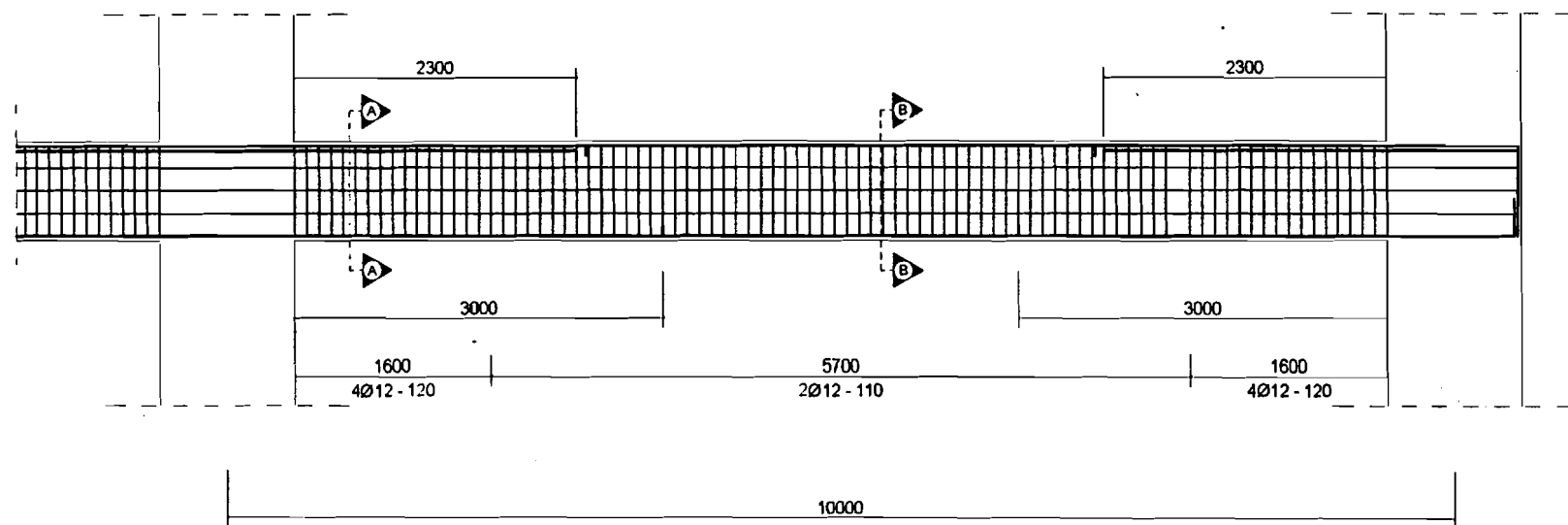
STORY 1 SKALA 1 : 60



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30

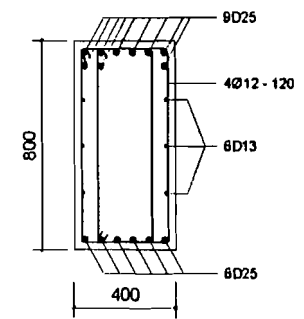


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

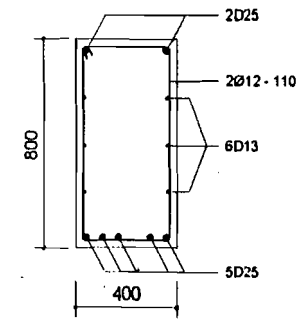


B10 (400 X 800)

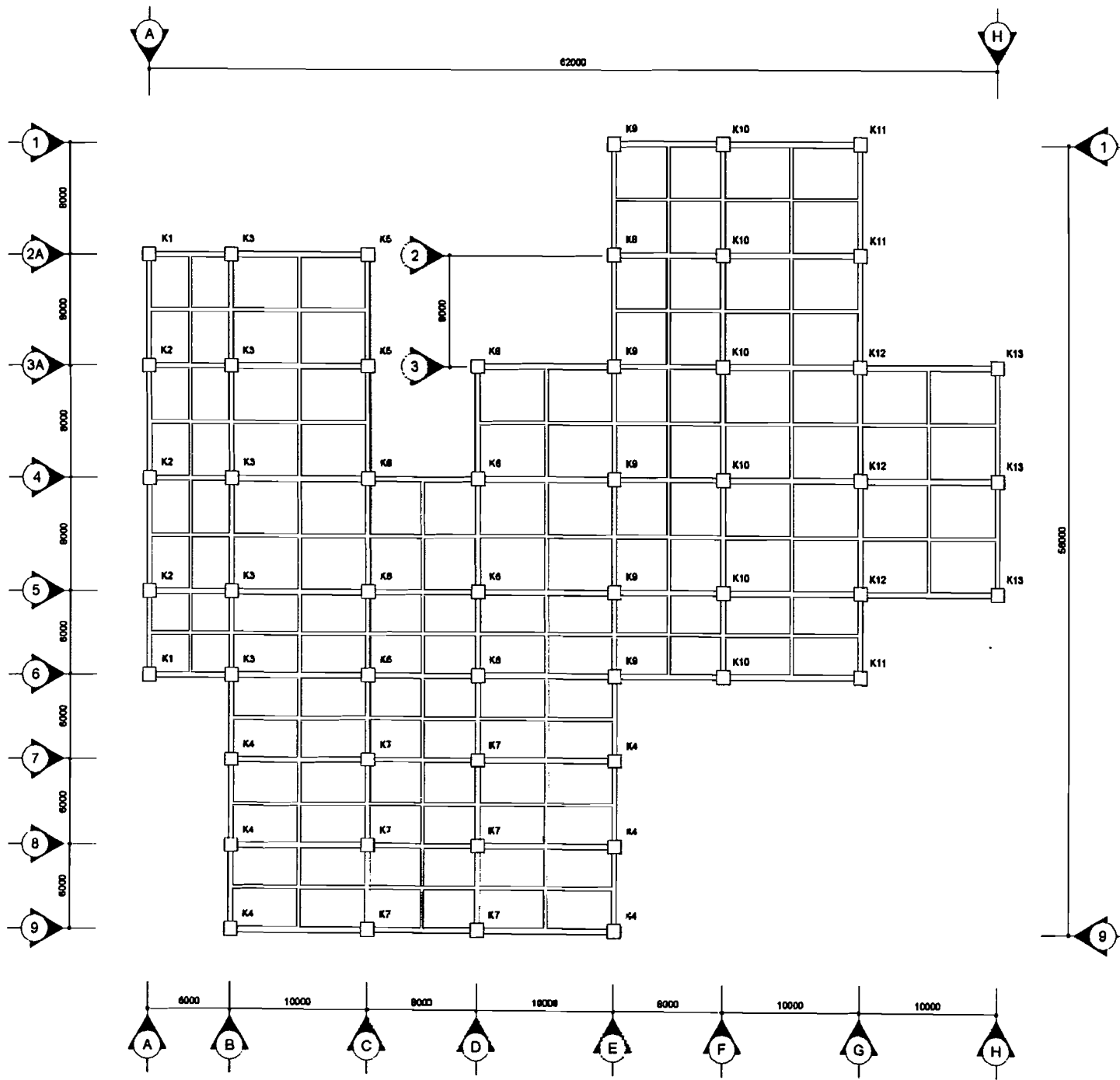
STORY 1 SKALA 1 : 60



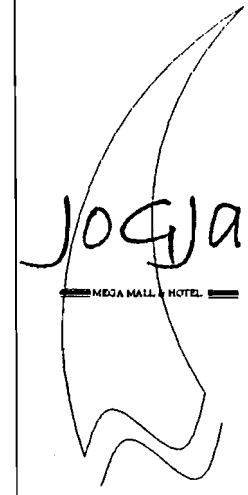
POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30



POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30



Stor	Elevasi	Katun	Dimensi
Stor 1	+4.00	K1 s.d K13	1100 x 1100
Stor 2	+8.00	K1 s.d K13	1100 x 1100
Stor 3	+12.00	K1 s.d K13	1100 x 1100
Stor 4	+16.00	K1 s.d K13	1100 x 1100
Stor 5	+20.00	K1 s.d K13	1100 x 1100
Stor 6	+24.00	K1 s.d K13	800 x 800
Stor 7	+28.00	K1 s.d K13	800 x 800
Stor 8	+32.00	K1 s.d K13	800 x 800
Stor 9	+36.00	K1 s.d K13	800 x 800
Stor 10	+40.00	K1 s.d K13	800 x 800
Stor 11	+44.00	K1 s.d K13	700 x 700
Stor 12	+48.00	K1 s.d K13	700 x 700
Stor 13	+52.00	K1 s.d K13	700 x 700
Stor 14	+56.00	K1 s.d K13	700 x 700
Stor 15	+60.00	K1 s.d K13	700 x 700



PERENCANA

CV. AboutBlank
Jl. Kelurang KM 7 Kentungan Yogyakarta 55204

ARSITEK

Wahyu Dwi pribadi

KONSTRUKTOR

Wahyu Pribadi

Mabib Kodhan B

DIGAMBAR

Wahyu Pribadi

Mabib Kodhan B

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM

SKALA 1:430

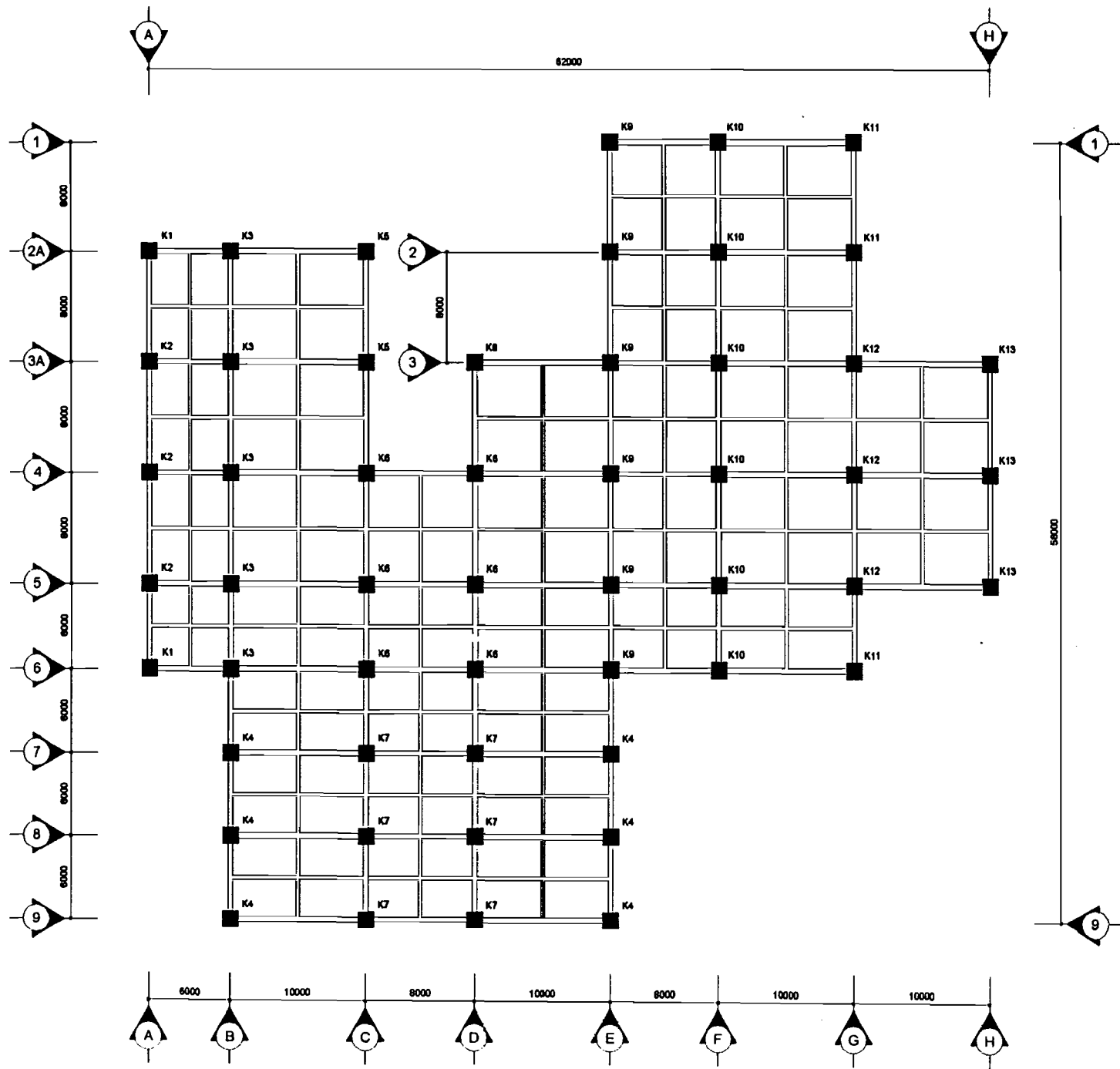
DIKURANGKAN **KODE**

STR

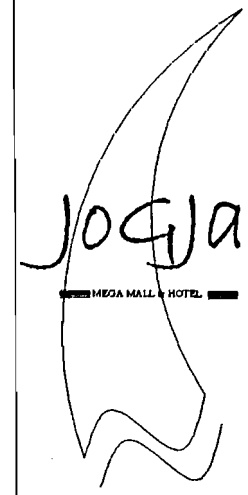
TANGGAL **KETERANGAN**

1/40000 —> 1/40000 (1:40000)
 1/20000 —> 1/20000 (1:20000)
 1/10000 —> 1/10000 (1:10000)

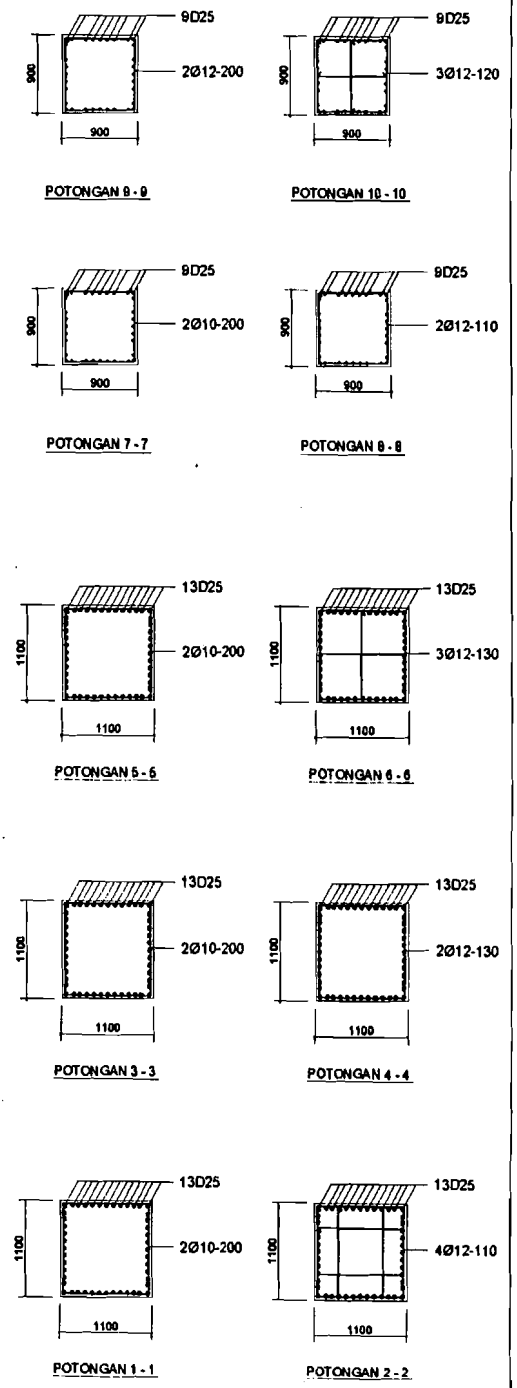
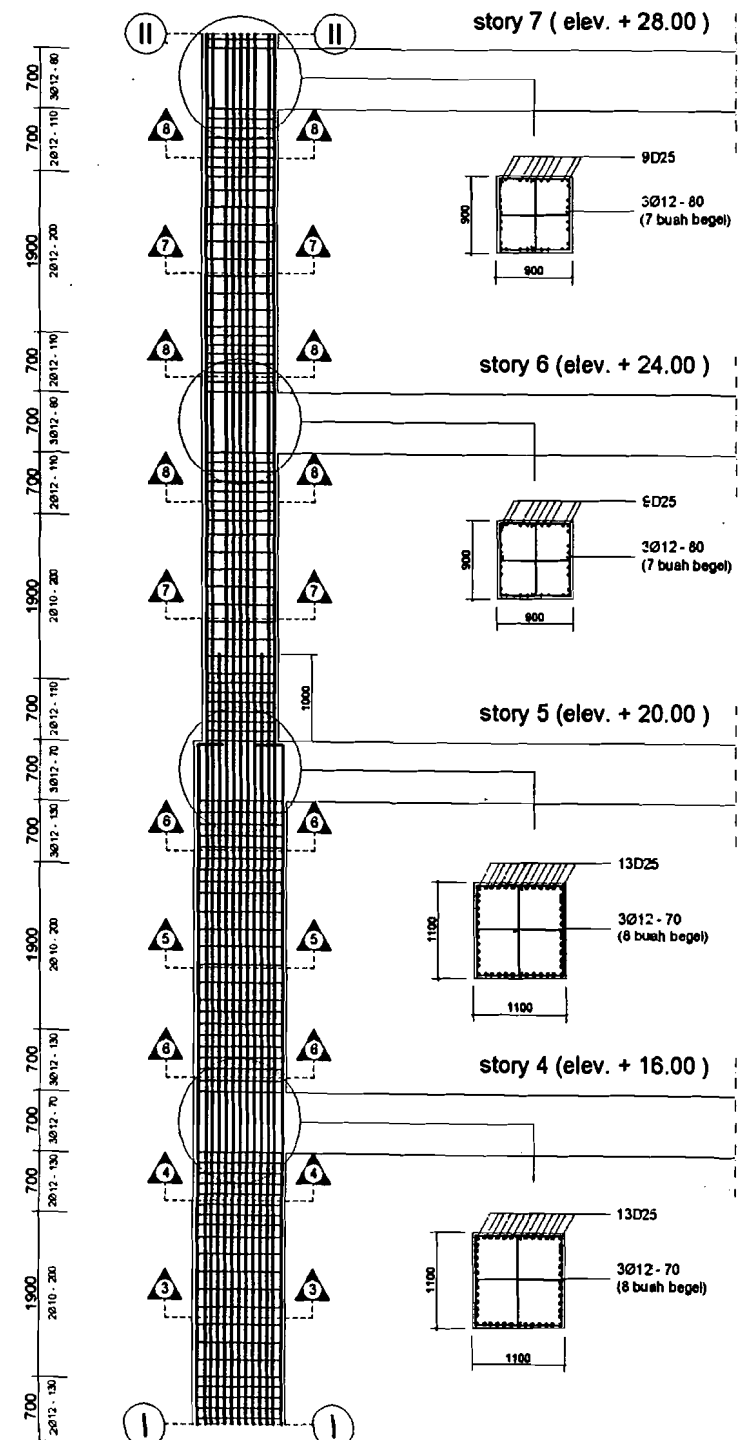
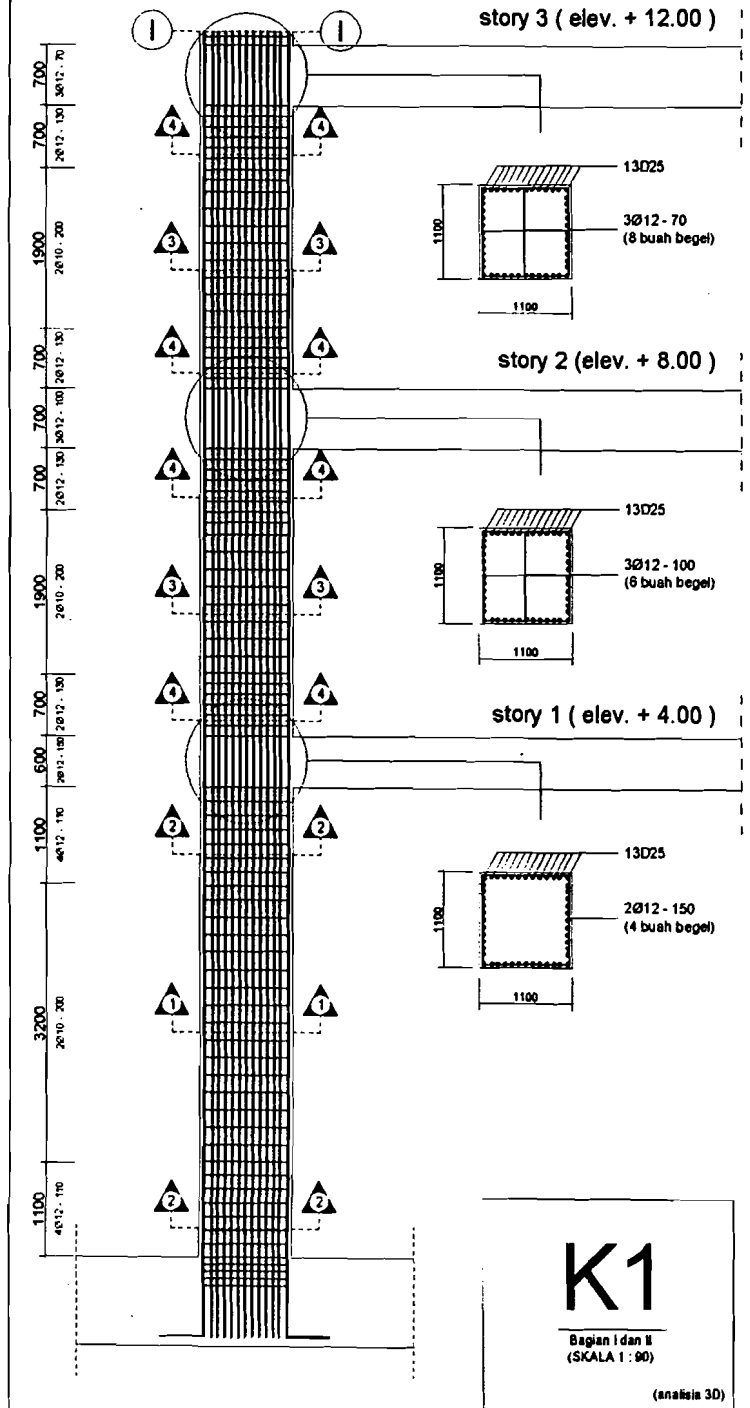
Jumlah Lembar Lembar Ke

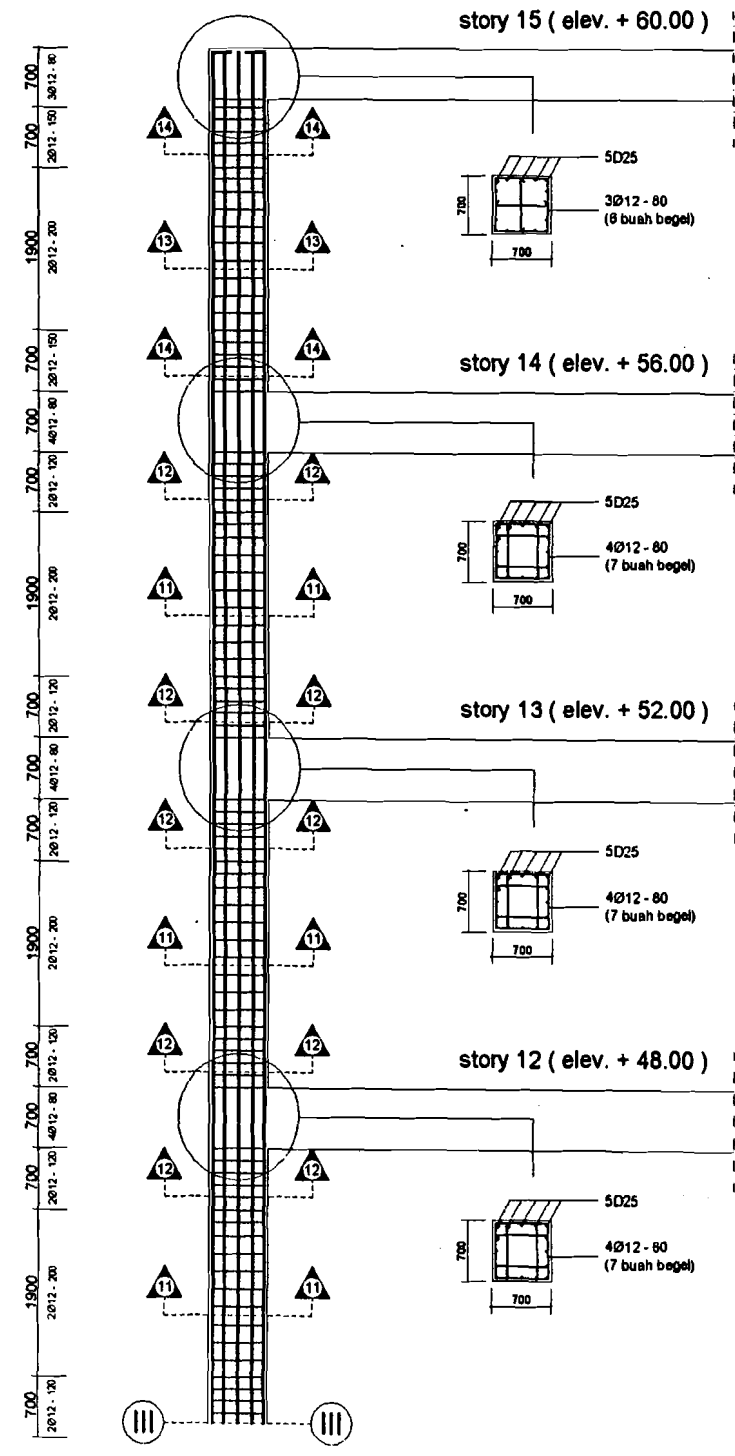
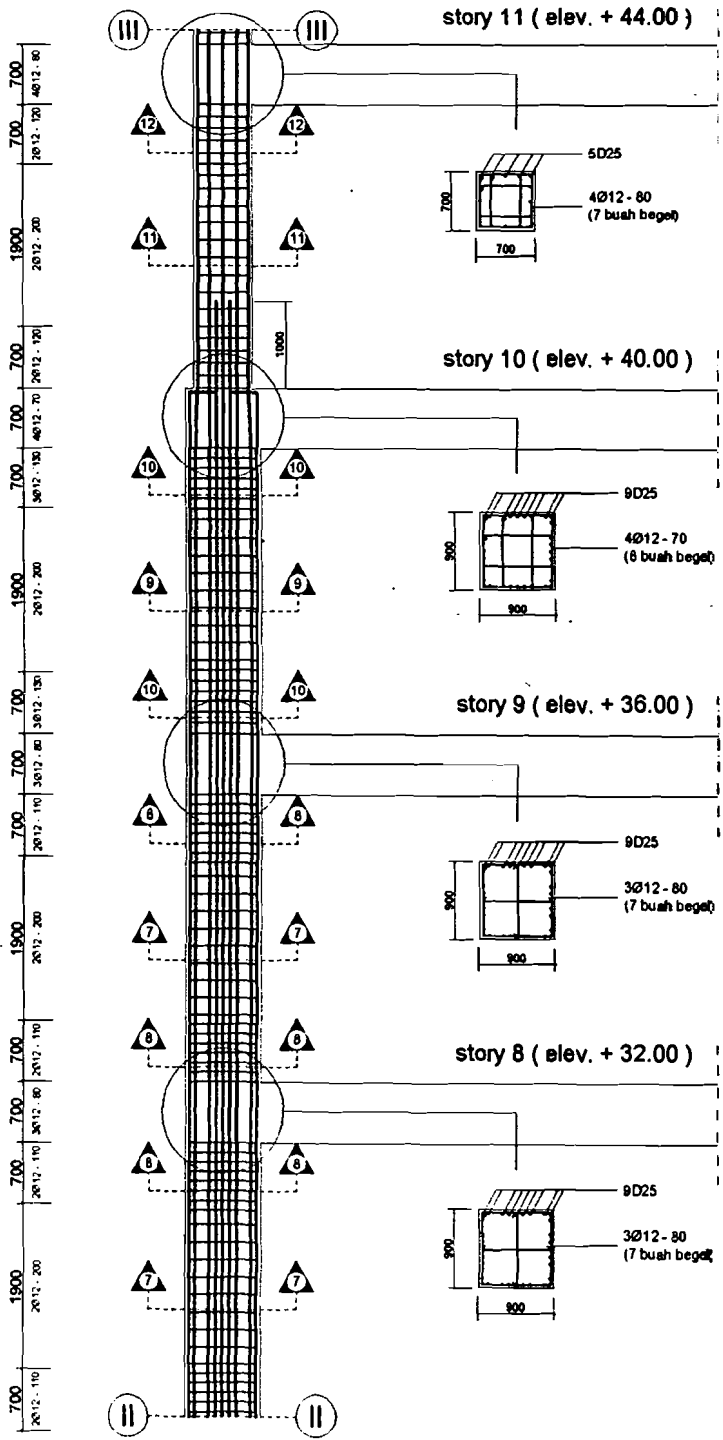


Story	Elevasi	Kolom	Dimensi
Story 1	+4.00	K1 & K13	1100 x 1100
Story 2	+6.00	K1 & K13	1100 x 1100
Story 3	+12.00	K1 & K13	1100 x 1100
Story 4	+16.00	K1 & K13	1100 x 1100
Story 5	+20.00	K1 & K13	1100 x 1100
Story 6	+24.00	K1 & K13	900 x 900
Story 7	+28.00	K1 & K13	900 x 900
Story 8	+32.00	K1 & K13	900 x 900
Story 9	+36.00	K1 & K13	900 x 900
Story 10	+40.00	K1 & K13	900 x 900
Story 11	+44.00	K1 & K13	700 x 700
Story 12	+48.00	K1 & K13	700 x 700
Story 13	+52.00	K1 & K13	700 x 700
Story 14	+56.00	K1 & K13	700 x 700
Story 1b	+60.00	K1 & K13	700 x 700

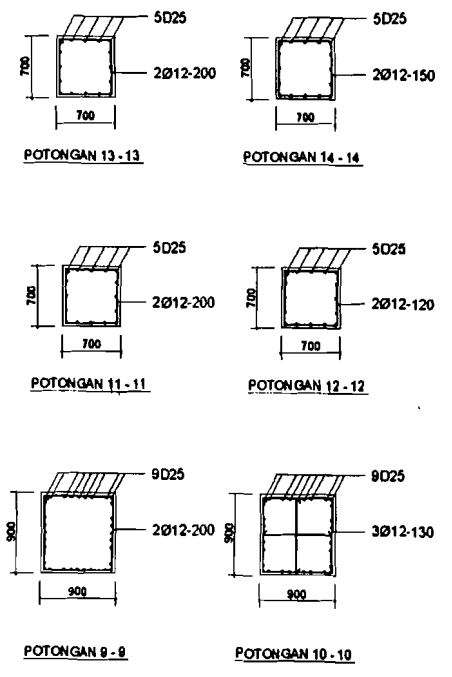


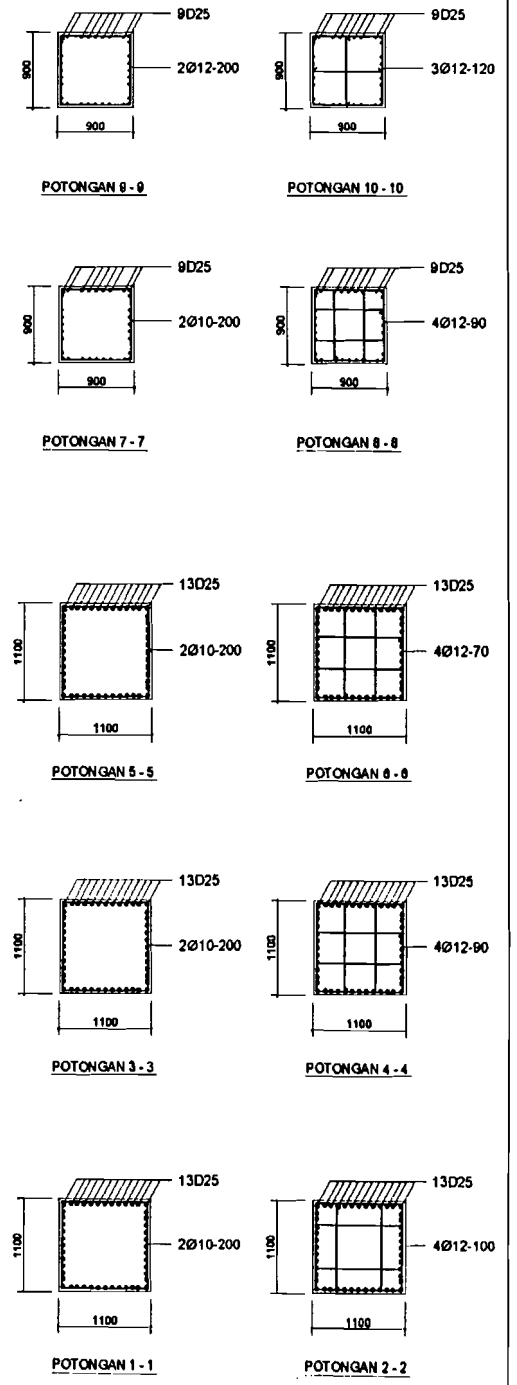
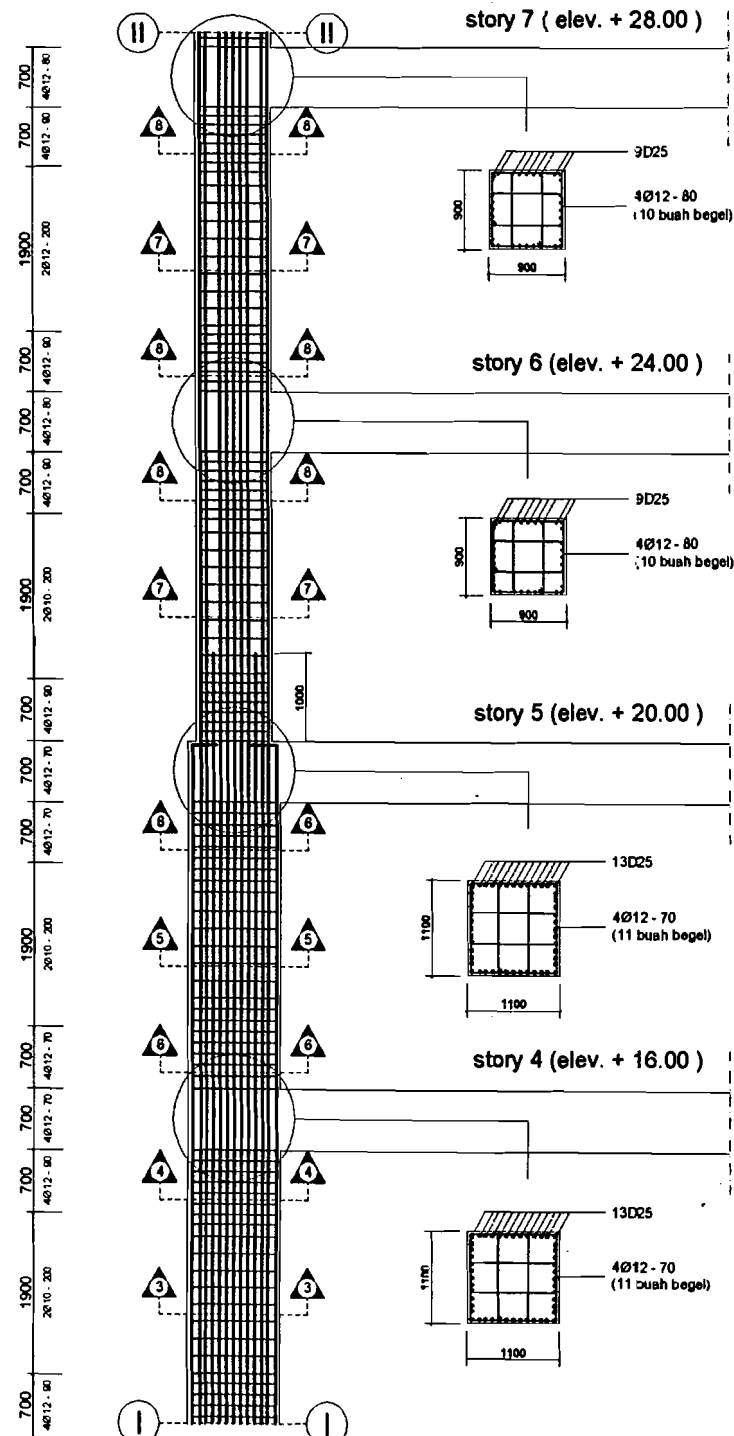
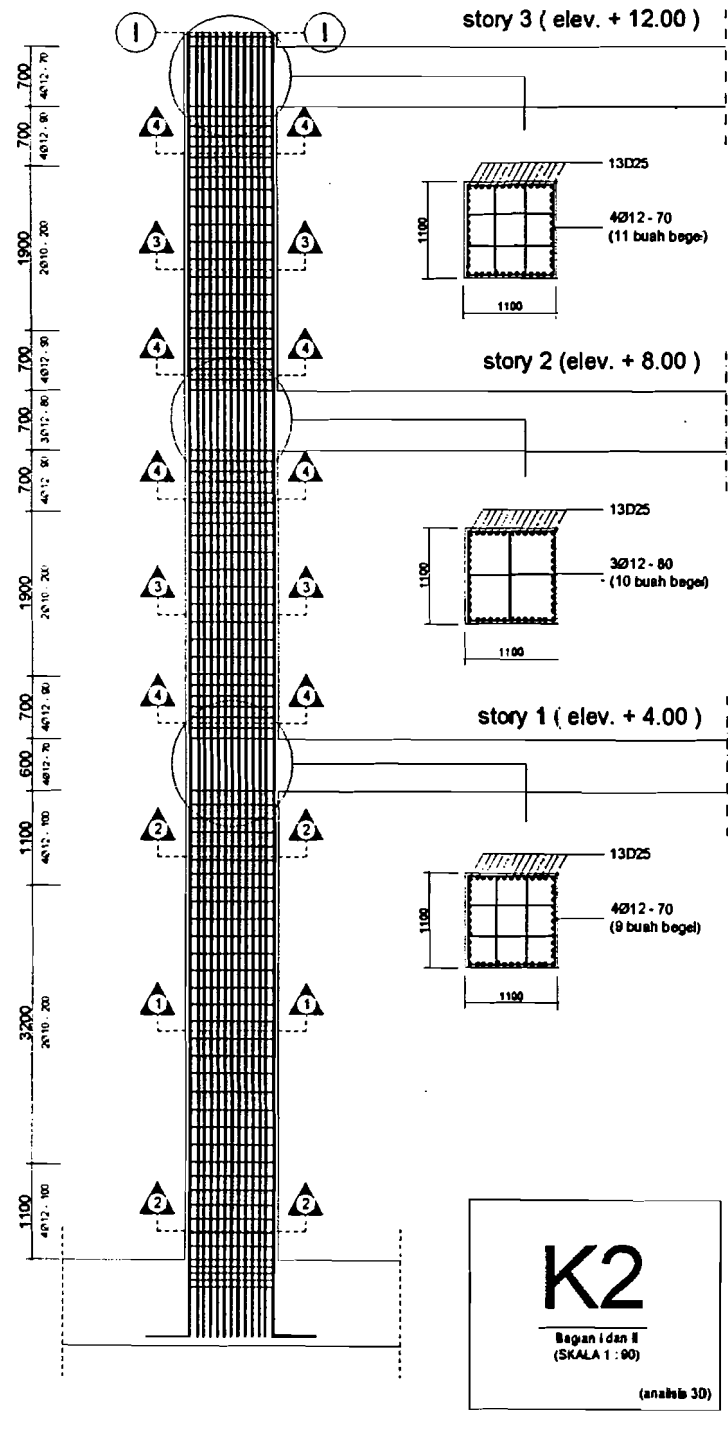
PERENCANA	
CV. AboutBLank Jl. Kalurang KM 7 Kentungan Yogyakarta 55284	
ARSITEK	
Wahyu Dwi satrio	
KONSTRUKTOR	
Wahyu Priadi	
Hub & Kathan B	
DIGAMBAR	
Wahyu Priadi	
Hub & Kathan B	
JUDUL GAMBAR	
DENAH KOLOM	
SKALA	1:430
DIGUNAKAN	NODE
	STR
TANGGAL	
KETERANGAN	
Mata Air: 0m - 10m - 20m - 30m - 40m - 50m - 60m - 70m - 80m - 90m - 100m	
Mata Lantai: 0m - 10m - 20m - 30m - 40m - 50m - 60m - 70m - 80m - 90m - 100m	
Jumlah Lembar	Lembar Ke





K1
Bagian II dan III
(SKALA 1 : 80)
(analisis 3D)

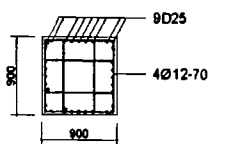
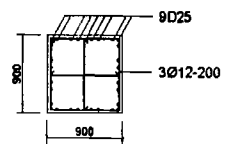
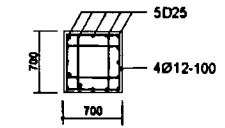
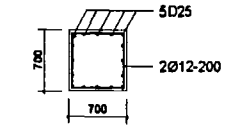
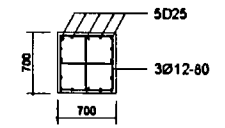
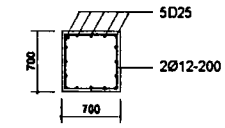
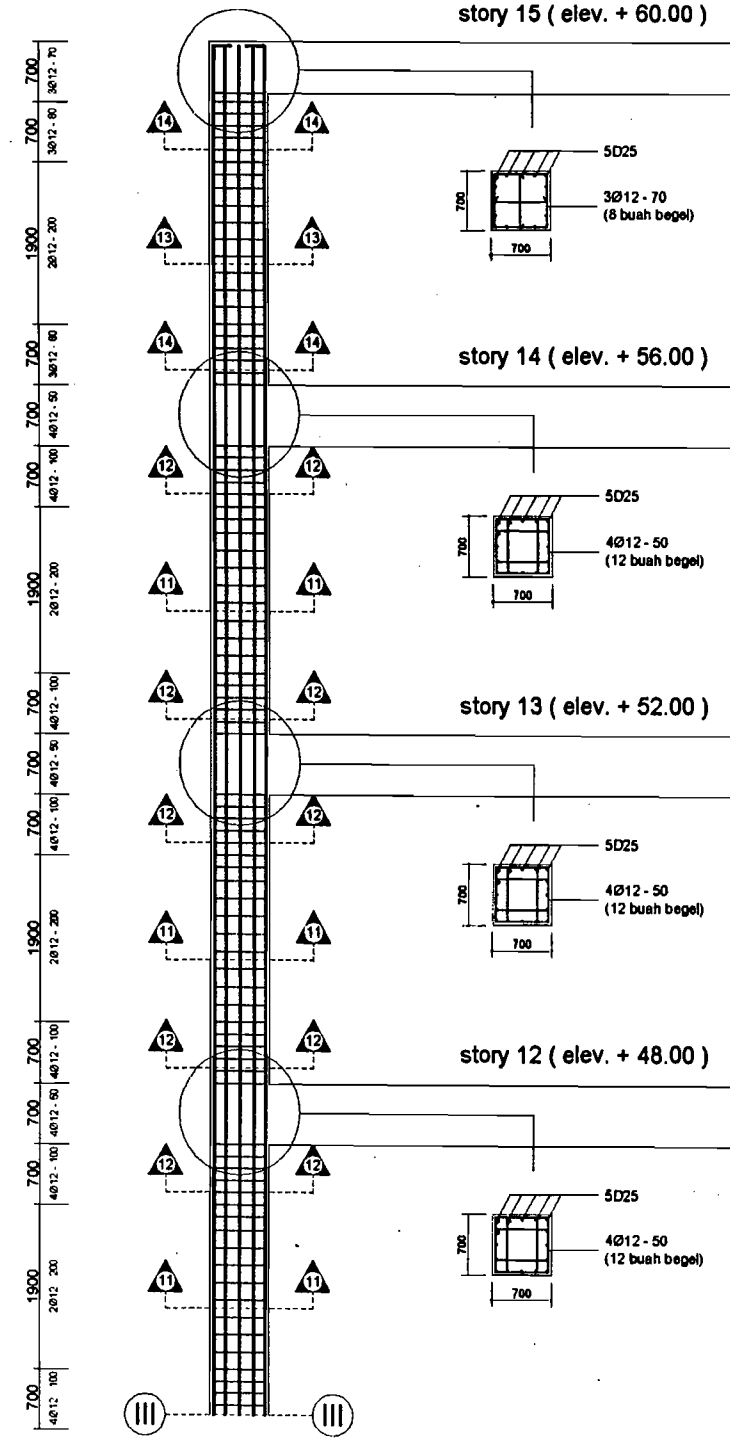
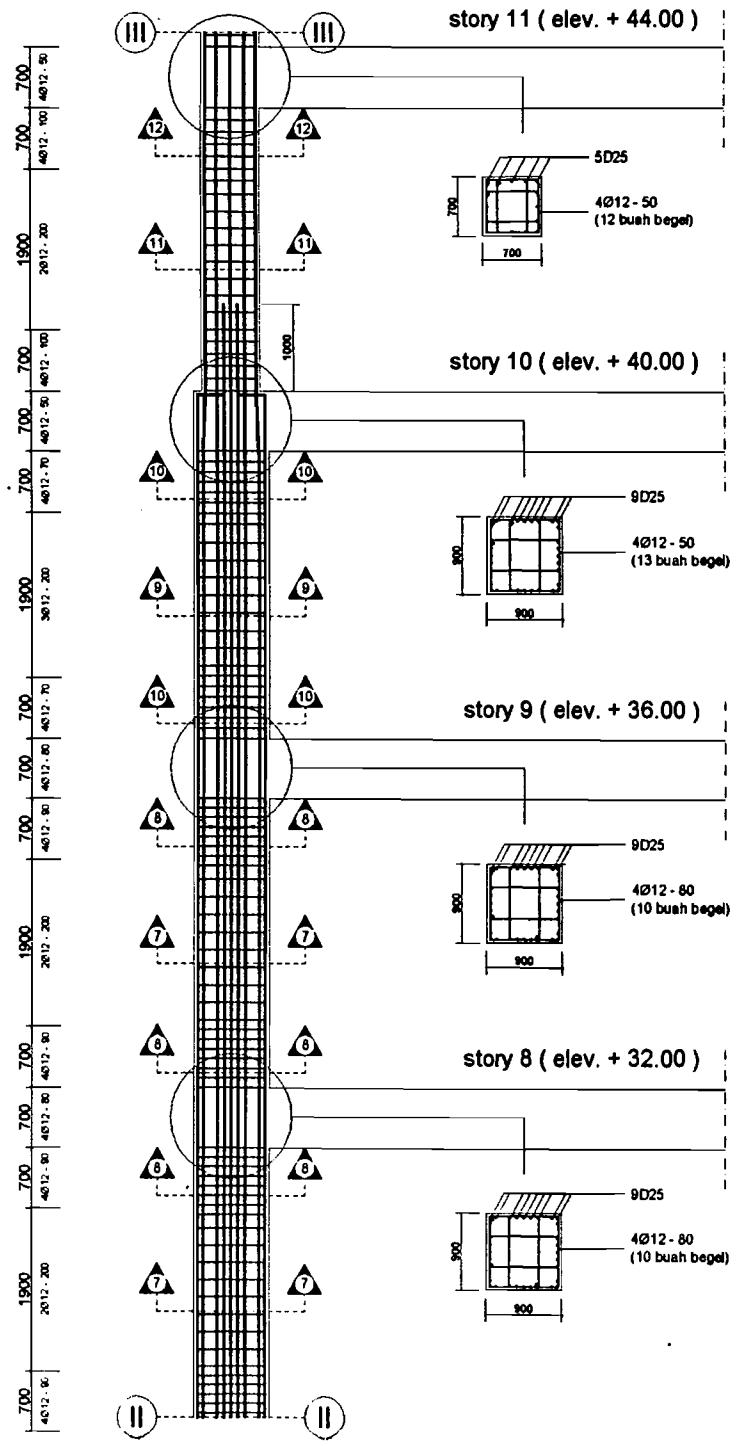


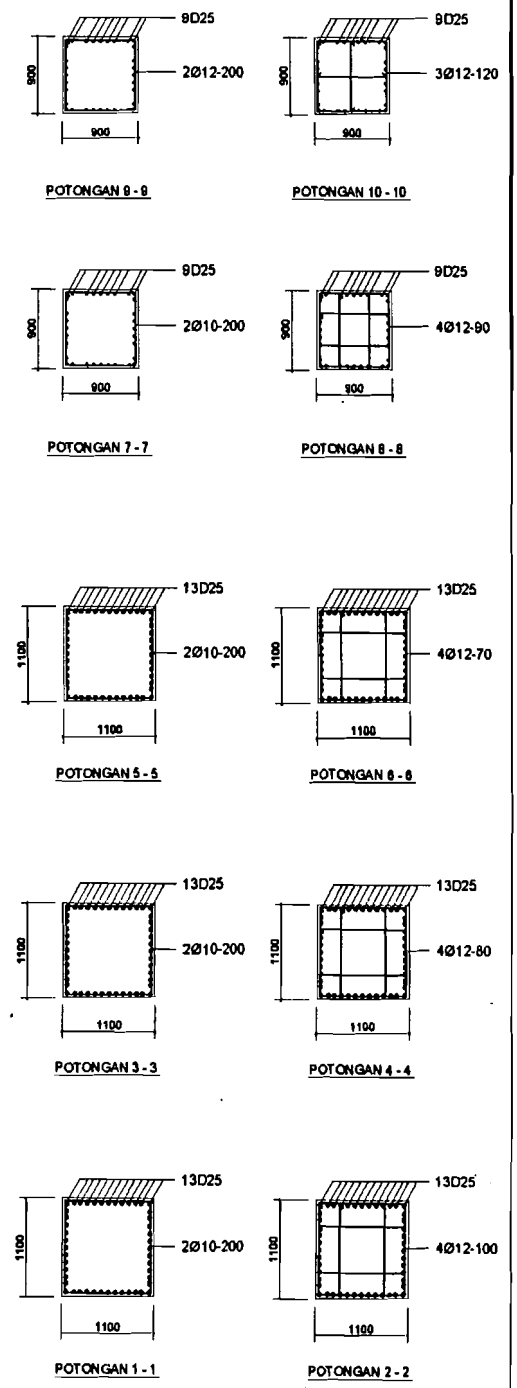
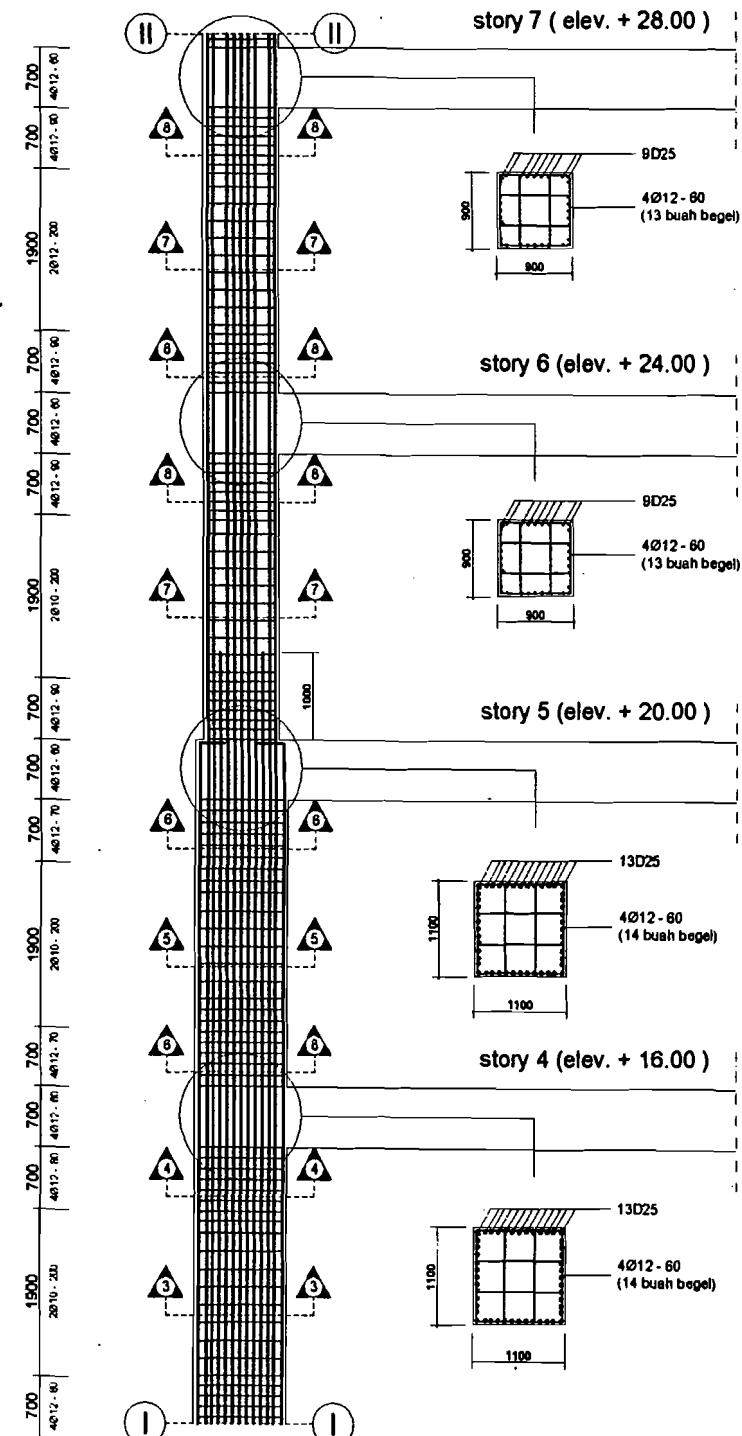
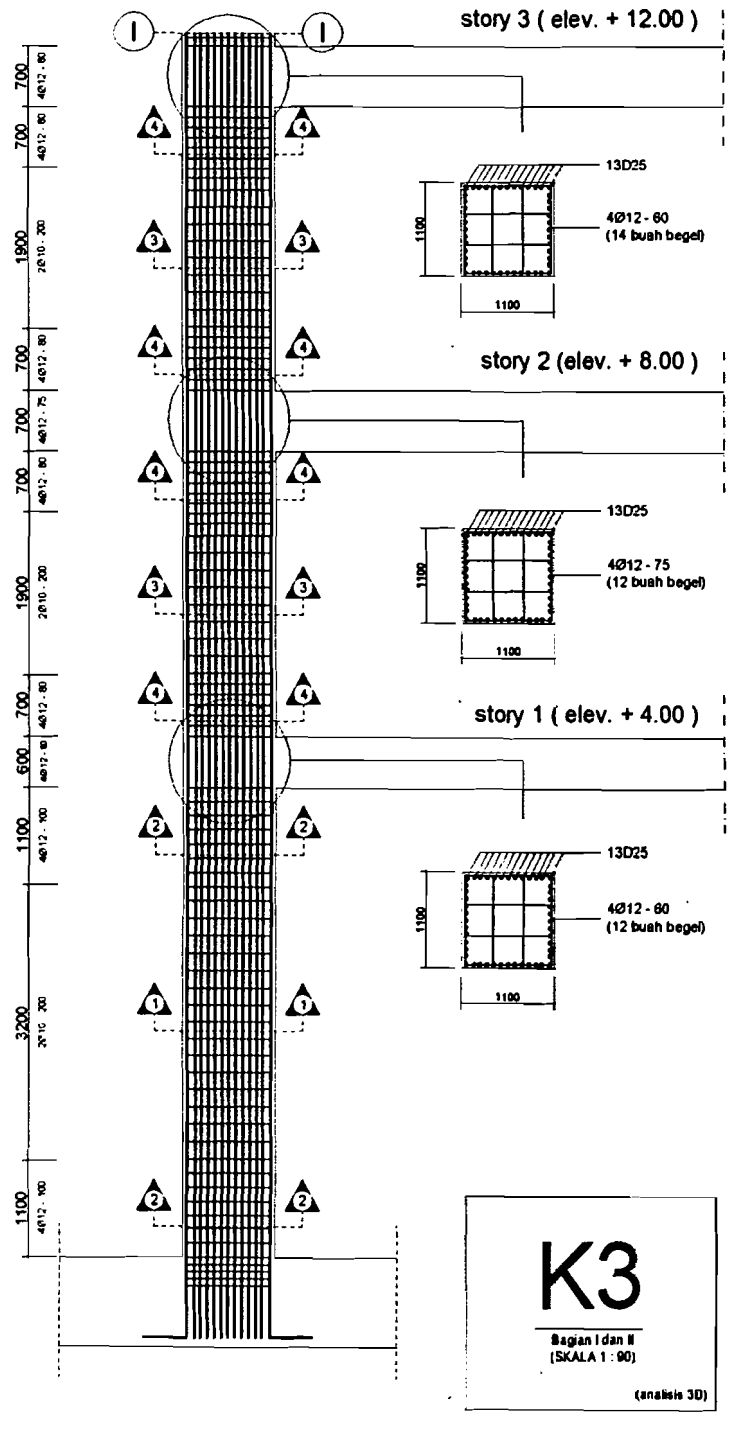


K2

Bagian II dan III
(SKALA 1 : 80)

(analisis 3D)

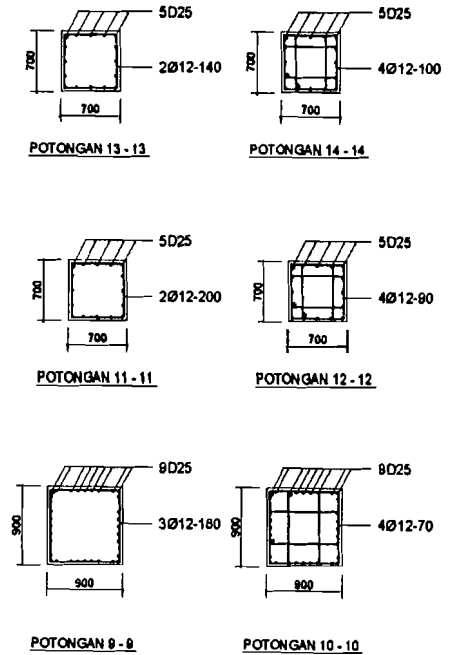
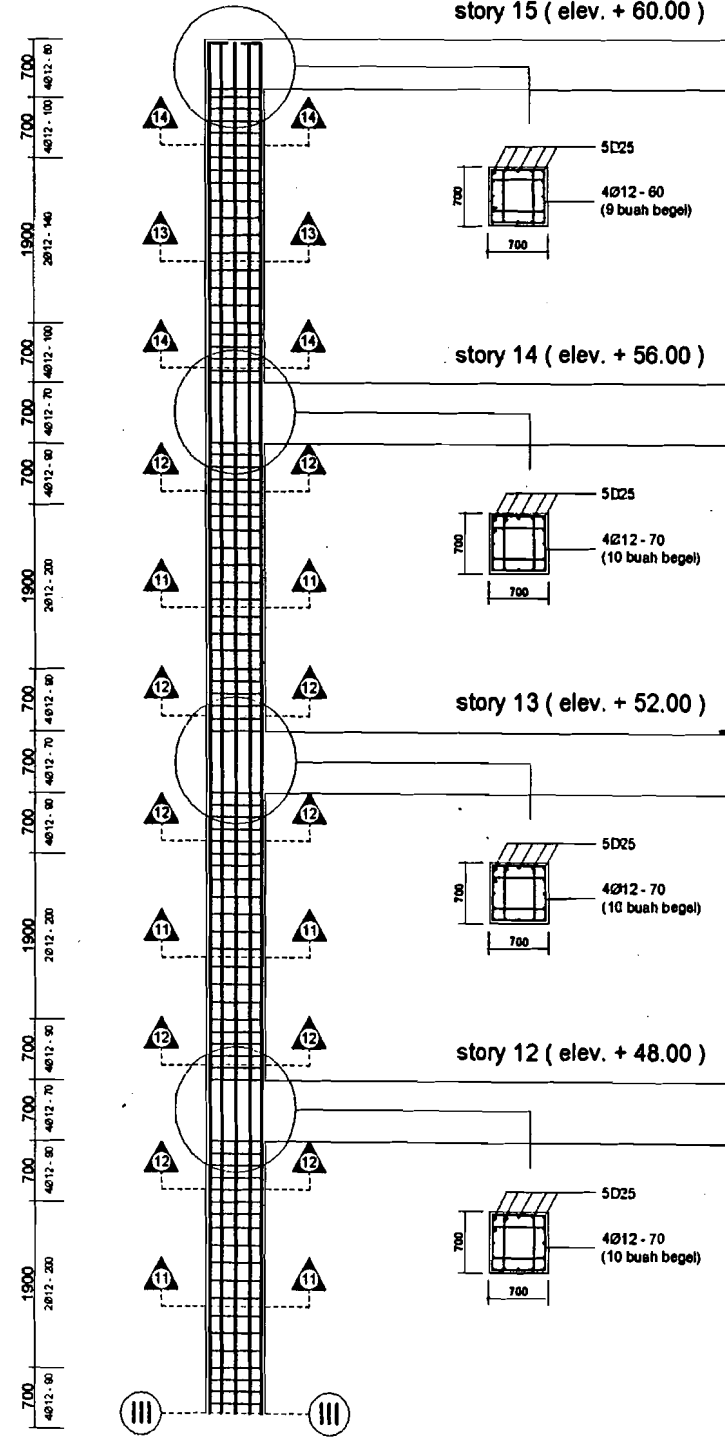
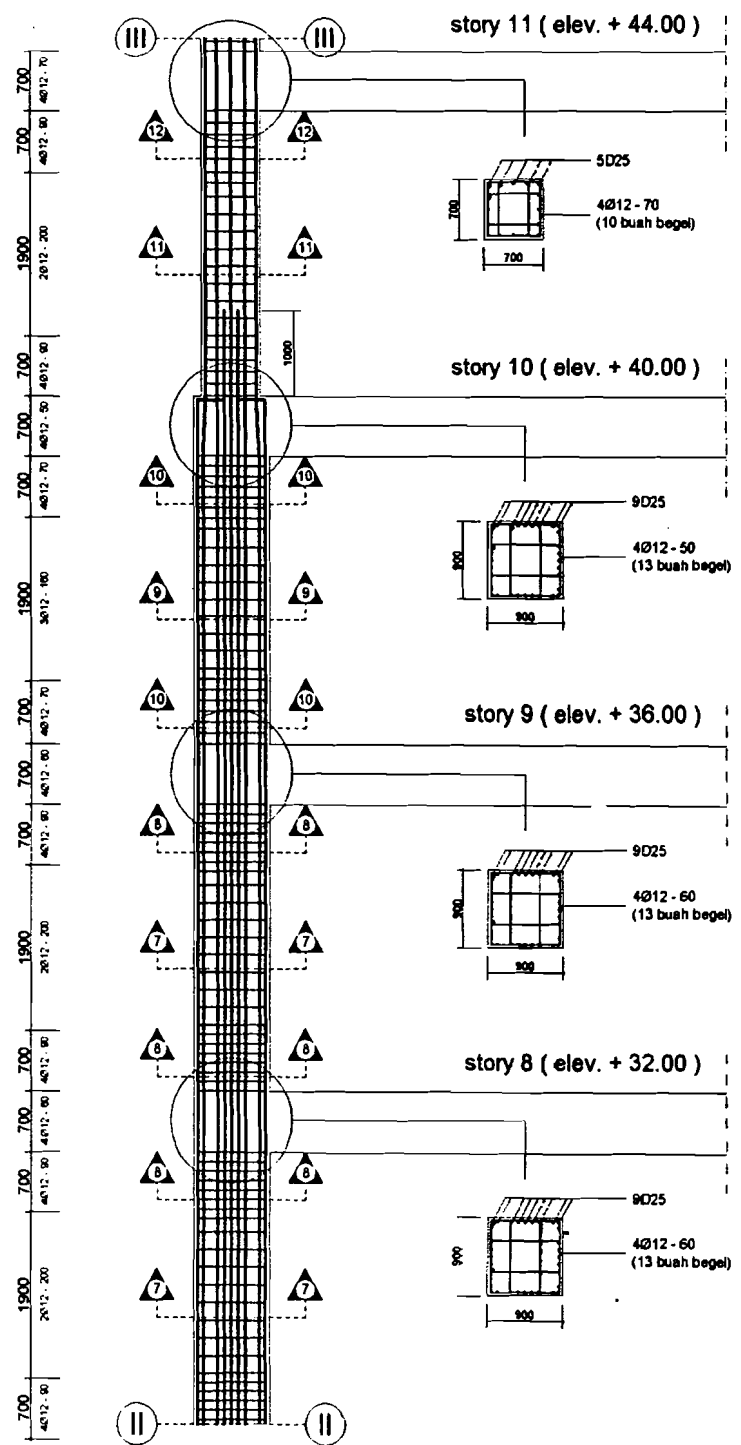


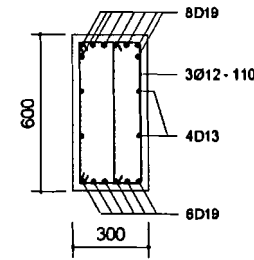
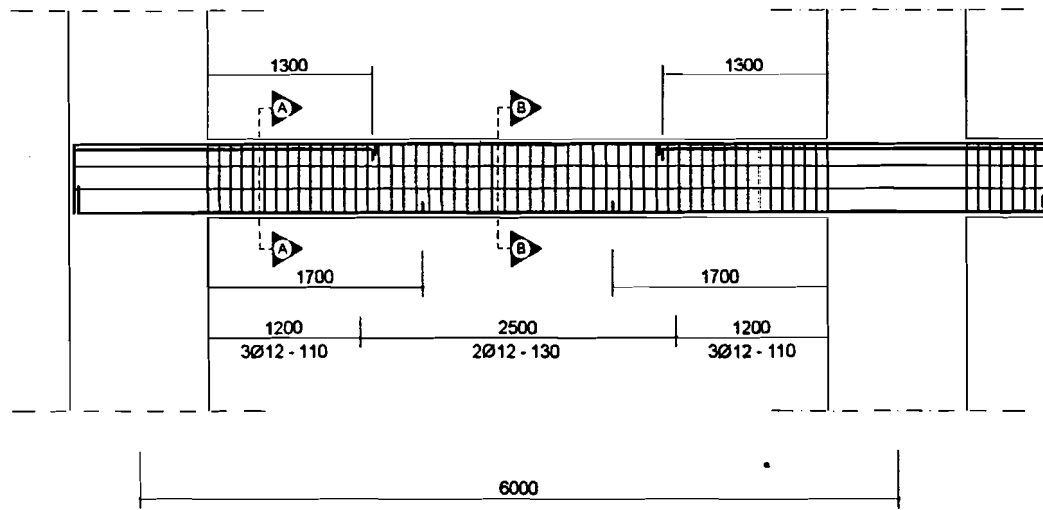


K3

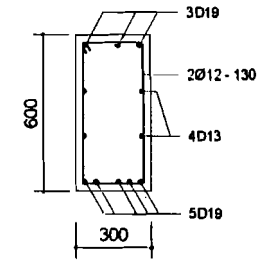
Bagian II dan III
(SKALA 1 : 80)

(analisis 3D)





POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30

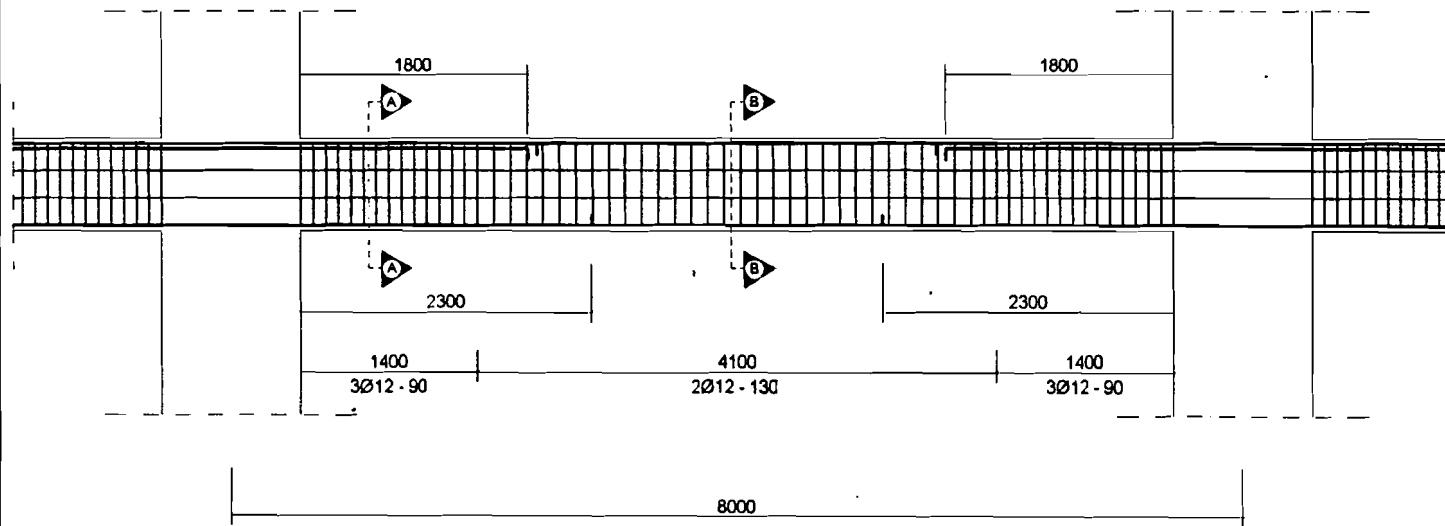


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

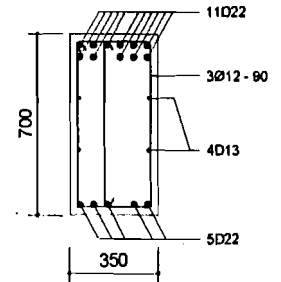
B1 (300 X 600)

STORY 1

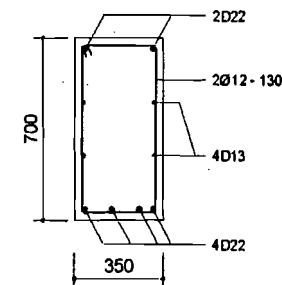
SKALA 1 : 60



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30



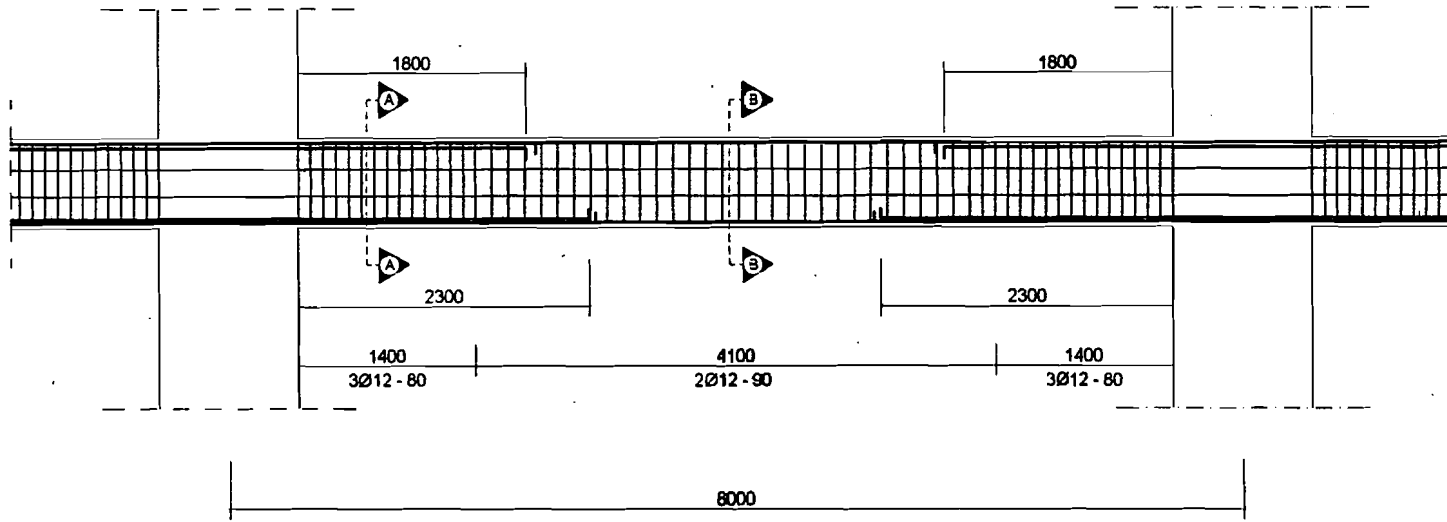
POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30



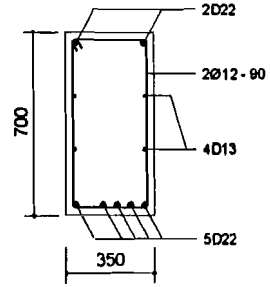
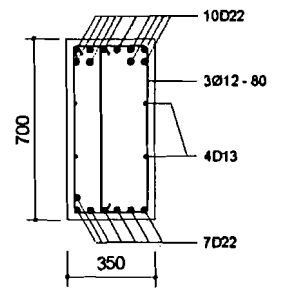
B2 (350 X 700)

STORY 1

SKALA 1 : 60



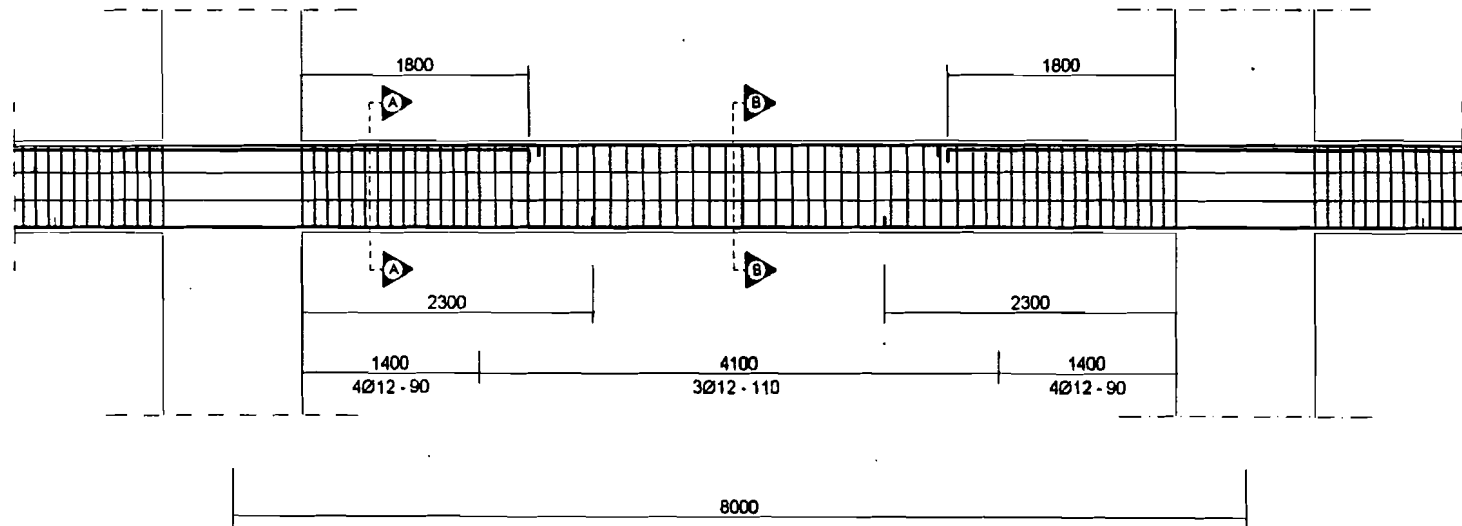
POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30



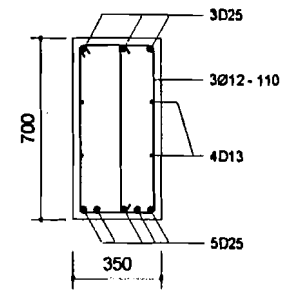
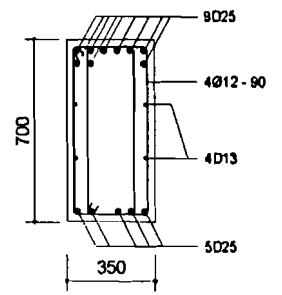
POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

B3 (350 X 700)

STORY 1 SKALA 1 : 60



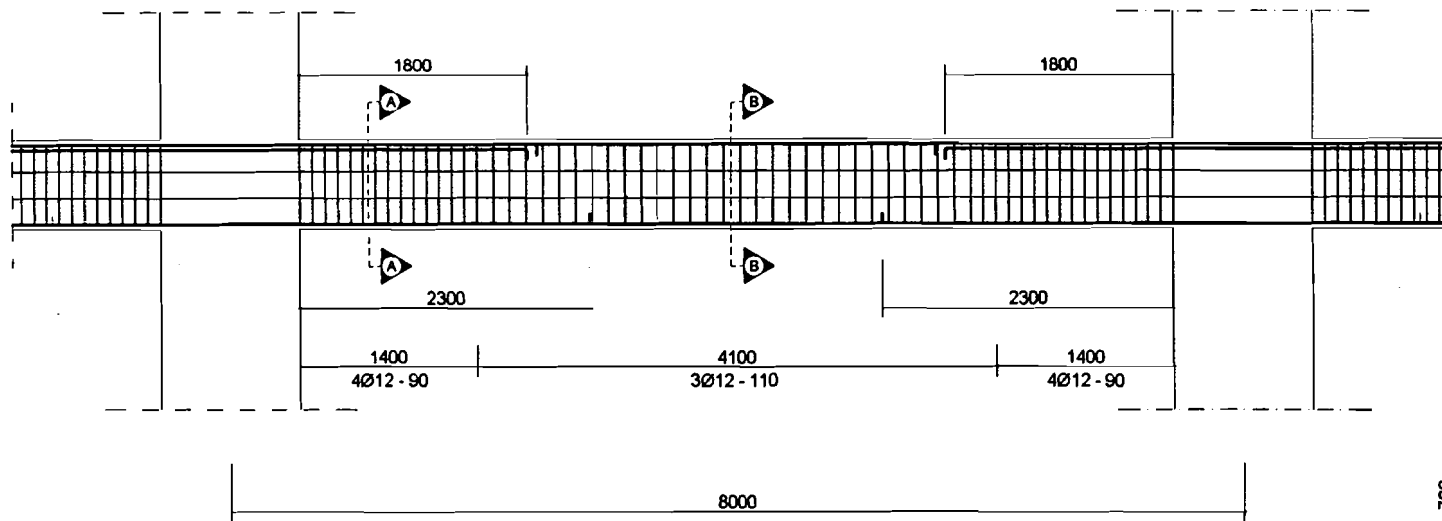
POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30



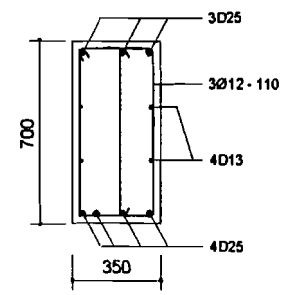
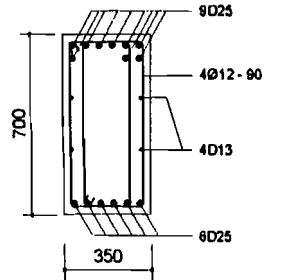
POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

B4 (350 X 700)

STORY 1 SKALA 1 : 60



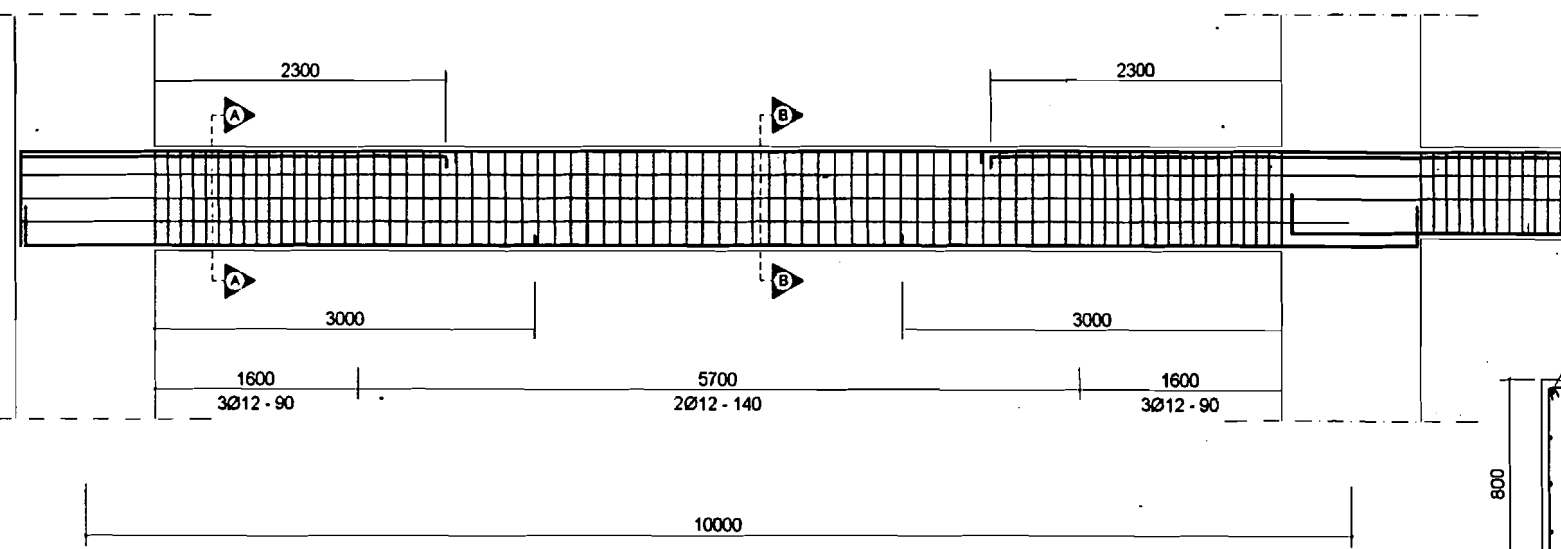
POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30



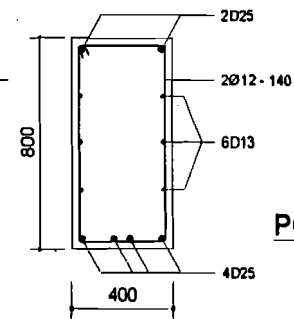
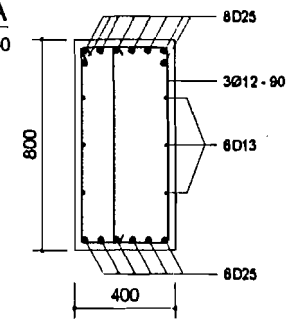
POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

B5 (350 X 700)

STORY 1 SKALA 1 : 60



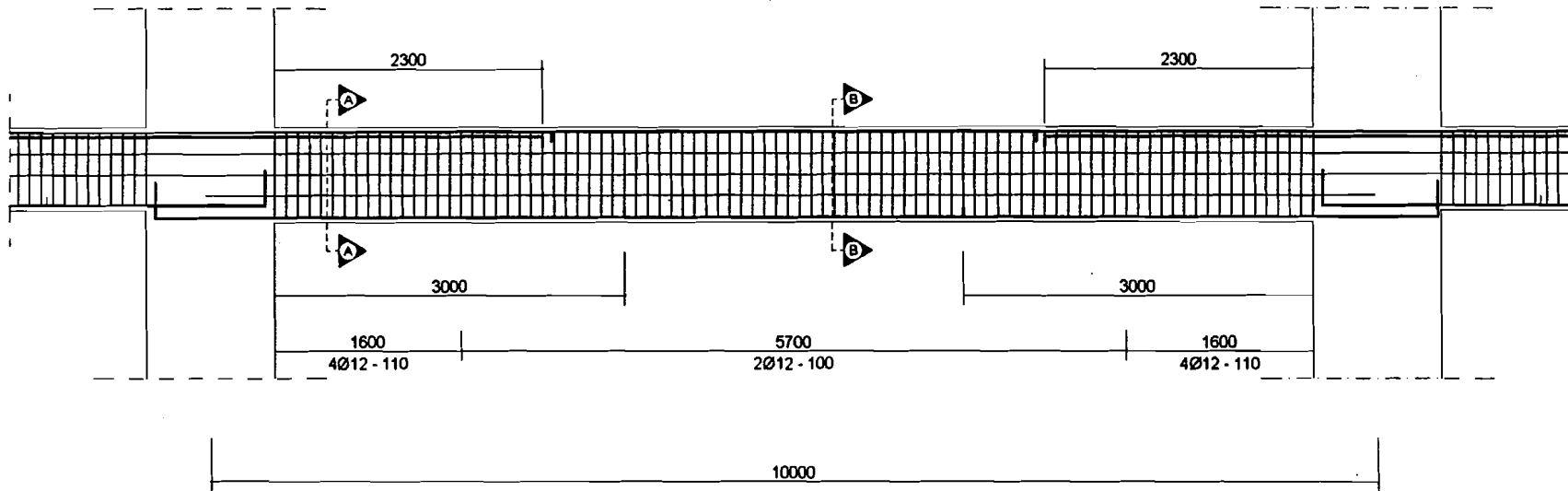
POTONGAN A - A
SKALA 1 : 30



POTONGAN B - B
SKALA 1 : 30

B6 (400 X 800)

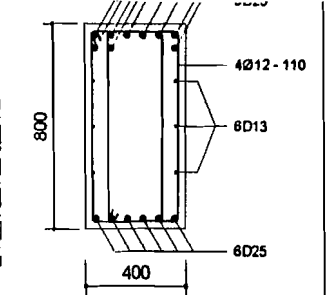
STORY 1 SKALA 1 : 60



B7 (400 X 800)

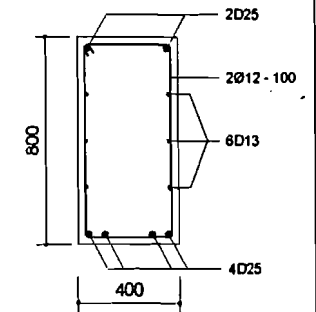
STORY 1

SKALA 1 : 60



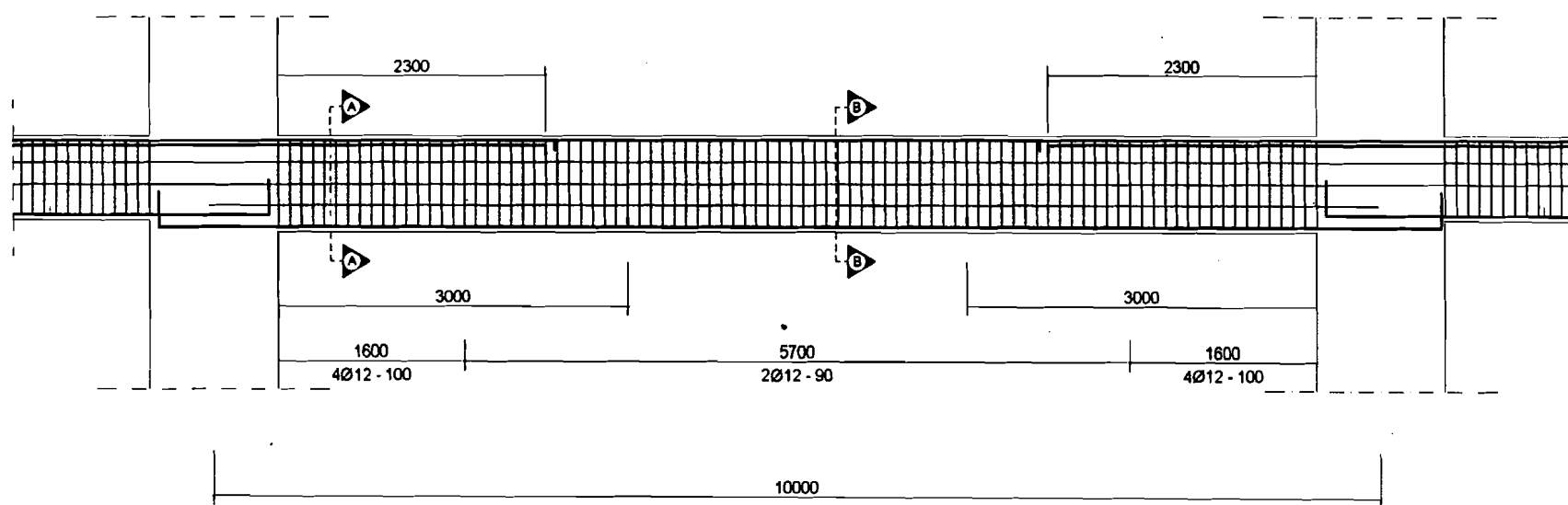
POTONGAN A - A

SKALA 1 : 30



POTONGAN B - B

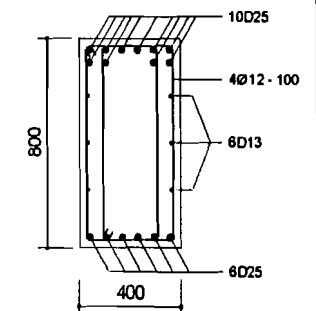
SKALA 1 : 30



B8 (400 X 800)

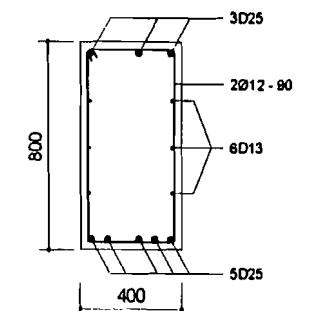
STORY 1

SKALA 1 : 60



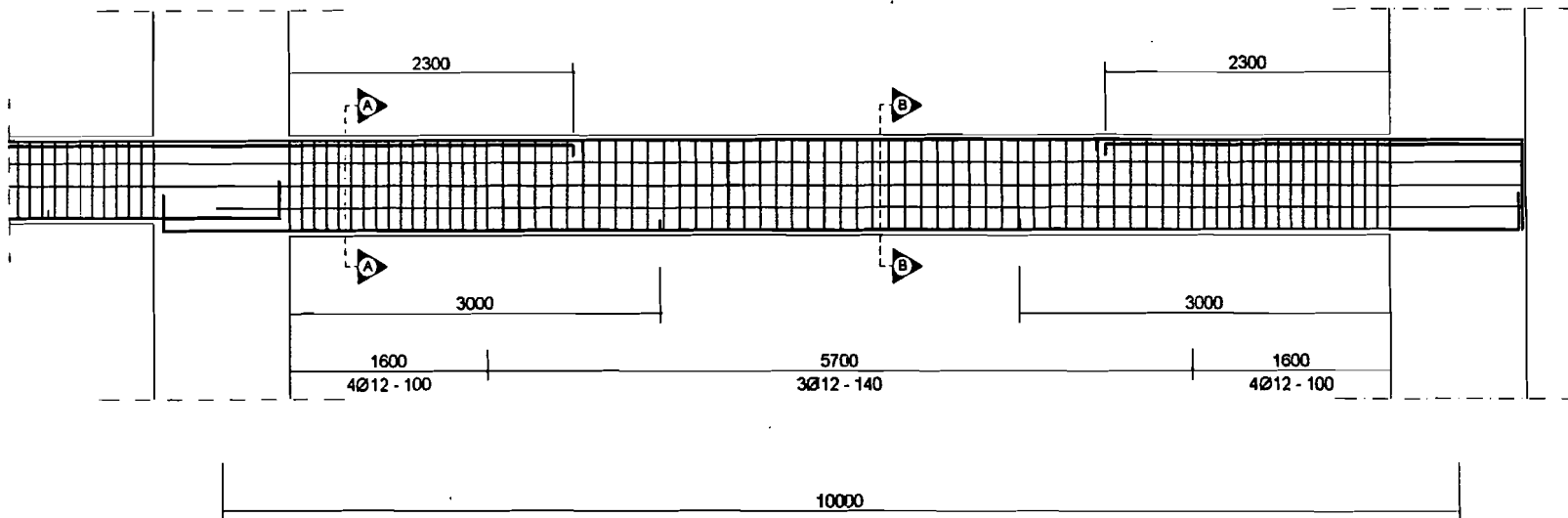
POTONGAN A - A

SKALA 1 : 30



POTONGAN B - B

SKALA 1 : 30



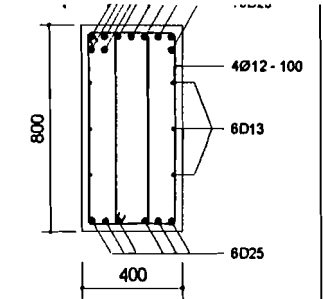
B9 (400 X 800)

STORY 1

SKALA 1 : 60

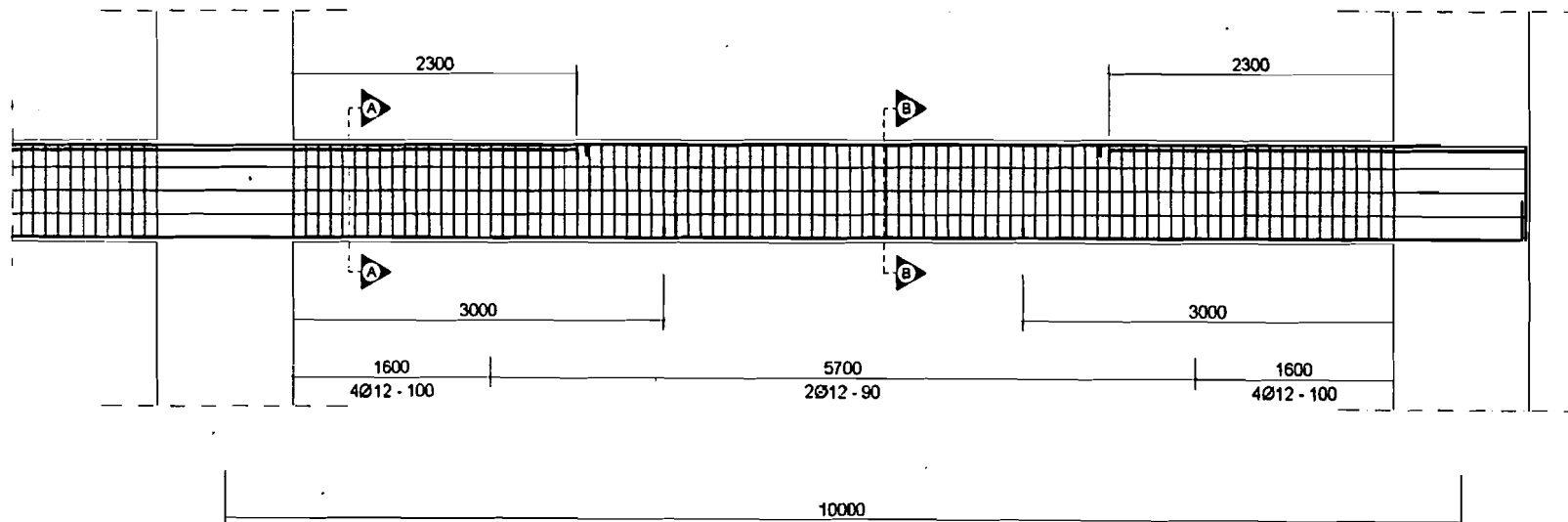
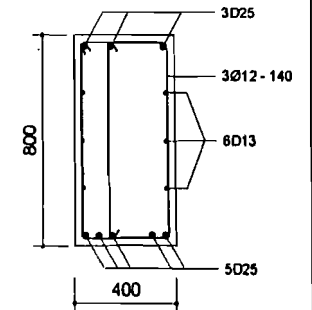
POTONGAN B - B

SKALA 1 : 30



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 30



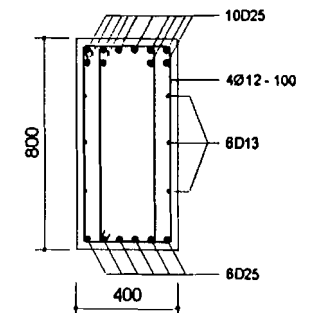
B10 (400 X 800)

STORY 1

SKALA 1 : 60

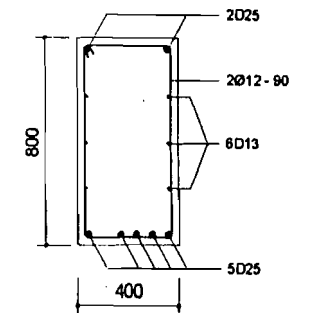
POTONGAN B - B

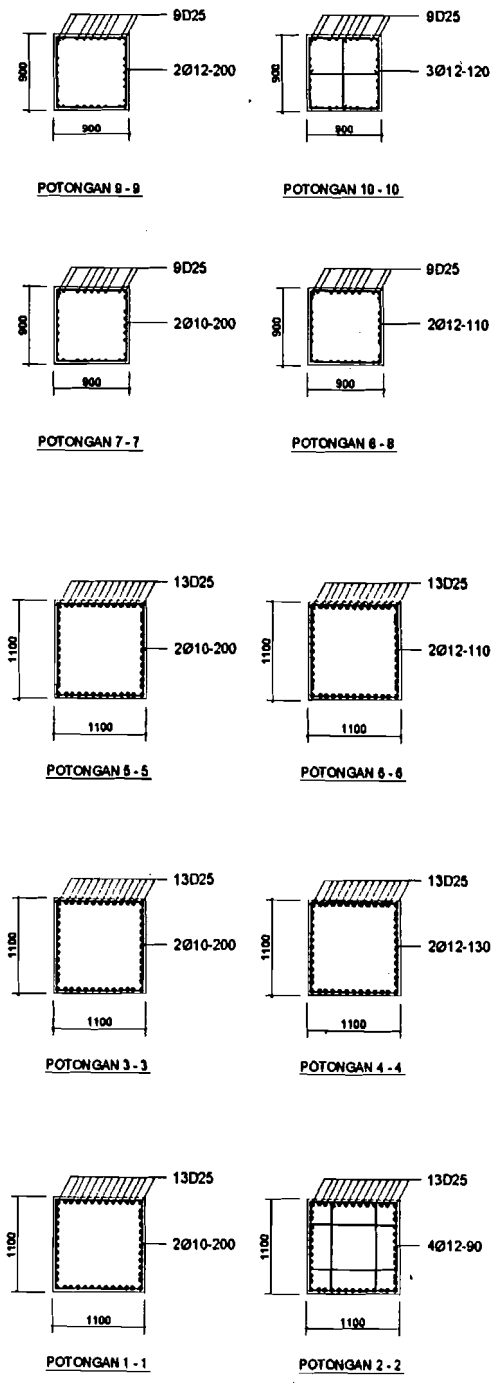
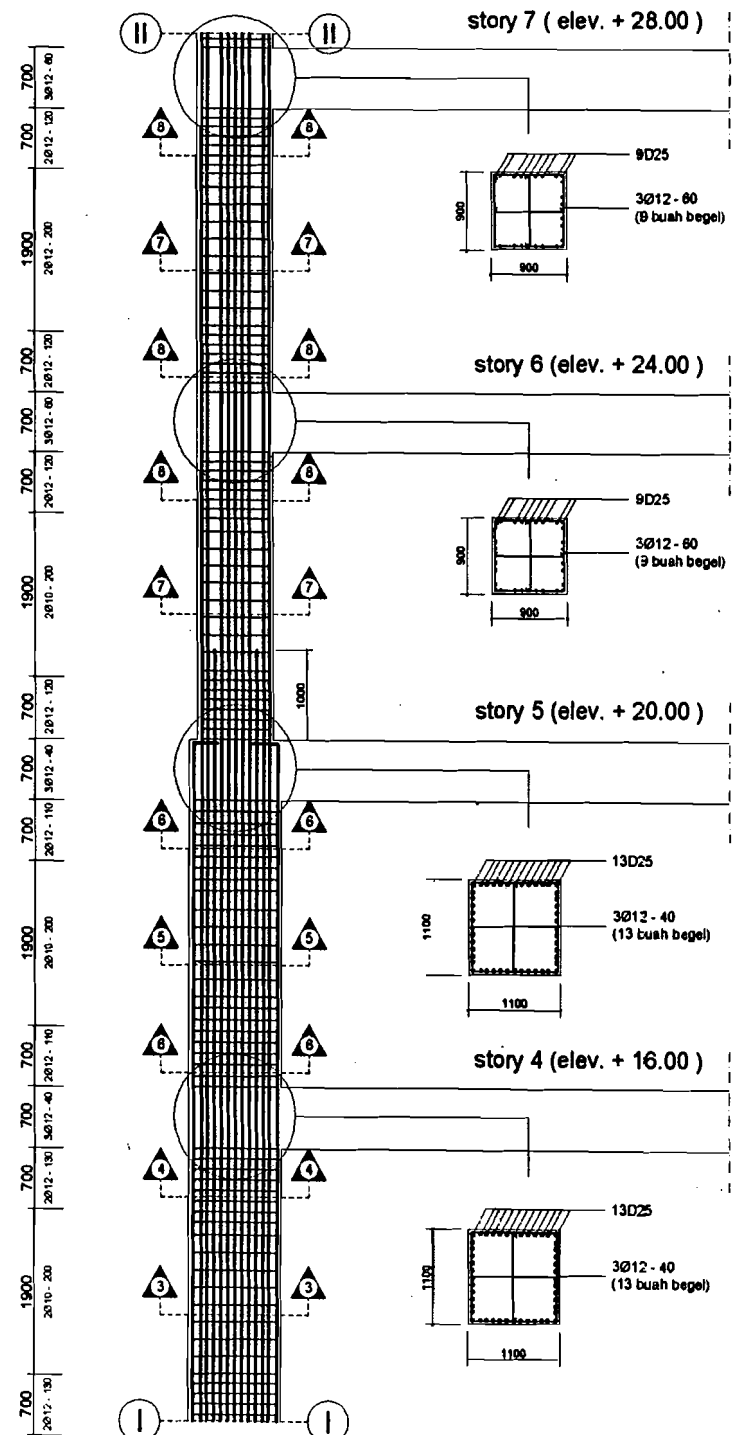
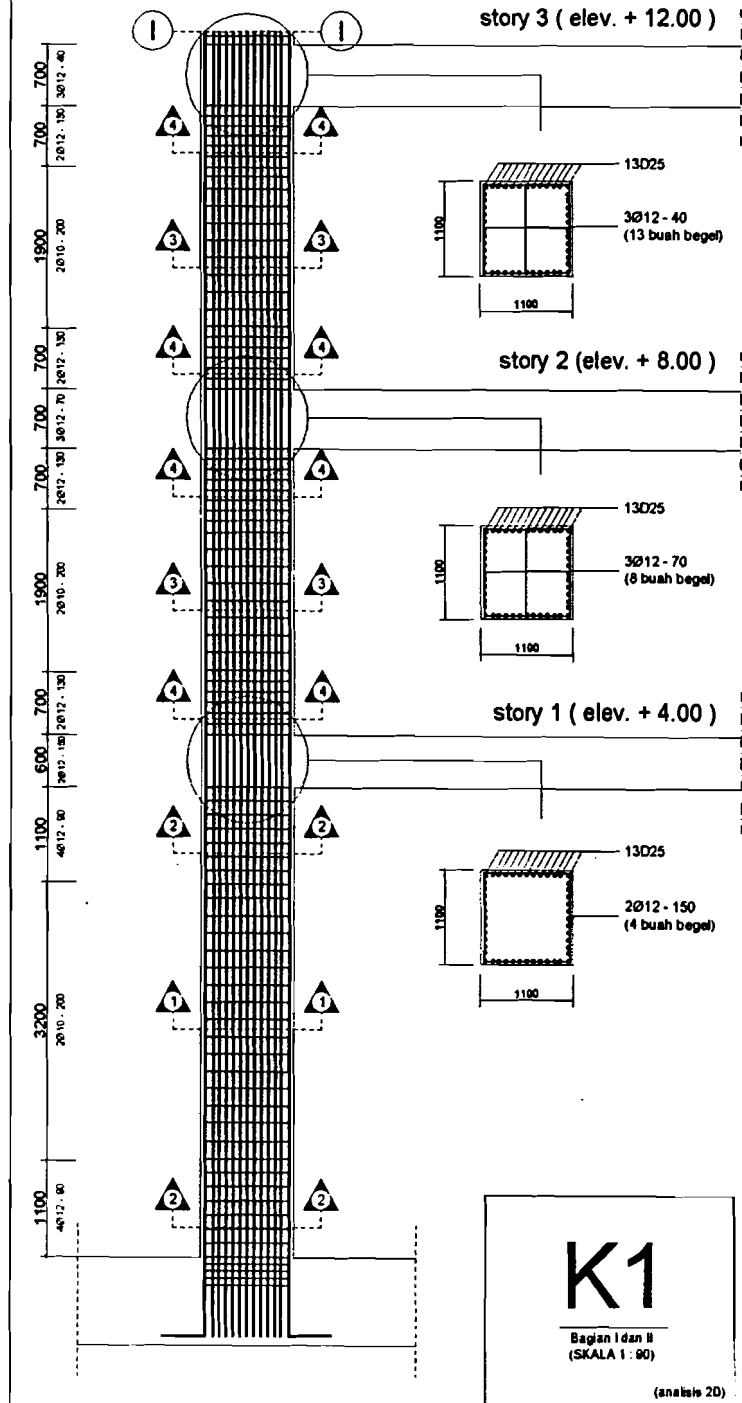
SKALA 1 : 30



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 30

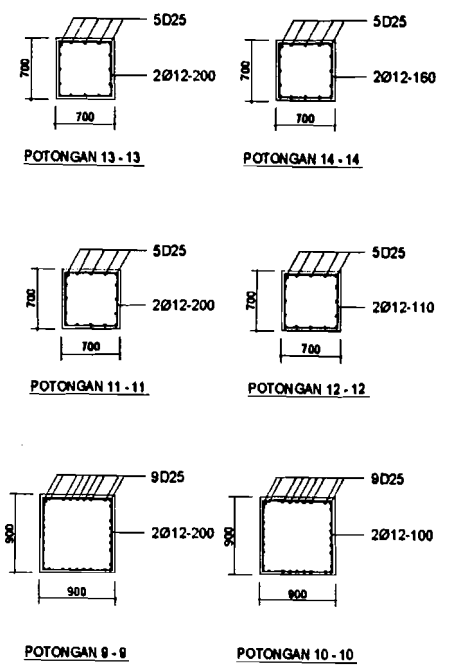
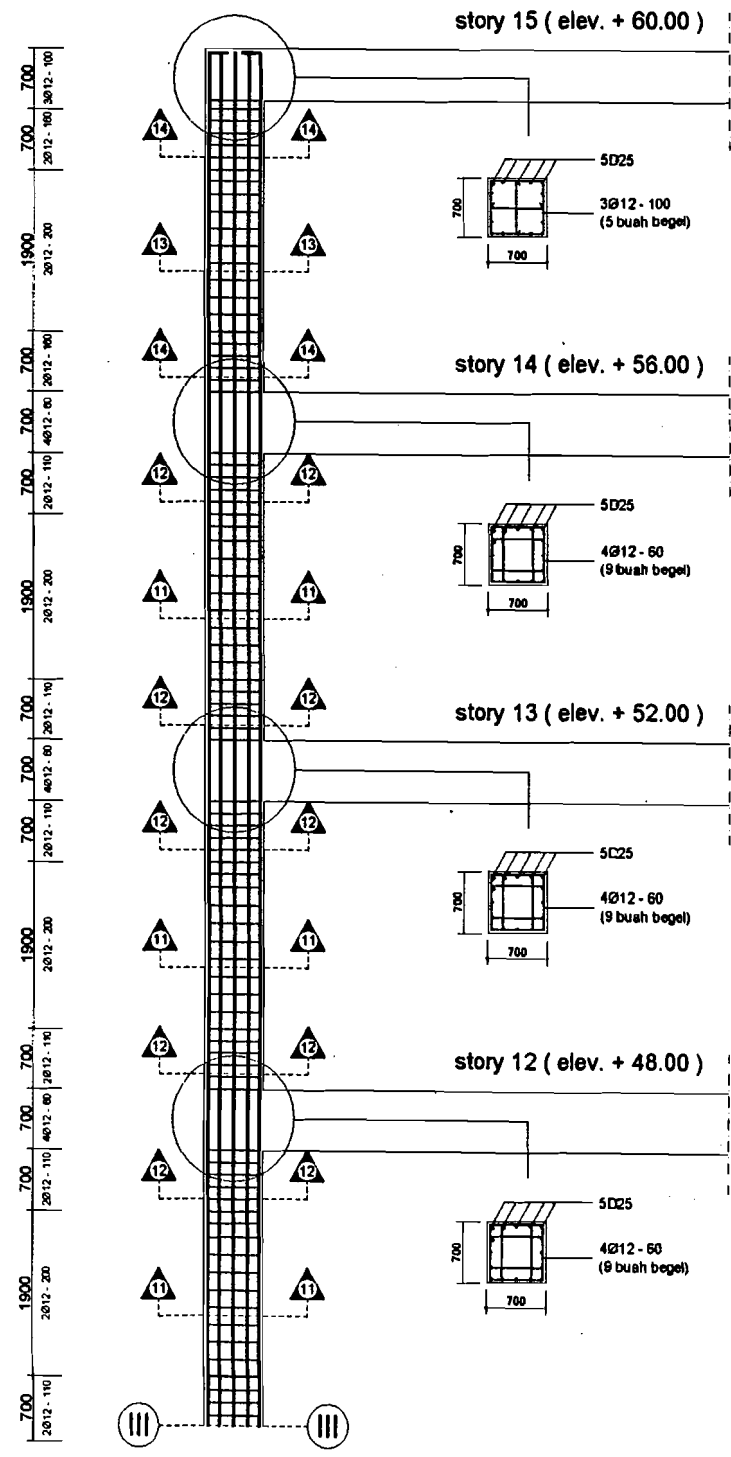
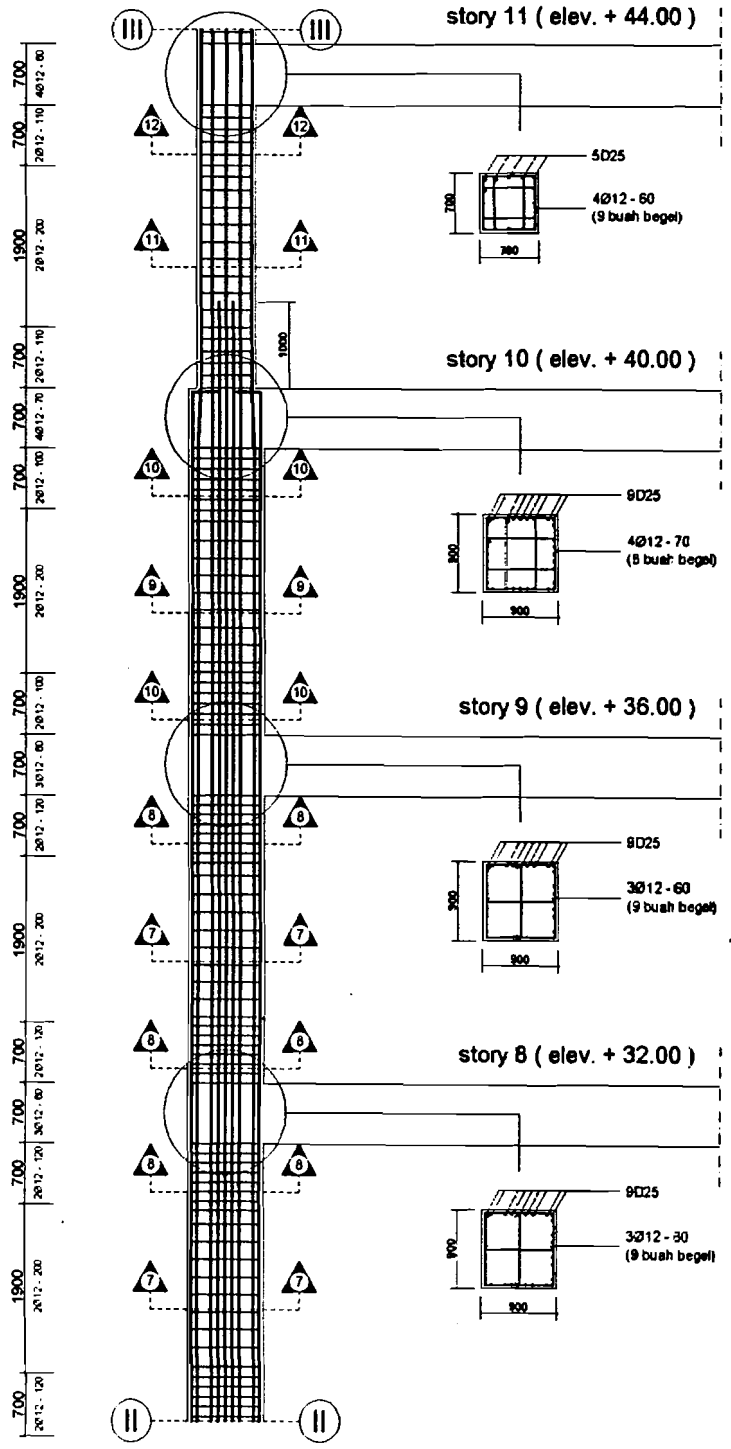


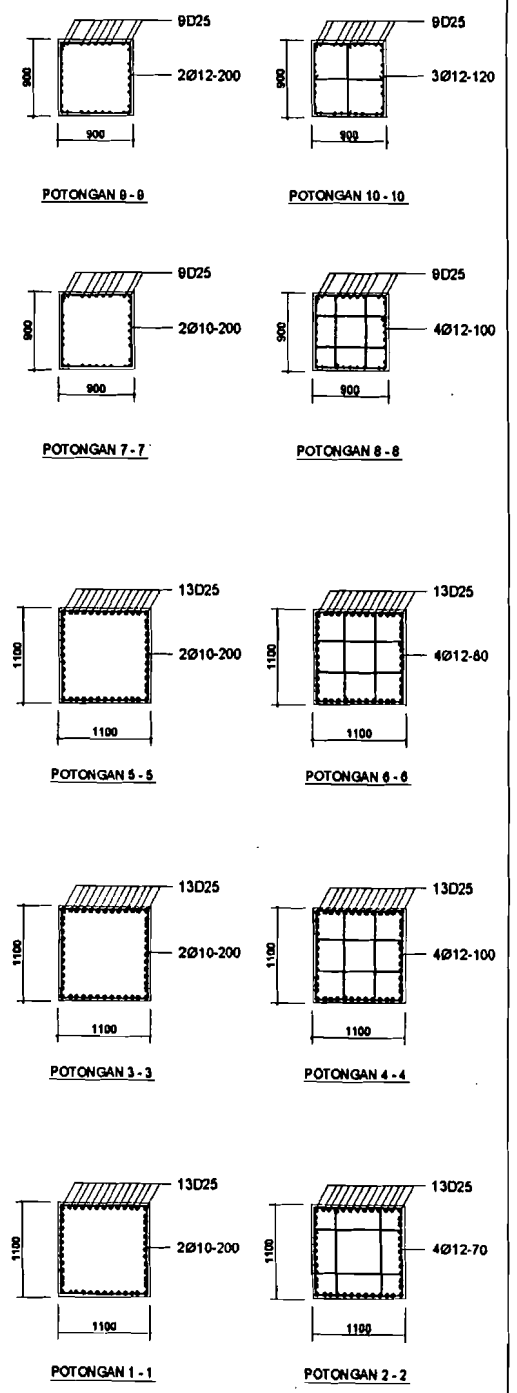
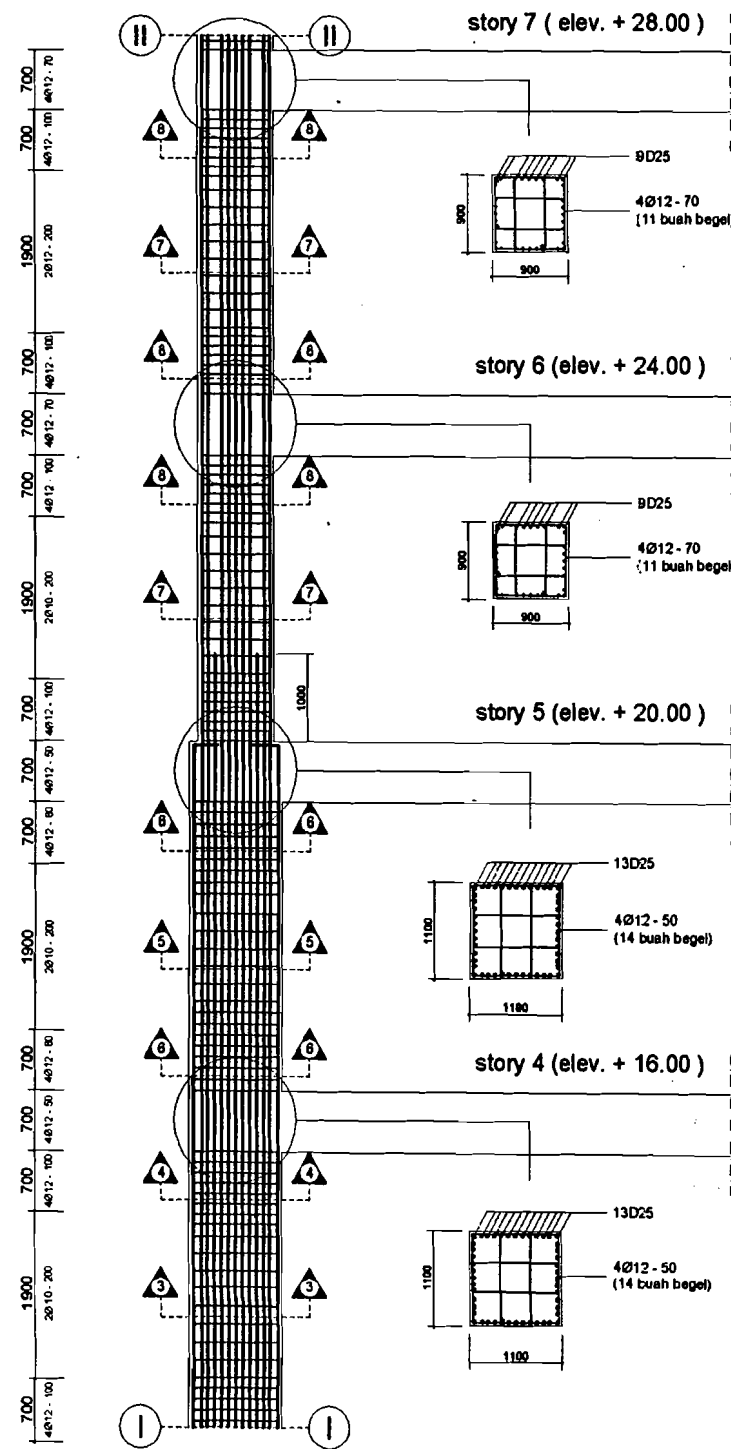
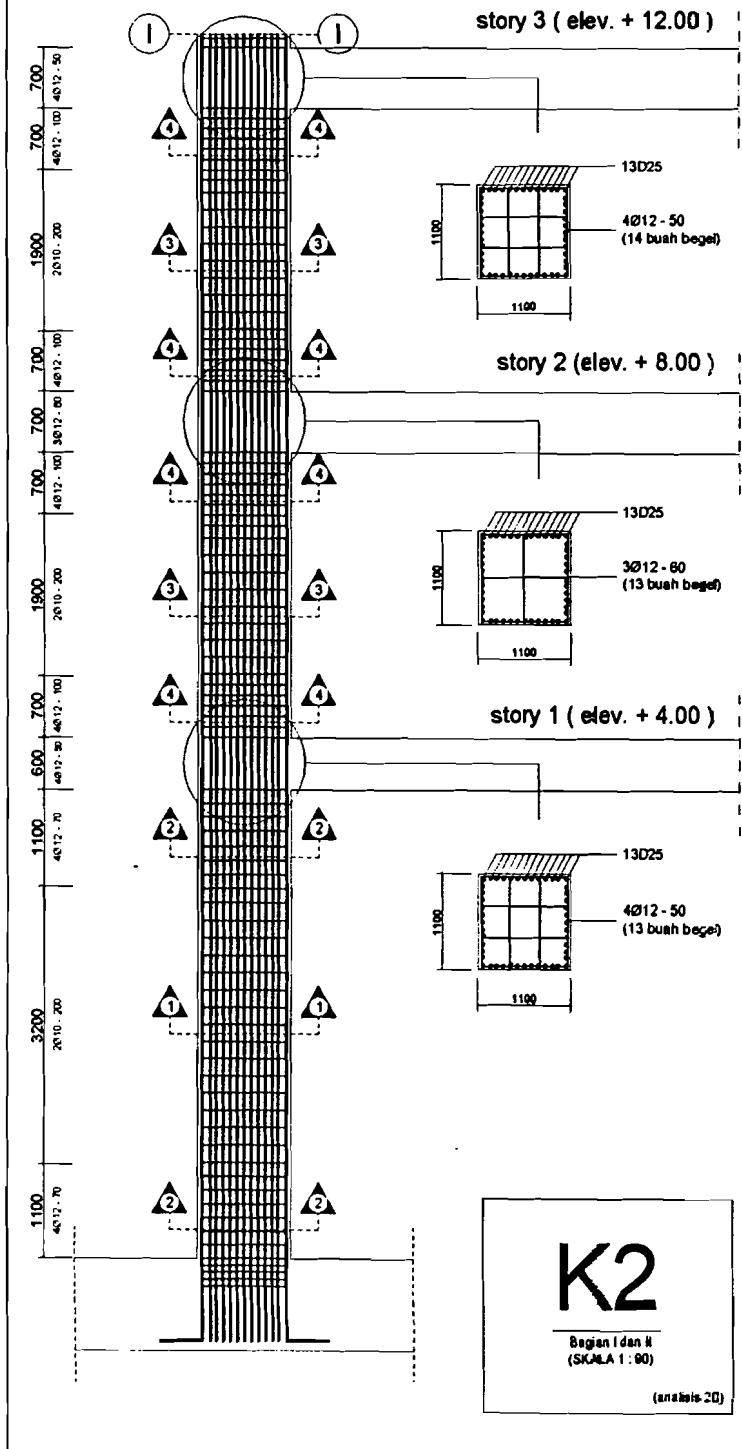


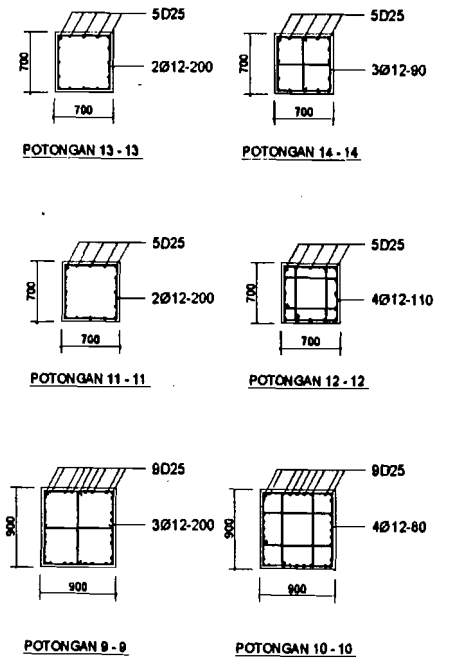
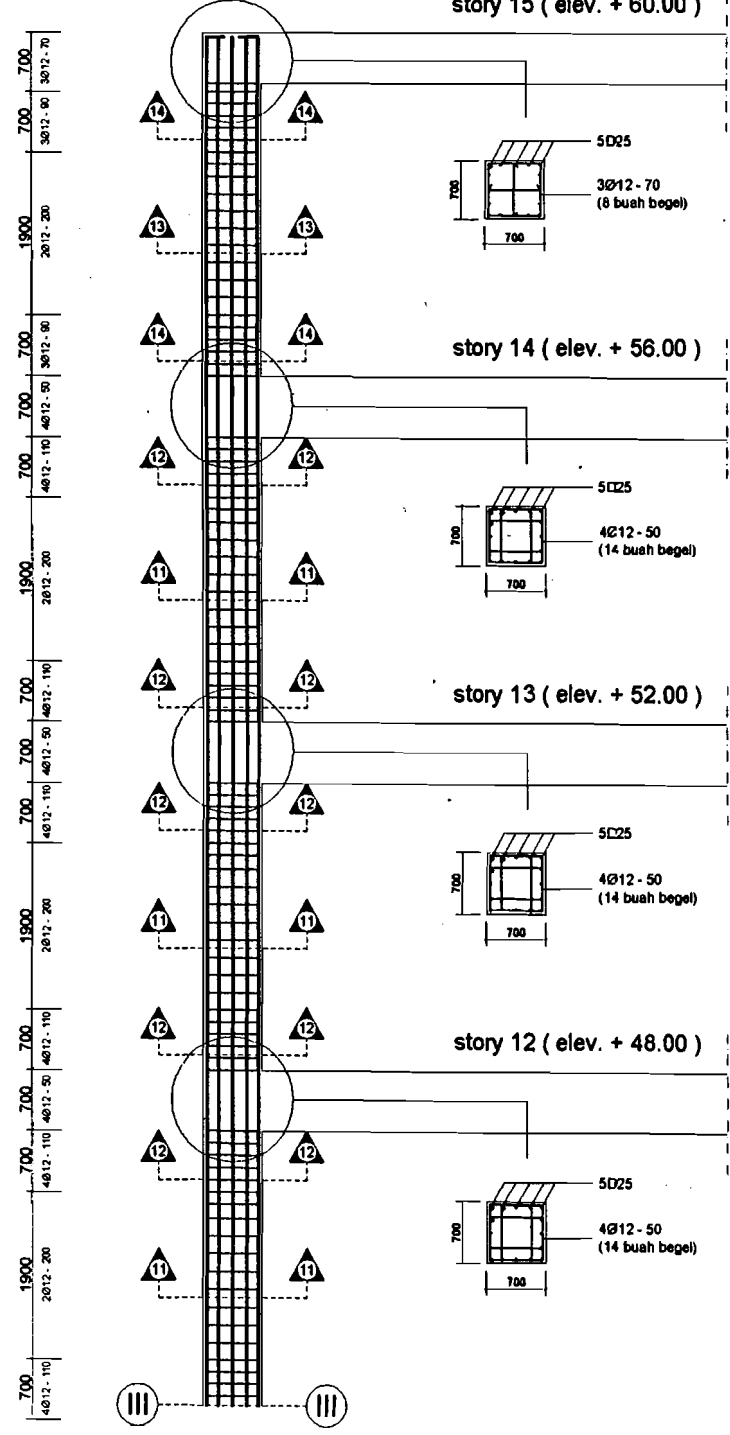
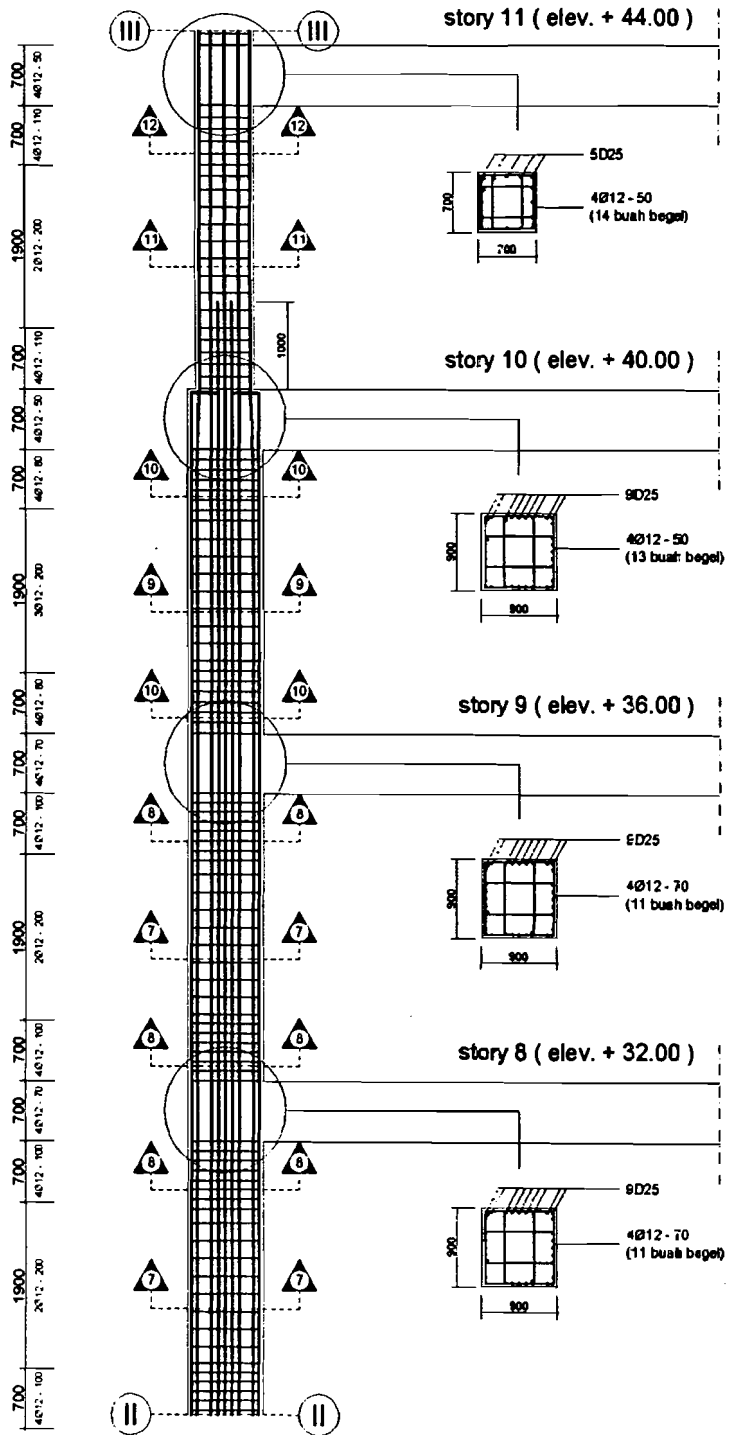
K1

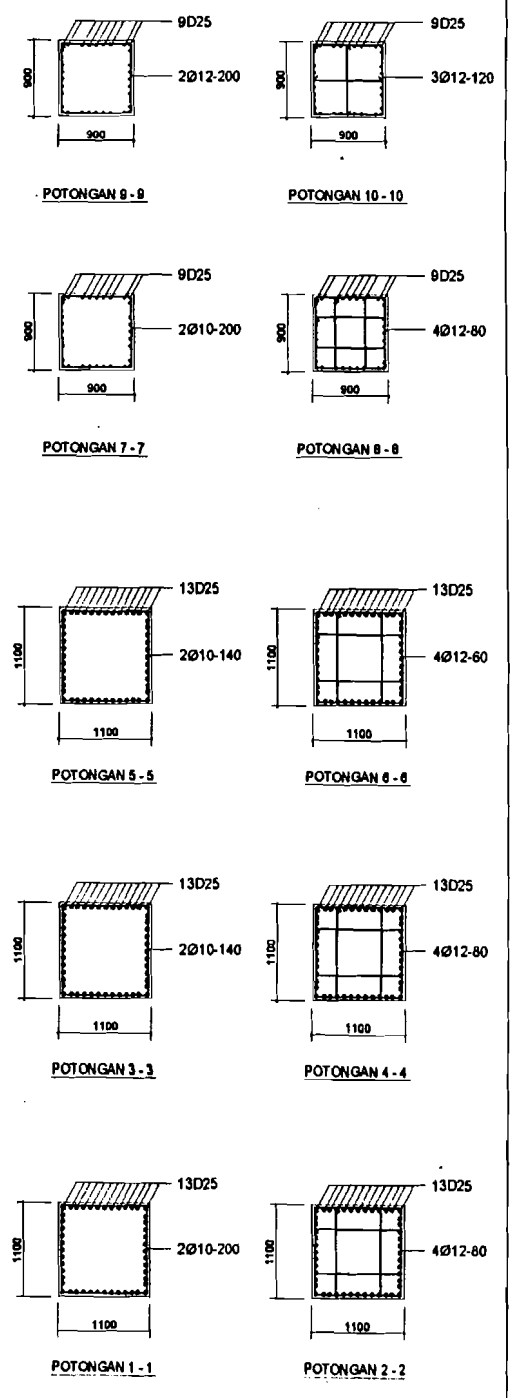
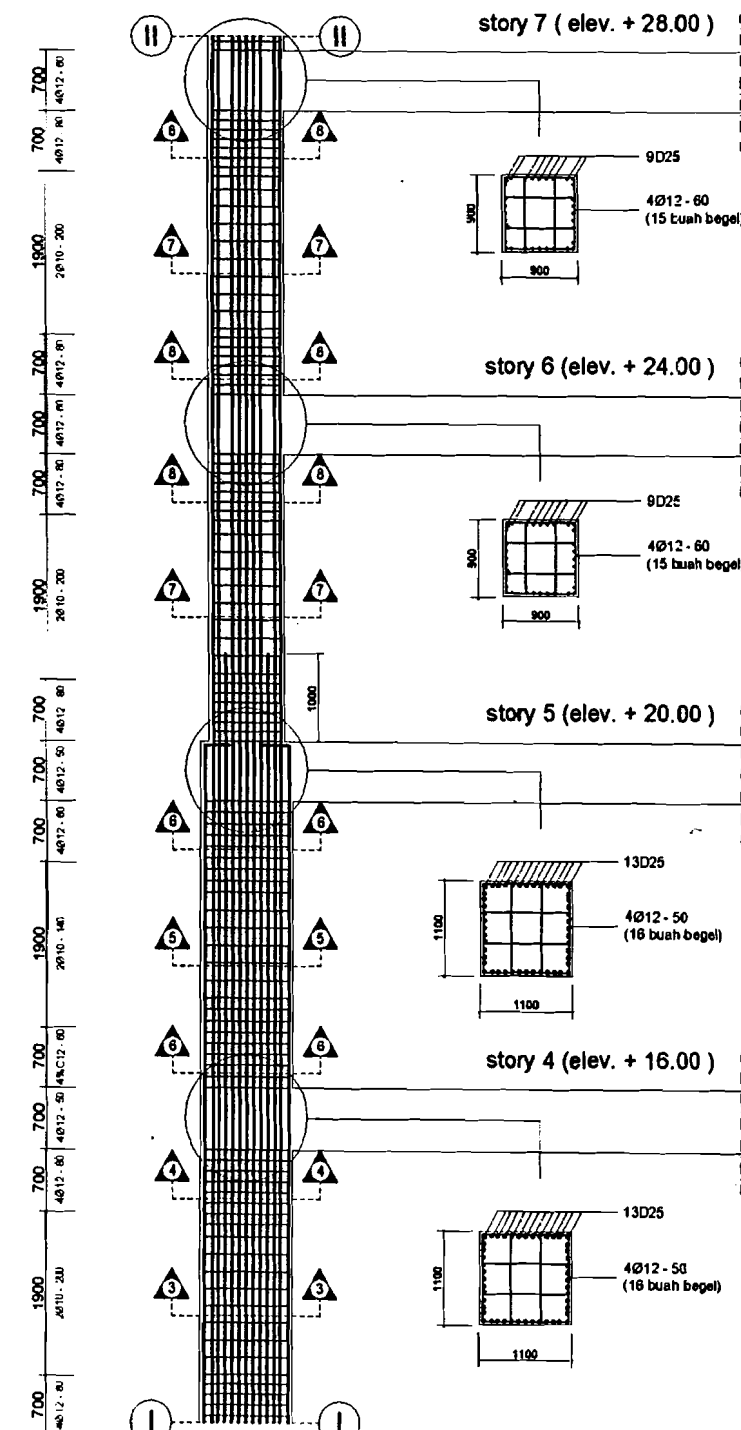
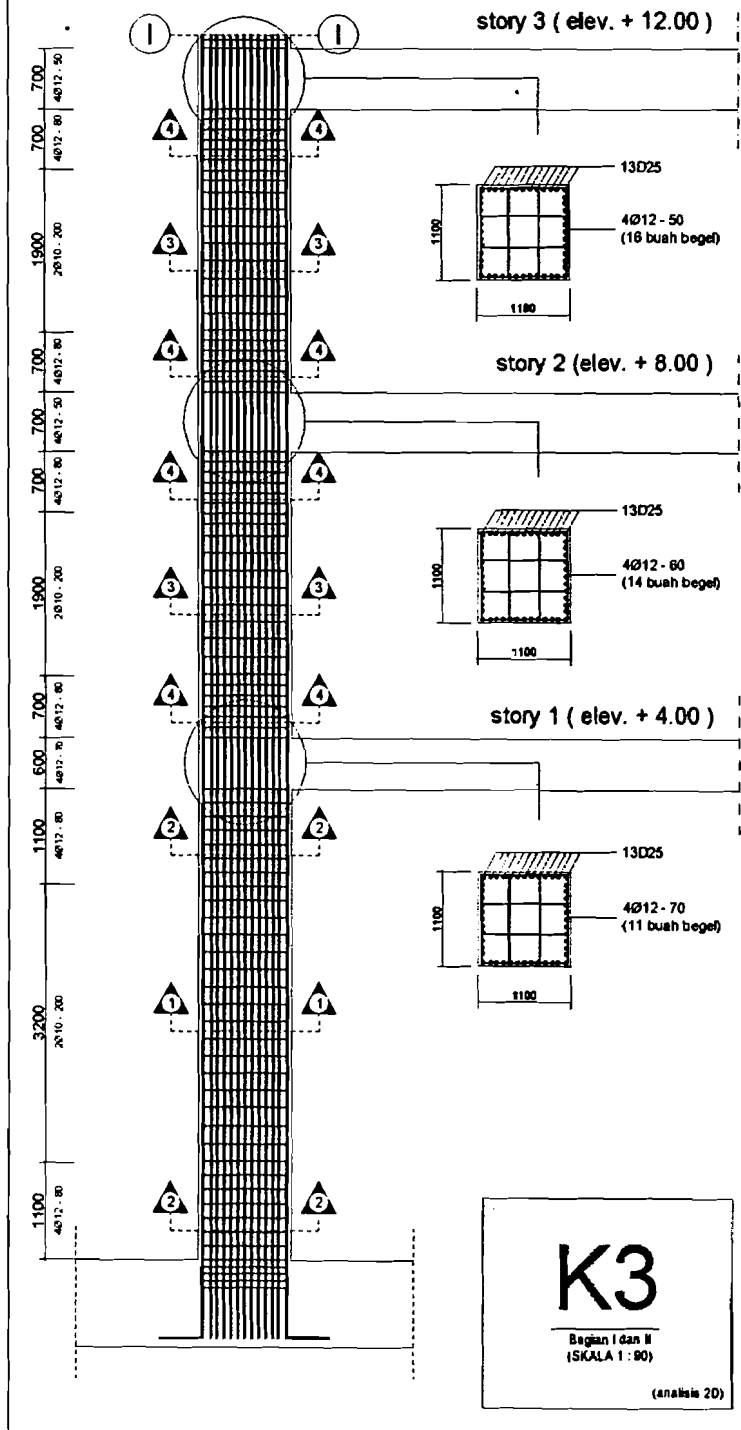
Bagian II dan III
(SKALA 1 : 80)

(analisis 2D)





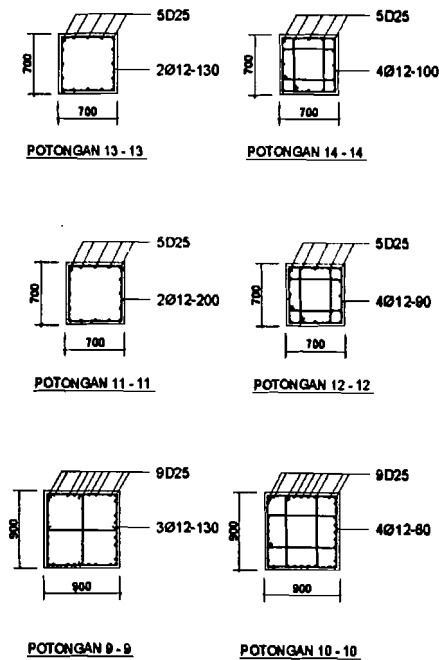
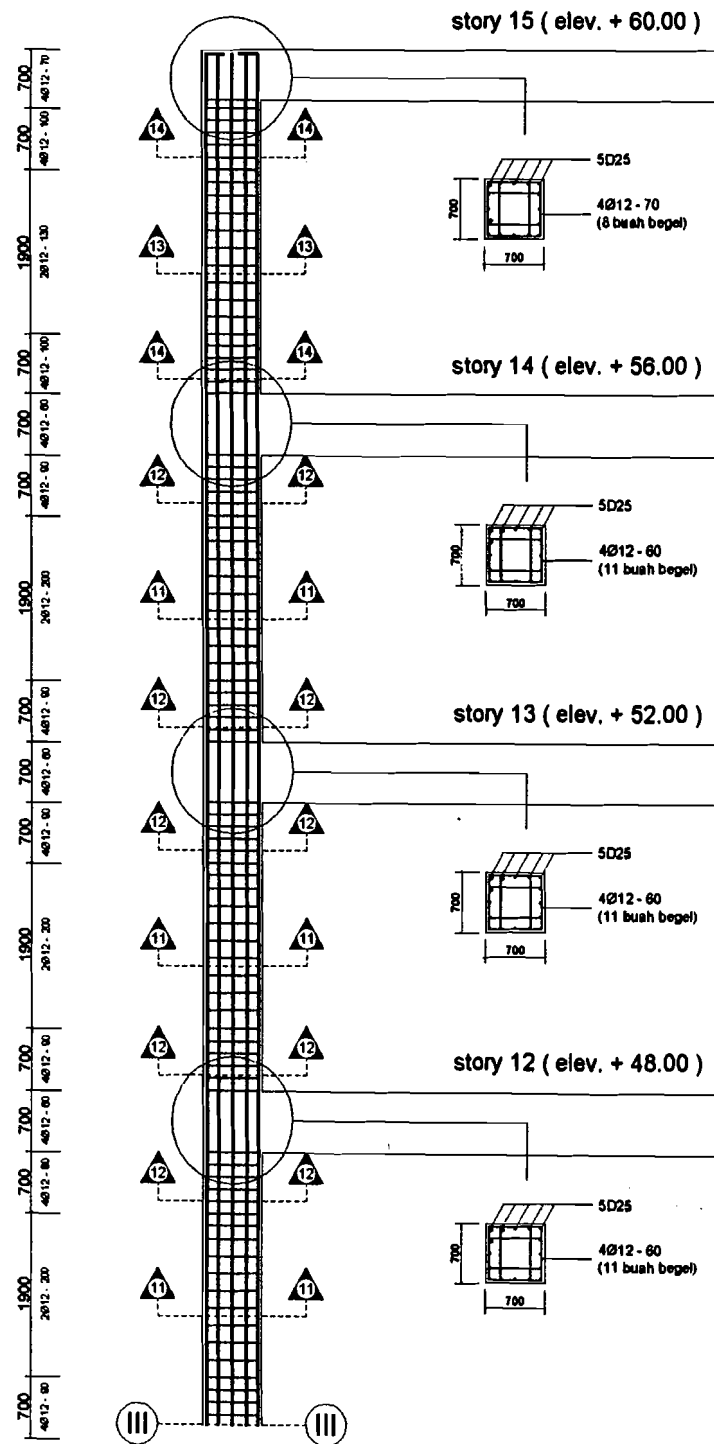
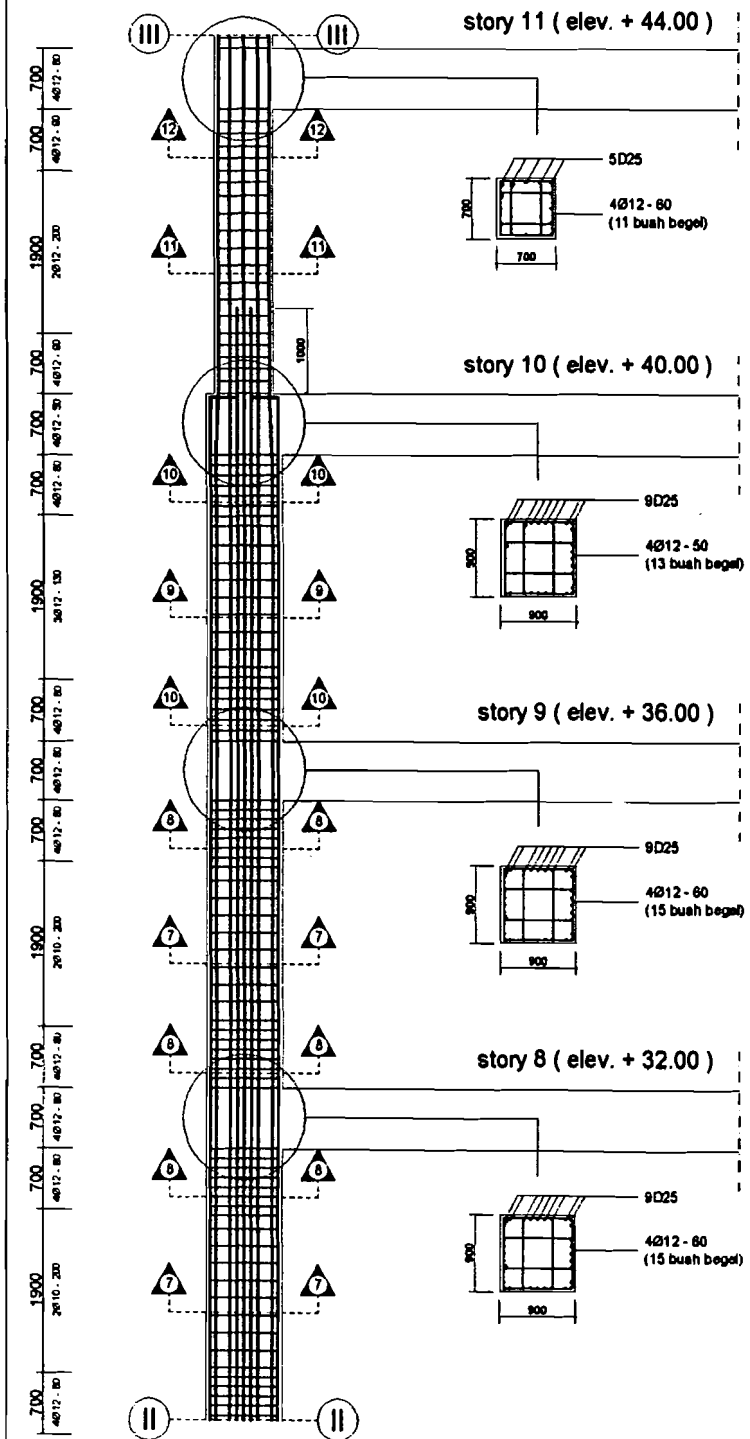




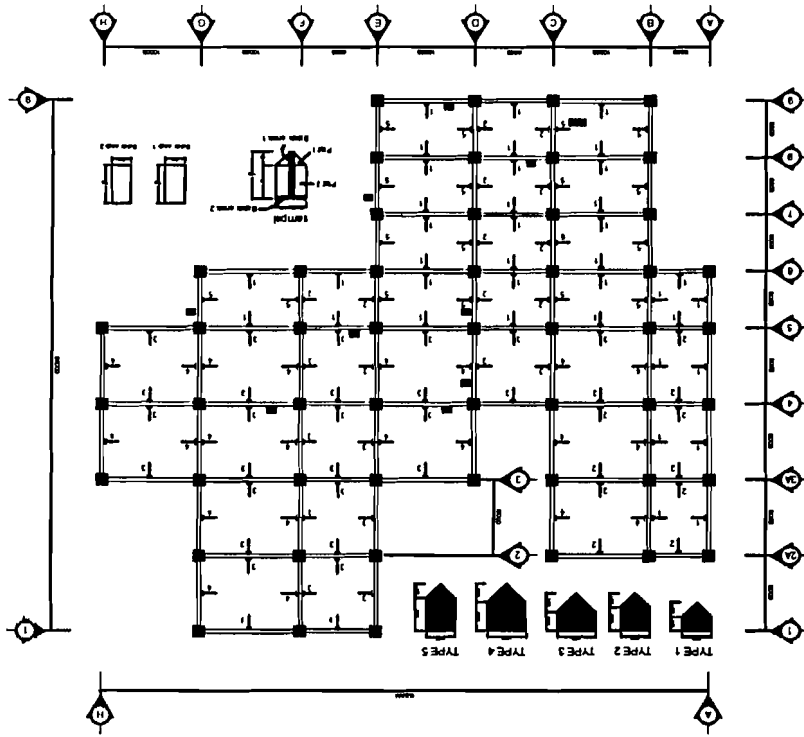
K3

Bagian II dan III
(SKALA 1:50)

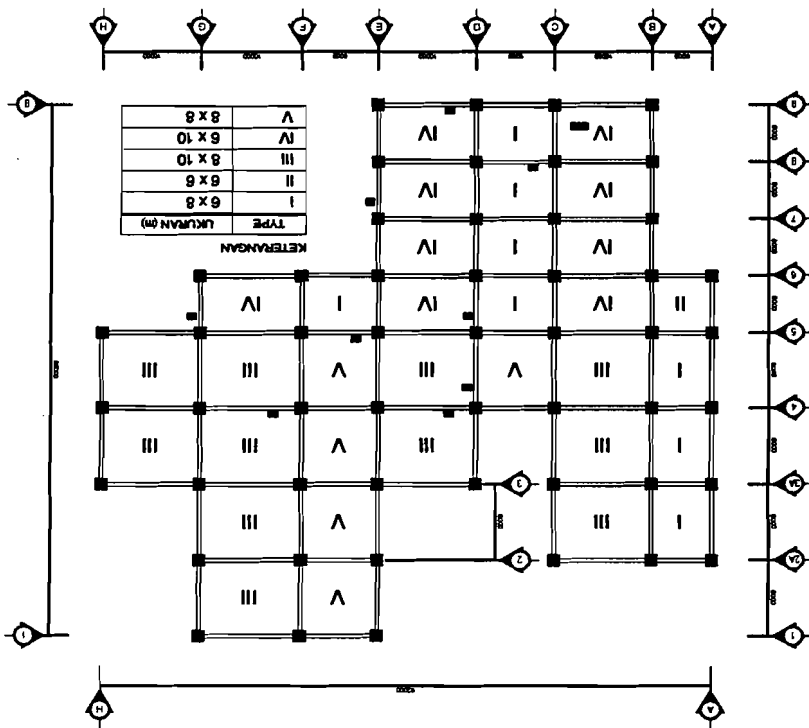
(analisis 2D)

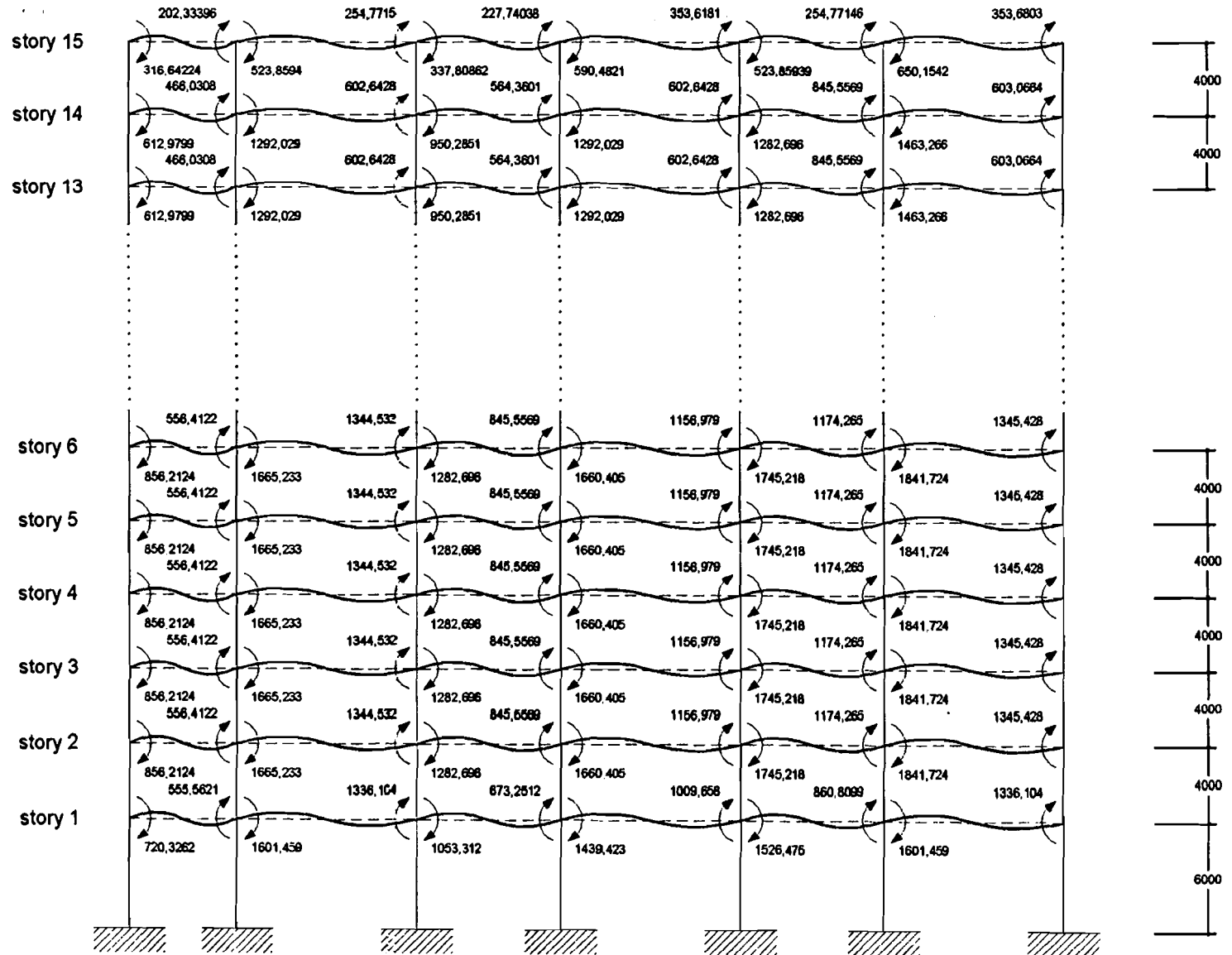


Gambar Lokasi Pembebanan Beban Titik

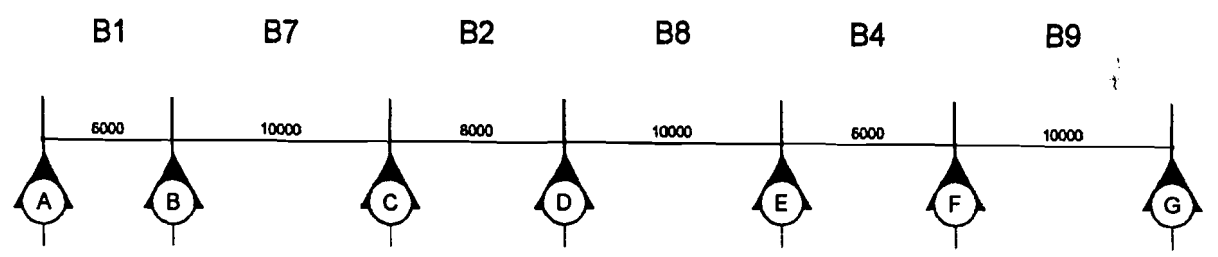


Gambar Lokasi Pembebanan Beban Merata

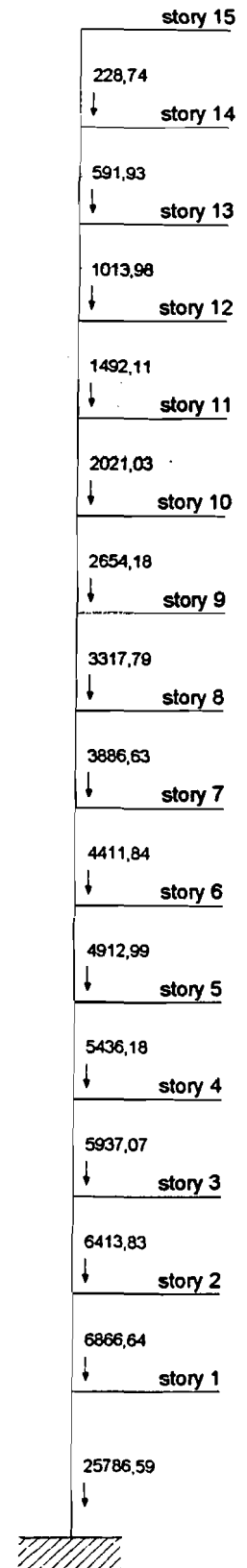
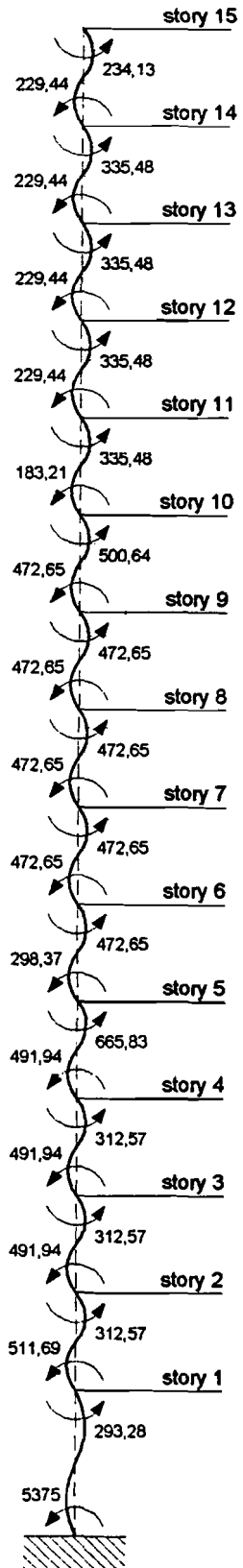
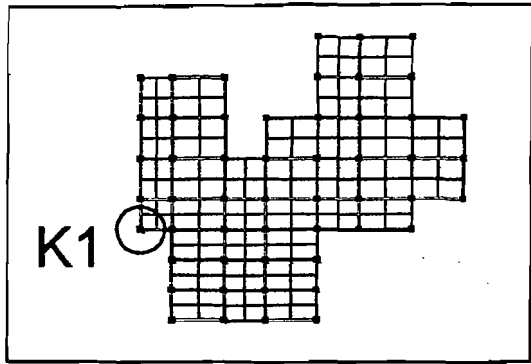




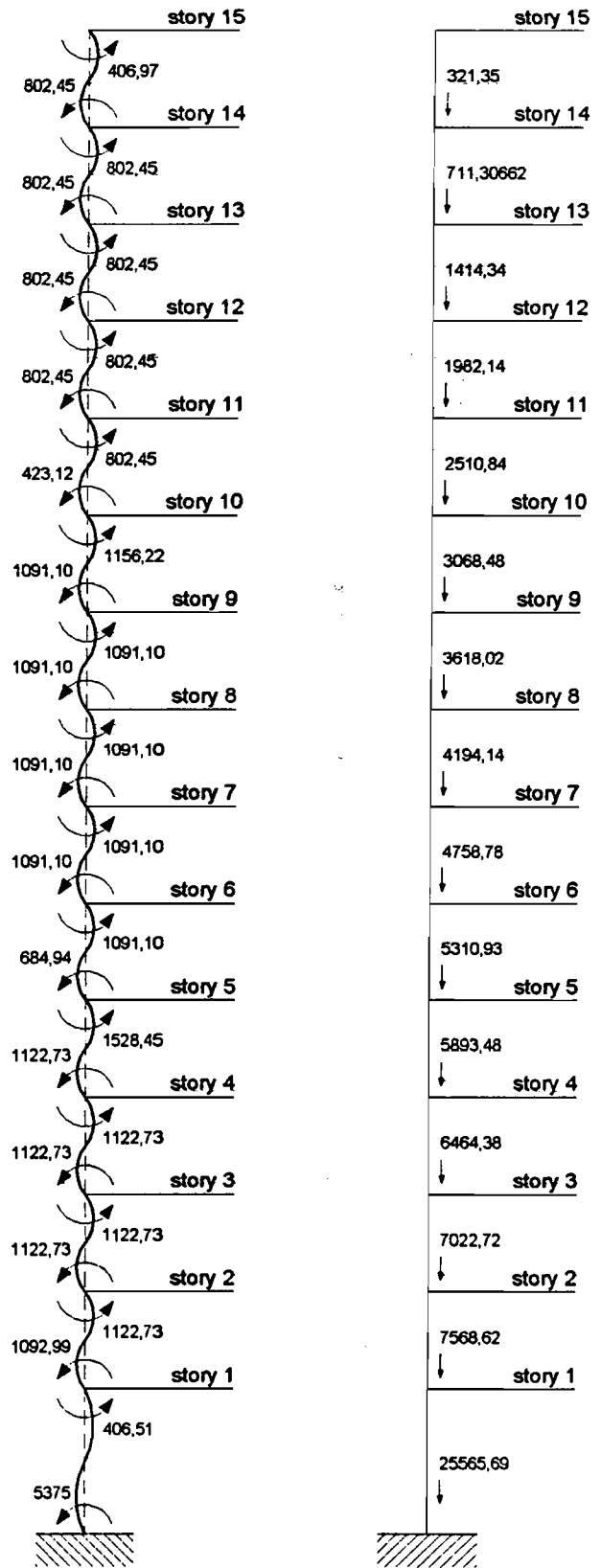
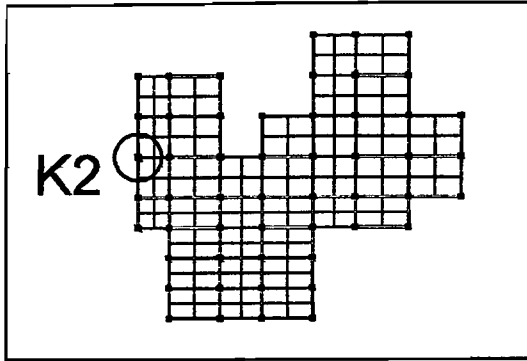
Arah gempa ←



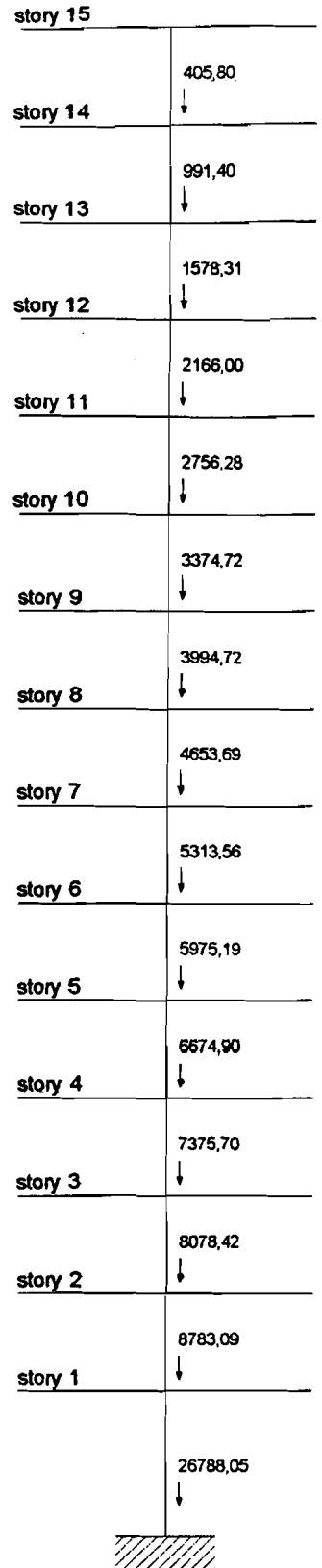
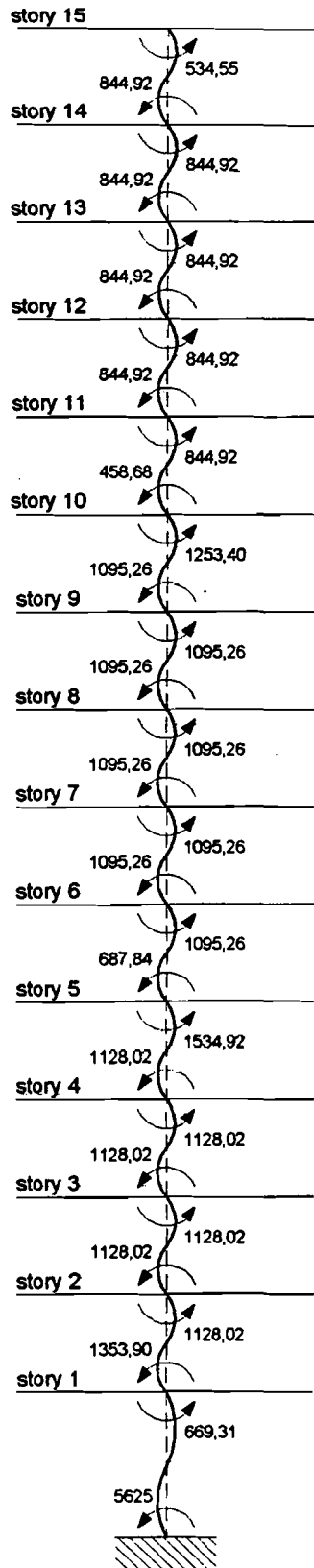
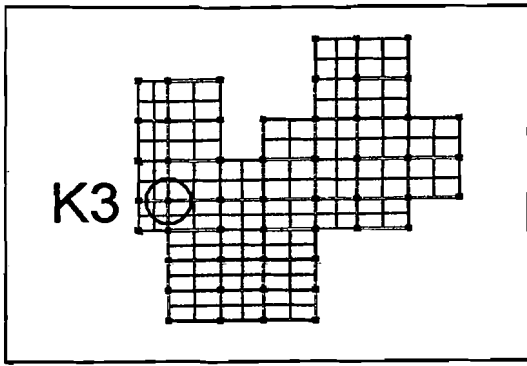
Gambar momen kapasitas (Mkap) balok pada Portal 6 (Analisis 3D)



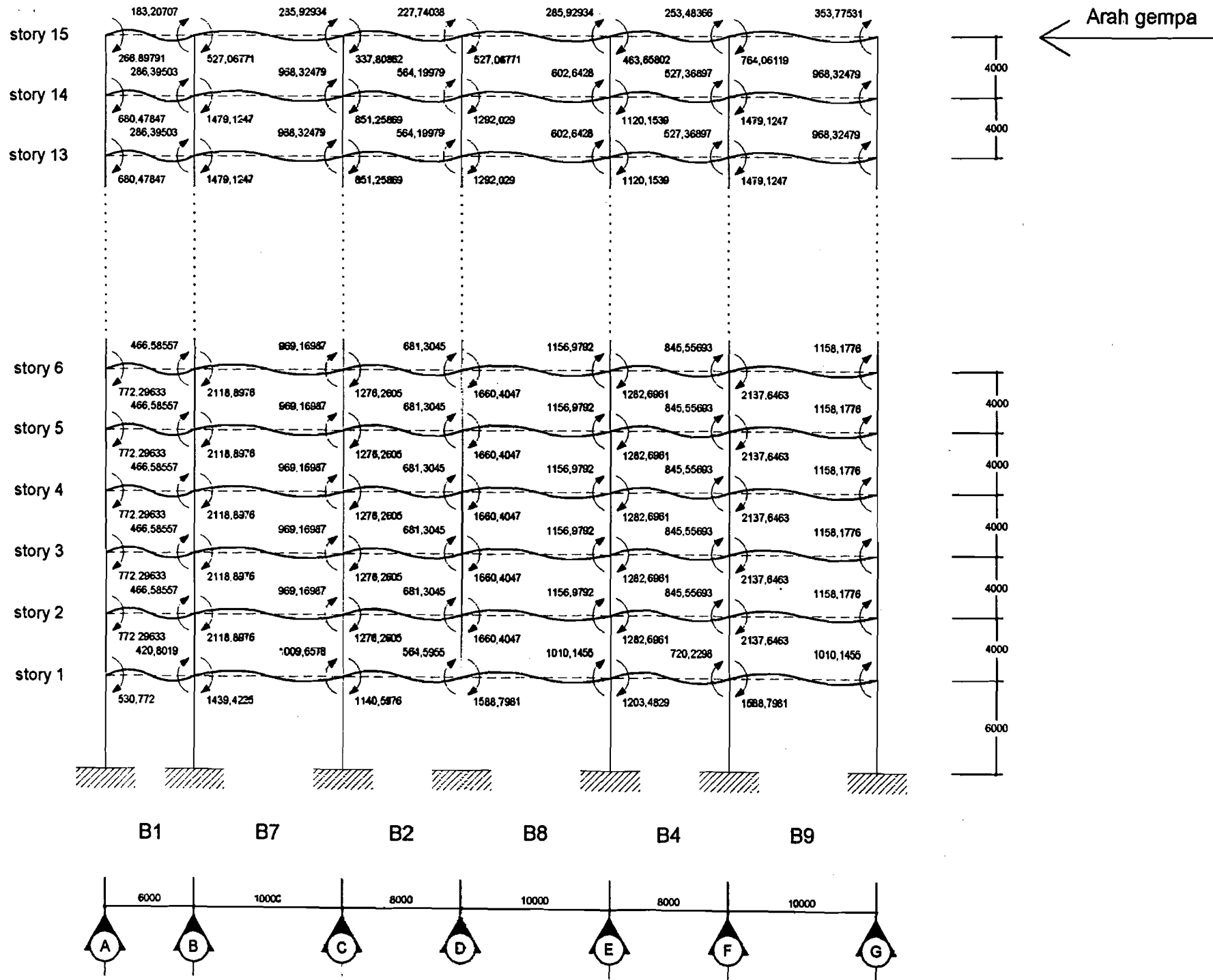
Gambar momen dan gaya aksial kolom K1 (Analisis 3D)



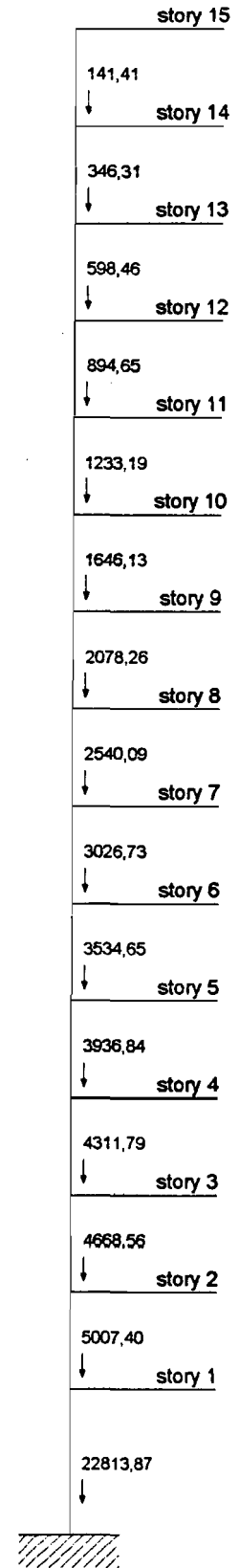
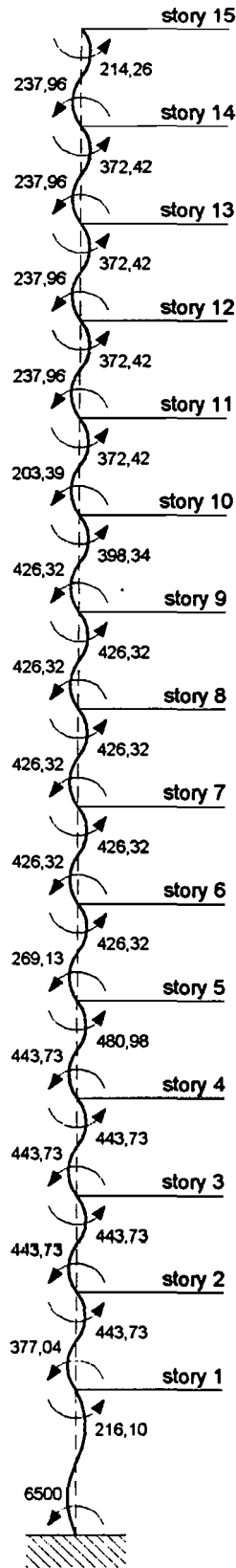
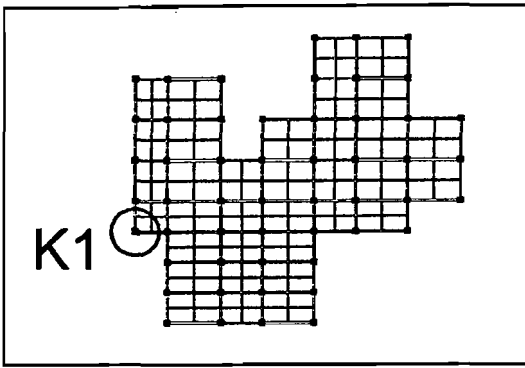
Gambar momen dan gaya aksial kolom K2 (Analisis 3D)



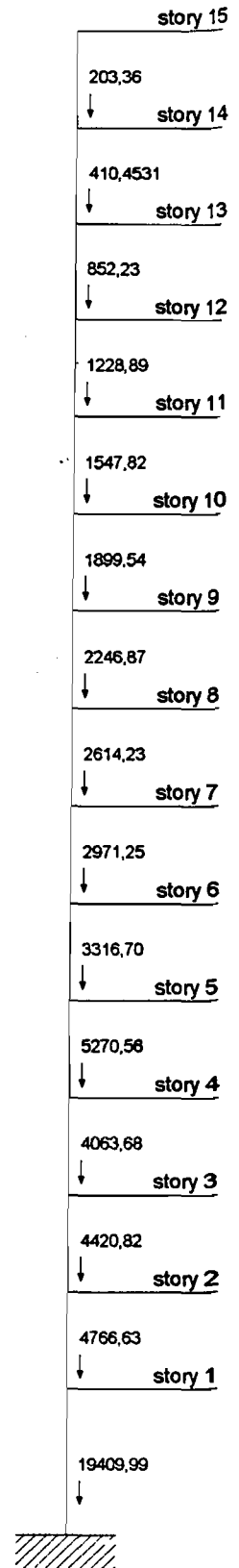
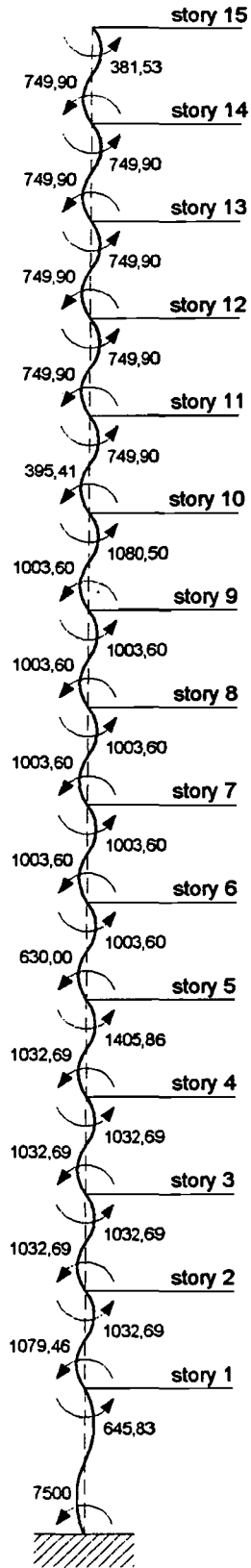
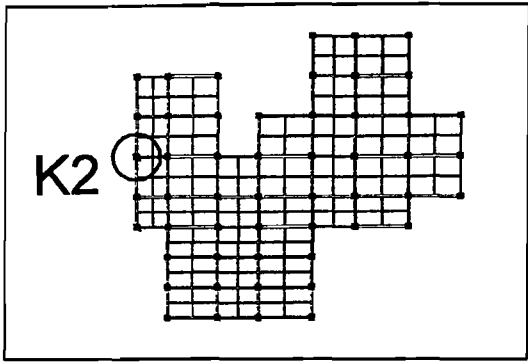
Gambar momen dan gaya aksial kolom K3 (Analisis 3D)



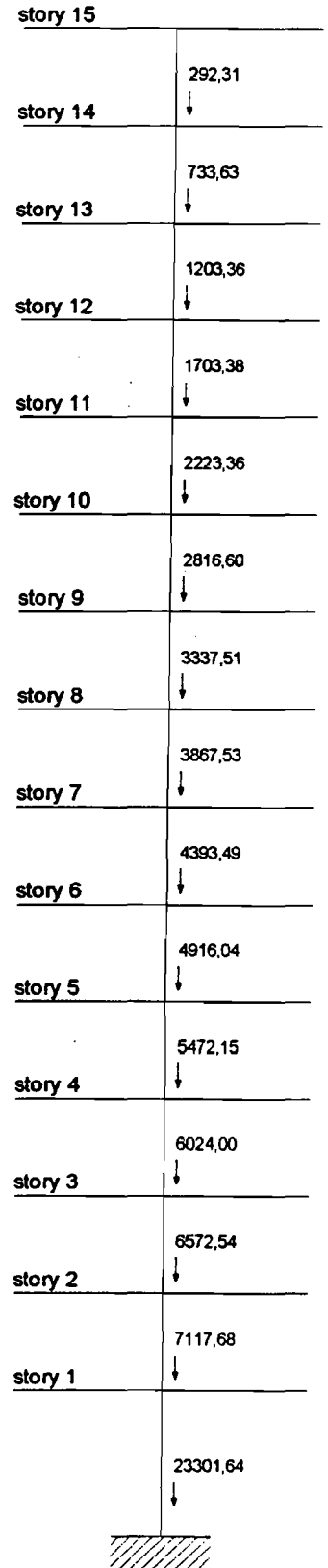
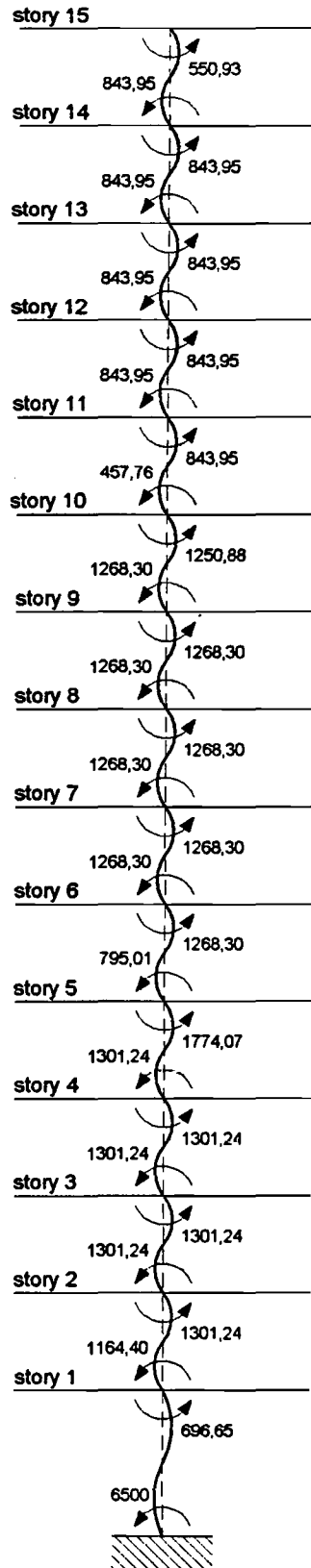
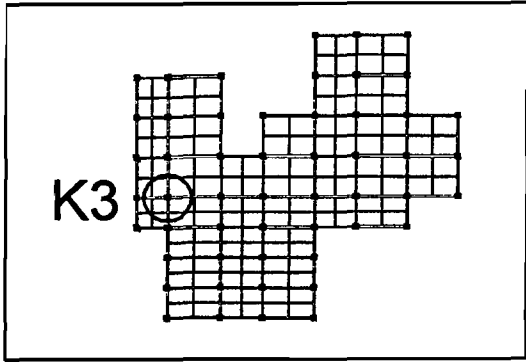
Gambar momen kapasitas (Mkap) balok pada Portal 6 (Analisis 3D)



Gambar momen dan gaya aksial kolom K1 (Analisis 2D)



Gambar momen dan gaya aksial kolom K2 (Analisis 2D)



Gambar momen dan gaya aksial kolom K3 (Analisis 2D)