

PEPPUSTAKAAN FTSP UII
HAGIAH/BELI
TGL TERIMA : 09-10-00 12/9/08
NO. JUDUL :
NO. INV. : 520003261001
723

TUGAS AKHIR

PENGARUH RASIO DINDING GESER-PORTAL PADA ANALISIS DAN DESAIN BANGUNAN BERTINGKAT TAHAN GEMPA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

TA

624.176 2

EFF

P

2000



PEPPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun Oleh :

Nama : Arman Effendi S
No Mhs. : 94310093
NIRM : 940051013114120093

Nama : Nur Anggraini
No Mhs. : 95310031
NIRM : 950051013114120031

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

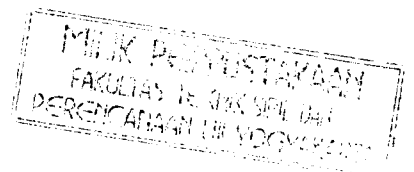
**PENGARUH RASIO DINDING GESER-PORTAL
PADA ANALISIS DAN DESAIN
BANGUNAN BERTINGKAT TAHAN GEMPA**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

Nama : Arman Effendi S
No. Mhs. : 94310093
NIRM : 940051013114120093

Nama : Nur Anggraini
No. Mhs. : 95310031
NIRM : 950051013114120031



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D

Dosen Pembimbing I

Tanggal :

4/9/2020

Ir. Helmi Akbar Bale, MT

Dosen Pembimbing II

Tanggal :

4/9/2020



MOTTO

“ Allah meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(QS Mujadalah : 11)

“ Katakanlah, “ Apakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ? “ . Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.”

(QS Az Zumar : 9)

“ Sesungguhnya yang takut kepada Allah diantara hamba-hambaNya ialah orang-orang yang berilmu pengetahuan.”

(QS Faathir : 28)

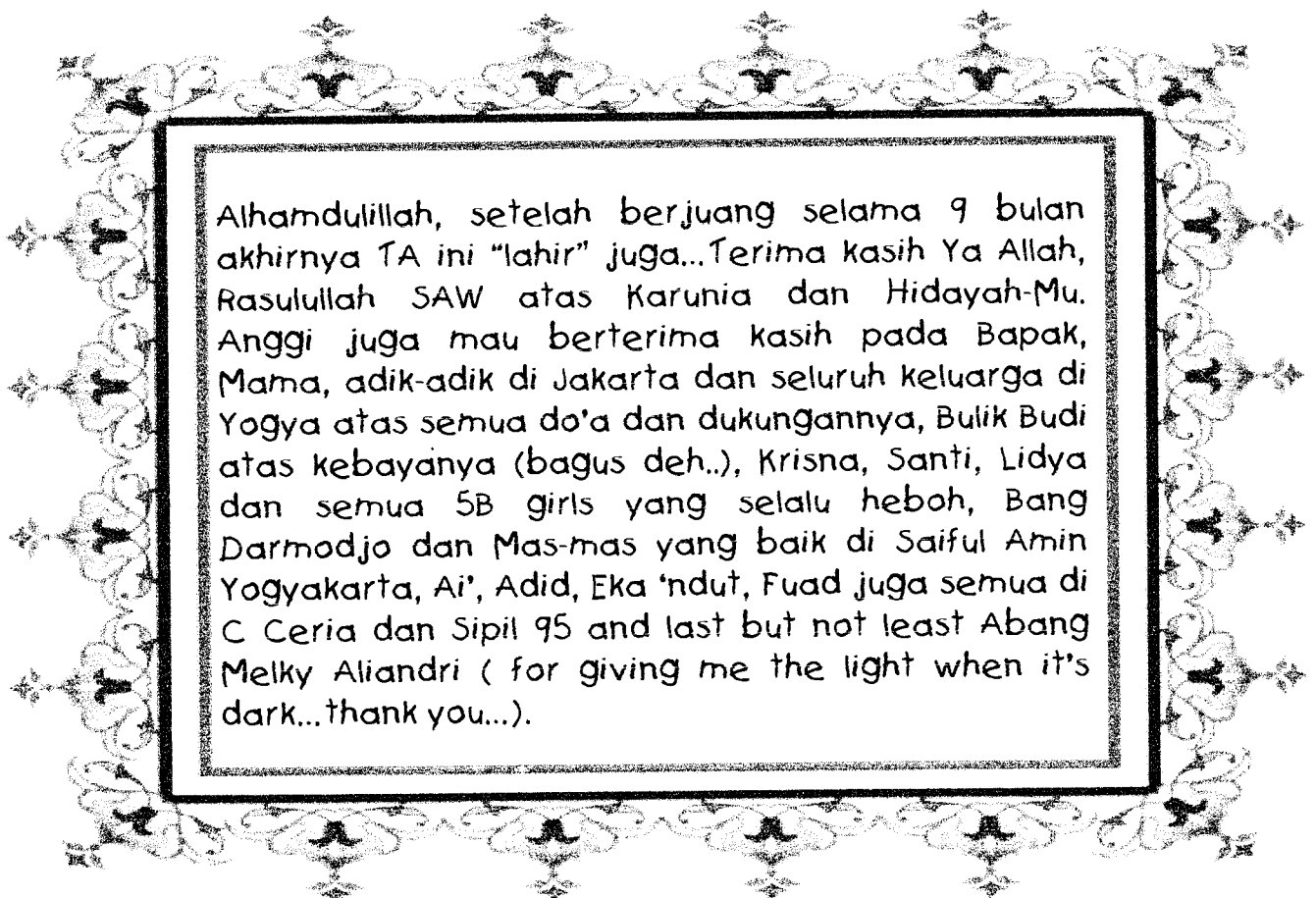
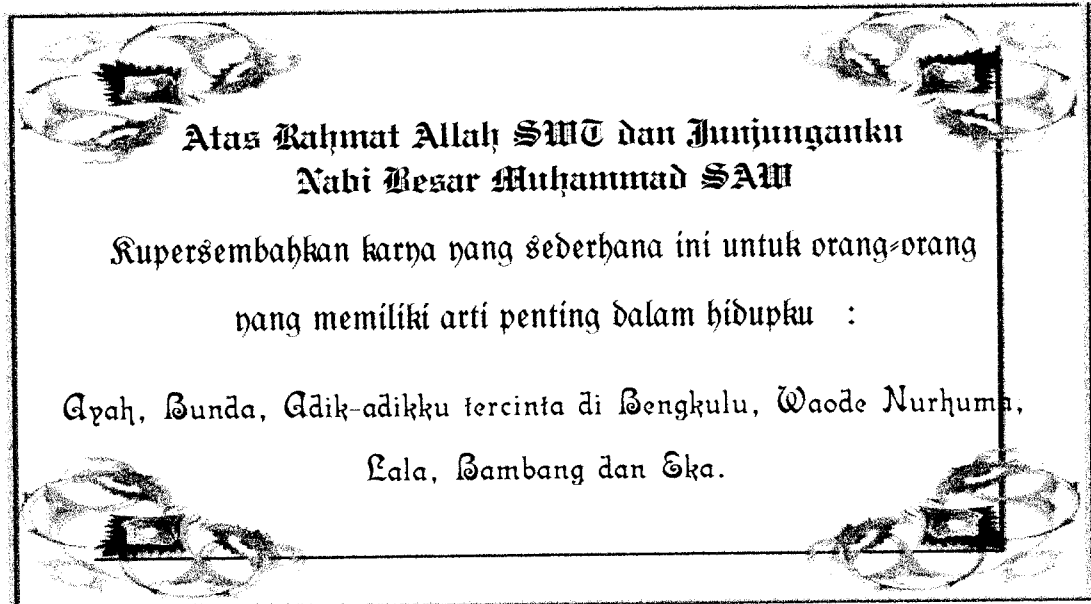
“ Maka sesungguhnya di samping kesulitan ada kemudahan.”

(QS Alam Nasyrah : 5)

“ Sebutlah Tuhanmu dalam hatimu, serta merendahkan diri dan takut dan bukan dengan suara yang keras, waktu pagi dan petang hari, dan janganlah kamu termasuk orang-orang yang lalai.”

(QS Al A'raf : 205)

PERSEMBAHAN



KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim,

Assalammu`alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan sesuai dengan rencana.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib dipenuhi oleh para mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) sesuai dengan kurikulum yang berlaku di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun banyak mendapatkan hambatan, rintangan dan tantangan. Namun berkat motivasi, informasi dan konsultasi dari berbagai pihak akhirnya semua dapat diatasi. Untuk itu tidak berlebihan kiranya, jika pada kesempatan ini disampaikan rasa hormat sebagai ungkapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.d, selaku Dosen Pembimbing I dan Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Bapak Ir. Helmi Akbar Bale MS, selaku Dosen Pembimbing II,
3. Bapak Ir. H. Tadjuddin BM Aris, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,

4. Para dosen dan karyawan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
5. Ayah, Bunda dan adik-adikku tercinta yang senantiasa mendukung melalui usaha serta doanya,
6. Sahabat-sahabatku di kost 5B Pamungkas yang sudah banyak memberikan semangat serta keceriaan sejak September 1995 sampai September 2000,
7. Teman-temanku Ari, Dina, Mozazi, Merry, Thacie, Doddy, Agus, Bagus, Kiki, Singgih, Topeng, teman-teman di “Green House” , teman-teman Angkatan ’94 khususnya kelas C serta komputerku yang telah banyak membantu.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan dan saran yang telah diberikan kepada penyusun dapat menjadi amal sholeh dan dibalas dengan pahala yang berlipat ganda oleh Allah SWT. Penyusun sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini khususnya dan perkembangan ilmu pengetahuan umumnya.

Akhirnya , besar harapan penyusun semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penyusun pribadi maupun para pembaca.

Wassalammu`alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
DAFTAR NOTASI	xxvi
ABSTRAKSI	xxx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Bahan Struktur	4
BAB II PERENCANAAN	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Pembahasan	8

2.3	Permasalahan Yang Akan Diteliti	8
BAB III	LANDASAN TEORI	9
3.1	Pendahuluan	9
3.1.1	Perencanaan Metode Daktail	10
3.1.2	Sistem Ganda (<i>Dual System</i>)	12
3.2	Analisa Beban Gempa	13
3.2.1	Gaya Geser Dasar (<i>V</i>)	13
3.2.2	Koefisien Gempa Dasar (<i>C</i>)	14
3.2.3	Faktor Keutamaan Gedung (<i>I</i>).....	15
3.2.4	Faktor Jenis Struktur (<i>K</i>)	15
3.2.5	Berat Total Bangunan (<i>W</i>)	15
3.2.6	Distribusi Gaya Geser Horisontal	16
3.2.7	Evaluasi Periode Getar Struktur	16
3.3	Perencanaan Dinding Geser	17
3.4	Desain Balok	28
3.4.1	Redistribusi Momen	28
3.4.2	Syarat Keseimbangan dan Batas Redistribusi Momen ...	29
3.4.3	Tujuan Redistribusi Momen	30
3.4.4	Perencanaan Balok	31
3.5	Desain Kolom Tahan Gempa	39
3.5.1	Kondisi Beban Sentris	39
3.5.2	Kondisi Seimbang (<i>Balance</i>)	40
3.5.3	Kondisi Patah Tarik	41

3.5.4	Kondisi Patah Tekan	42
3.5.5	Kondisi Momen Murni	42
3.5.6	Persyaratan Kuat Lentur Kolom Portal	43
3.5.7	Persyaratan Kuat Geser Kolom Portal	46
BAB IV	METODE PENELITIAN	49
4.1	Tempat Penelitian	49
4.2	Tahapan Analisa	49
4.3	Model Struktur	50
BAB V	PERHITUNGAN DAN ANALISA	56
5.1	Perhitungan Beban	56
5.2	Perhitungan Kebutuhan Dimensi Dinding Geser	57
5.2.1	Perhitungan Tebal Dinding Geser	57
5.2.2	Perhitungan Lebar Dinding Geser	58
5.3	Konversi Berat Tembok	59
5.4	Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekuivalen	59
5.4.1	Struktur 16 Portal Tanpa Dinding Geser	60
5.4.2	Struktur 15 Portal Tanpa Dinding Geser	64
5.4.3	Struktur 16 Portal Dengan 2 Dinding Geser	69
5.4.4	Struktur 15 Portal Dengan 3 Dinding Geser	74
5.4.5	Struktur 16 Portal Dengan 4 Dinding Geser	79
5.4.6	Struktur 15 Portal Dengan 5 Dinding Geser	84
5.5	Perhitungan Beban Pada Portal	89
5.5.1	Portal A dan P	90

5.5.2 Portal B Sampai N	90
5.5.3 Portal 1 dan 3	90
5.5.4 Portal 2	91
5.6 Gambar Pembebanan Pada Struktur	91
5.6.1 Portal A dan P	91
5.6.2 Portal B Sampai N	92
5.6.3 Portal 1 dan 3	92
5.6.4 Portal 2	93
5.7 Simpangan Horizontal Struktur	94
5.7.1 Simpangan Horizontal Struktur Akibat Beban Gempa Arah Y Awal	95
5.7.2 Cek Periode Getar Struktur Dengan Metode Rayleigh ..	97
5.7.3 Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekuivalen	101
5.7.4 Simpangan Horizontal Struktur	108
5.8 Gaya Geser Struktur	115
5.9 Momen Tumpuan Balok	121
5.9.1 Momen Tumpuan Balok Searah Sumbu Y	121
5.9.2 Momen Tumpuan Balok Searah Sumbu X	128
BAB VI DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG	140
6.1 Desain Balok	140
6.1.1 Redistribusi Momen	140
6.1.2 Desain Balok	142
6.2 Desain Penulangan Kolom Akibat Beban Lentur dan Aksial ...	158

6.2.1 Momen Rencana dan Momen Maksimum Kolom	158
6.2.2 Gaya Aksial Rencana dan Maksimum Kolom	165
6.2.3 Grafik Interaksi Kolom	169
6.2.4 Perhitungan Penulangan Kolom	180
6.2.5 Gaya Geser Rencana dan Masimum Kolom	182
6.2.6 Tulangan Geser Kolom	185
6.3 Desain Dinding Geser	188
6.3.1 Penulangan Lentur	191
6.3.2 Kapasitas Lentur Dinding Geser	192
6.3.3 Perencanaan Geser	194
BAB VII HASIL DAN PEMBAHASAN	199
7.1 Simpangan Horisontal Struktur	199
7.2 Gaya Geser Struktur	202
7.3 Desain Balok dan Kolom	205
7.4 Dinding Geser	208
7.5 Perbandingan Volume Penulangan	209
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	212
8.1 Kesimpulan	212
8.2 Saran	213
DAFTAR PUSTAKA	215
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Mekanisme keruntuhan yang dapat terjadi pada portal rangka terbuka	10
Gambar 3.2	Deformasi akibat gaya lateral pada frame, wall dan dual system	13
Gambar 3.3	Koefisien gempa dasar pada wilayah gempa III	14
Gambar 3.4	Potongan melintang struktur	18
Gambar 3.5	Perbandingan rasio daktilitas	19
Gambar 3.6	Hubungan daktilitas dengan ketebalan kritis dinding	20
Gambar 3.7	Bidang momen dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan	21
Gambar 3.8	Gaya-gaya yang bekerja pada dinding geser	22
Gambar 3.9	Diagram tegangan regangan akibat momen ke kiri	23
Gambar 3.10	Diagram tegangan regangan akibat momen ke kanan	25
Gambar 3.11	Bidang gaya geser perlu pada dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan	28
Gambar 3.12	Metode redistribusi momen	29
Gambar 3.13	Balok portal dengan sendi plastis pada kedua ujungnya	37
Gambar 3.14	Pertemuan balok dan kolom dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok	43
Gambar 3.15	Kurva pembesaran dinamik	45

Gambar 3.16 Kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut	47
Gambar 4.1 Rencana penempatan untuk 2 dinding geser pada struktur 16 portal	50
Gambar 4.2 Rencana penempatan untuk 3 dinding geser pada struktur 15 portal	50
Gambar 4.3 Rencana penempatan untuk 4 dinding geser pada struktur 16 portal	50
Gambar 4.4 Rencana penempatan untuk 5 dinding geser pada struktur 15 portal	51
Gambar 4.5 Denah tampak atas struktur 16 portal	51
Gambar 4.6 Denah tampak atas struktur 15 portal	51
Gambar 4.7 Denah tampak melintang portal dengan <i>shear wall</i>	52
Gambar 4.8 Denah tampak melintang portal tanpa <i>shear wall</i>	53
Gambar 4.9 Denah tampak memanjang portal as 1 dan as 3	54
Gambar 4.10 Denah tampak memanjang portal as 2	55
Gambar 5.1 Tembok dengan jendela	59
Gambar 5.2 Tembok penuh	59
Gambar 5.3 Beban mati portal A dan P	91
Gambar 5.4 Beban hidup portal A dan P	91
Gambar 5.5 Beban mati portal B sampai N	92
Gambar 5.6 Beban hidup portal B sampai N	92
Gambar 5.7 Beban mati portal 1 dan 3	92

Gambar 5.8	Beban hidup portal 1 dan 3	93
Gambar 5.9	Beban mati portal 2	93
Gambar 5.10	Beban hidup portal 2	94
Gambar 5.11	Grafik simpangan horisontal tingkat struktur 15 portal tanpa shear wall	112
Gambar 5.12	Grafik simpangan horisontal tingkat struktur 16 portal tanpa shear wall	112
Gambar 5.13	Grafik simpangan horisontal tingkat struktur 16 portal dengan 2 shear wall	113
Gambar 5.14	Grafik simpangan horisontal tingkat struktur 15 portal dengan 3 shear wall	113
Gambar 5.15	Grafik simpangan horisontal tingkat struktur 16 portal dengan 4 shear wall	114
Gambar 5.16	Grafik simpangan horisontal tingkat struktur 15 portal dengan 5 shear wall	114
Gambar 5.17	Grafik gaya geser struktur 15 portal tanpa dinding geser	118
Gambar 5.18	Grafik gaya geser struktur 16 portal tanpa dinding geser	118
Gambar 5.19	Grafik gaya geser struktur 16 portal 2 dinding geser	119
Gambar 5.20	Grafik gaya geser struktur 15 portal 3 dinding geser	119
Gambar 5.21	Grafik gaya geser struktur 16 portal 4 dinding geser	120
Gambar 5.22	Grafik gaya geser struktur 1 portal 5 dinding geser	120
Gambar 5.23	Mu- balok kiri str. 15 portal tanpa dinding geser	125
Gambar 5.24	Mu- balok kanan str. 15 portal tanpa dinding geser	125

Gambar 5.25 Mu- balok kiri str. 16 portal tanpa dinding geser	125
Gambar 5.26 Mu- balok kanan str. 16 portal tanpa dinding geser	125
Gambar 5.27 Mu- balok kiri str. 16 portal 2 dinding geser	126
Gambar 5.28 Mu- balok kanan str. 16 portal 2 dinding geser	126
Gambar 5.29 Mu- balok kiri str. 15 portal 3 dinding geser	126
Gambar 5.30 Mu- balok kanan str. 15 portal 3 dinding geser	126
Gambar 5.31 Mu- balok kiri str. 16 portal 4 dinding geser	127
Gambar 5.32 Mu- balok kanan str. 16 portal 4 dinding geser	127
Gambar 5.33 Mu- balok kiri str. 15 portal 5 dinding geser	127
Gambar 5.34 Mu- balok kanan str. 15 portal 5 dinding geser	127
Gambar 5.35 Grafik Mu- balok tumpuan as 1 struktur 15 portal tanpa dinding geser	134
Gambar 5.36 Grafik Mu- balok tumpuan as 1 struktur 16 portal tanpa dinding geser	134
Gambar 5.37 Grafik Mu- balok tumpuan as 1 struktur 16 portal 2 dinding geser	135
Gambar 5.38 Grafik Mu- balok tumpuan as 1 struktur 15 portal 3 dinding geser	135
Gambar 5.39 Grafik Mu- balok tumpuan as 1 struktur 16 portal 4 dinding geser	136
Gambar 5.40 Grafik Mu- balok tumpuan as 1 struktur 15 portal 5 dinding geser	136

Gambar 6.12	M. tump. (+) 16P-5DG	157
Gambar 6.13	M. lapangan 16P-5DG	157
Gambar 6.14	Grafik interaksi kolom 400/850	179
Gambar 6.15	Dimensi dinding geser	189
Gambar 6.16	Bidang momen yang digunakan dalam perencanaan dinding geser	190
Gambar 6.17	Gaya geser dinding geser yang digunakan dalam perencanaan	195
Gambar 7.1	Simpangan horisontal arah Y	200
Gambar 7.2	Inter-story drift tiap struktur	201
Gambar 7.3	Grafik gaya geser tiap tingkat struktur 15 portal 5 dinding geser	203
Gambar 7.4	Grafik gaya geser total tingkat 1	204
Gambar 7.5	Grafik rasio jumlah wall/portal dengan gaya geser kolom/wall	205
Gambar 7.6	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 2 DG	207
Gambar 7.7	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 3 DG	207
Gambar 7.8	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 4 DG	207
Gambar 7.9	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 5 DG	207
Gambar 7.10	Grafik momen dinding geser	209
Gambar 7.11	Tulangan longitudinal	210
Gambar 7.12	Tulangan geser	210
Gambar 7.13	Tulangan total	211

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Rasio tulangan	38
Tabel 5.1	Dimensi Kolom	57
Tabel 5.2	Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal tanpa dinding geser	64
Tabel 5.3	Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal tanpa dinding geser	69
Tabel 5.4	Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 2 dinding geser	74
Tabel 5.5	Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 3 dinding geser	79
Tabel 5.6	Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	84
Tabel 5.7	Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 5 dinding geser	89
Tabel 5.8	Struktur 15 portal tanpa dinding geser	95
Tabel 5.9	Struktur 16 portal tanpa dinding geser	95
Tabel 5.10	Struktur 16 portal dengan 2 dinding geser	96
Tabel 5.11	Struktur 15 portal dengan 3 dinding geser	96
Tabel 5.12	Struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	97
Tabel 5.13	Struktur 15 portal dengan 5 dinding geser	97

Tabel 5.14	Struktur 15 portal tanpa dinding geser	98
Tabel 5.15	Struktur 16 portal tanpa dinding geser	98
Tabel 5.16	Struktur 16 portal dengan 2 dinding geser	99
Tabel 5.17	Struktur 15 portal dengan 3 dinding geser	99
Tabel 5.18	Struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	100
Tabel 5.19	Struktur 15 portal dengan 5 dinding geser	100
Tabel 5.20	Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal tanpa dinding geser	102
Tabel 5.21	Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal tanpa dinding geser	103
Tabel 5.22	Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 2 dinding geser	104
Tabel 5.23	Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 3 dinding geser	105
Tabel 5.24	Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	106
Tabel 5.25	Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 5 dinding geser	107
Tabel 5.26	Struktur 15 portal tanpa dinding geser	108
Tabel 5.27	Struktur 16 portal tanpa dinding geser	108
Tabel 5.28	Struktur 16 portal dengan 2 dinding geser	109
Tabel 5.29	Struktur 15 portal dengan 3 dinding geser	109
Tabel 5.30	Struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	109

Tabel 5.31	Struktur 15 portal dengan 5 dinding geser	110
Tabel 5.32	Struktur 15 portal tanpa dinding geser	110
Tabel 5.33	Struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	111
Tabel 5.34	Kontrol periode getar struktur dengan metode Rayleigh	111
Tabel 5.35	Gaya geser tingkat 1 struktur 15 portal tanpa dinding geser	115
Tabel 5.36	Gaya geser tingkat 1 struktur 16 portal tanpa dinding geser	115
Tabel 5.37	Gaya geser tingkat 1 struktur 16 portal dengan 2 dinding geser ..	116
Tabel 5.38	Gaya geser tingkat 1 struktur 15 portal dengan 3 dinding geser ..	116
Tabel 5.39	Gaya geser tingkat 1 struktur 16 portal dengan 4 dinding geser ..	117
Tabel 5.40	Gaya geser tingkat 1 struktur 15 portal dengan 5 dinding geser ..	117
Tabel 5.41	Momen tumpuan balok struktur 15 portal tanpa dinding geser ..	121
Tabel 5.42	Momen tumpuan balok struktur 16 portal tanpa dinding geser ..	121
Tabel 5.43	Momen tumpuan balok struktur 16 portal 2 dinding geser	122
Tabel 5.44	Momen tumpuan balok struktur 15 portal 3 dinding geser	123
Tabel 5.45	Momen tumpuan balok struktur 16 portal 4 dinding geser	123
Tabel 5.46	Momen tumpuan balok struktur 15 portal 5 dinding geser	124
Tabel 5.47	Momen tumpuan as 1 struktur 15 portal tanpa dinding geser	128
Tabel 5.48	Momen tumpuan as 1 struktur 16 portal tanpa dinding geser	128
Tabel 5.49	Momen tumpuan as 1 struktur 16 portal dengan 2 dinding geser	129
Tabel 5.50	Momen tumpuan as 1 struktur 15 portal dengan 3 dinding geser	129
Tabel 5.51	Momen tumpuan as 1 struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	130
Tabel 5.52	Momen tumpuan as 1 struktur 15 portal dengan 5 dinding geser	130
Tabel 5.53	Momen tumpuan as 2 struktur 15 portal tanpa dinding geser	131

Tabel 5.54	Momen tumpuan as 2 struktur 16 portal tanpa dinding geser	131
Tabel 5.55	Momen tumpuan as 2 struktur 16 portal dengan 2 dinding geser	132
Tabel 5.56	Momen tumpuan as 2 struktur 15 portal dengan 3 dinding geser	132
Tabel 5.57	Momen tumpuan as 2 struktur 16 portal dengan 4 dinding geser	133
Tabel 5.58	Momen tumpuan as 2 struktur 15 portal dengan 5 dinding geser	133
Tabel 6.1	Redistribusi momen struktur 16 portal 2 dinding geser	148
Tabel 6.2	Tulangan longitudinal balok portal C struktur 16 portal 2 dinding geser	149
Tabel 6.3	Tulangan longitudinal balok portal C struktur 15 portal 3 dinding geser	149
Tabel 6.4	Tulangan longitudinal balok portal C struktur 16 portal 4 dinding geser	150
Tabel 6.5	Tulangan longitudinal balok portal C struktur 15 portal 5 dinding geser	151
Tabel 6.6	Tulangan geser balok portal C struktur 16 portal 2 dinding geser	151
Tabel 6.7	Tulangan geser balok portal C struktur 15 portal 3 dinding geser	152
Tabel 6.8	Tulangan geser balok portal C struktur 16 portal 4 dinding geser	152
Tabel 6.9	Tulangan geser balok portal C struktur 15 portal 5 dinding geser	153
Tabel 6.10	Momen rencana kolom struktur 16 portal 2 dinding geser	161
Tabel 6.11	Momen rencana kolom struktur 15 portal 3 dinding geser	161
Tabel 6.12	Momen rencana kolom struktur 16 portal 4 dinding geser	162
Tabel 6.13	Momen rencana kolom struktur 15 portal 5 dinding geser	162
Tabel 6.14	Momen maksimum kolom struktur 16 portal 2 dinding geser ...	163

Tabel 6.15	Momen maksimum kolom struktur 15 portal 3 dinding geser ...	163
Tabel 6.16	Momen maksimum kolom struktur 16 portal 4 dinding geser ...	164
Tabel 6.17	Momen maksimum kolom struktur 15 portal 5 dinding geser ...	164
Tabel 6.18	Gaya aksial rencana kolom struktur 16 portal 2 dinding geser ...	167
Tabel 6.19	Gaya aksial rencana kolom struktur 15 portal 3 dinding geser ...	167
Tabel 6.20	Gaya aksial rencana kolom struktur 16 portal 4 dinding geser ...	167
Tabel 6.21	Gaya aksial rencana kolom struktur 15 portal 5 dinding geser ...	168
Tabel 6.22	Gaya aksial maksimum kolom struktur 16 portal 2 dinding geser	168
Tabel 6.23	Gaya aksial maksimum kolom struktur 15 portal 3 dinding geser	168
Tabel 6.24	Gaya aksial maksimum kolom struktur 16 portal 4 dinding geser	169
Tabel 6.25	Gaya aksial maksimum kolom struktur 15 portal 5 dinding geser	169
Tabel 6.26	Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/850	178
Tabel 6.27	Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/750	178
Tabel 6.28	Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/650	178
Tabel 6.29	Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/600	178
Tabel 6.30	Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/500	179
Tabel 6.31	Tulangan kolom struktur 16 portal 2 dinding geser	180
Tabel 6.32	Tulangan kolom struktur 15 portal 3 dinding geser	181
Tabel 6.33	Tulangan kolom struktur 16 portal 4 dinding geser	181

Tabel 6.34 Tulangan kolom struktur 15 portal 5 dinding geser	181
Tabel 6.35 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 16 portal 2 dinding geser	183
Tabel 6.36 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 15 portal 3 dinding geser	184
Tabel 6.37 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 16 portal 4 dinding geser	184
Tabel 6.38 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 15 portal 5 dinding geser	184
Tabel 6.39 Tulangan geser struktur 16 portal 2 dinding geser	186
Tabel 6.40 Tulangan geser struktur 15 portal 3 dinding geser	187
Tabel 6.41 Tulangan geser struktur 16 portal 4 dinding geser	187
Tabel 6.42 Tulangan geser struktur 15 portal 5 dinding geser	188
Tabel 6.43 Momen hasil interpolasi yang digunakan dalam perancangan ...	190
Tabel 6.44 Penulangan pada dinding geser struktur 16 portal 2 dinding geser	197
Tabel 6.45 Penulangan pada dinding geser struktur 15 portal 3 dinding geser	197
Tabel 6.46 Penulangan pada dinding geser struktur 16 portal 4 dinding geser	197
Tabel 6.47 Penulangan pada dinding geser struktur 15 portal 5 dinding geser	198

Tabel 7.1	Simpangan horisontal struktur arah Y	200
Tabel 7.2	Inter-story drift	
Tabel 7.3	Gaya geser tiap tingkat struktur 15 portal 5 dinding geser	201
Tabel 7.4	Gaya geser total tingkat 1	202
Tabel 7.5	Rasio jumlah wall/portal dengan gaya geser kolom/wall	203
Tabel 7.6	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 2 DG	205
Tabel 7.7	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 3 DG	205
Tabel 7.8	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 4 DG	205
Tabel 7.9	Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{nak,k}$ str. 5 DG	205
Tabel 7.10	Momen dinding geser	207
Tabel 7.11	Tabel penulangan longitudinal tiap struktur	209
Tabel 7.12	Tabel penulangan geser tiap struktur	209
Tabel 7.13	Tabel penulangan total tiap struktur	209

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kartu Peserta Tugas Akhir
2. Grafik Interaksi Untuk Kolom dengan Penulangan Empat Sisi
3. Grafik Interaksi Kolom 40/75
4. Grafik Interaksi Kolom 40/65
5. Grafik Interaksi Kolom 40/60
6. Grafik Interaksi Kolom 40/50
7. Gambar Penulangan Balok
8. Input SAP90

DAFTAR NOTASI

- a = tinggi blok tekan persegi ekuivalen atau panjang bentang geser yaitu jarak antara beban terpusat dan muka tumpuan
- A_g = luas total penampang, mm^2
- A_s = luas tulangan, mm^2
- A_s' = luas tulangan tekan, mm^2
- A_{st} = luas tulangan total, mm^2
- A_v = luas tulangan geser, mm^2
- A_{wb} = luas *boundary element*, mm^2
- B = lebar bangunan, m
- b = lebar *boundary element*, mm
- b_l = panjang *boundary element*, mm
- bc = ketebalan dinding geser kritis, mm
- b_w = tebal dinding geser, mm
- C = gaya tekan, kN
- C = koefisien gempa dasar
- c = jarak dari serat terluar kegaris netral, mm
- C_c = gaya tekan yang ditahan oleh beton tekan, kN
- C_s = gaya tekan yang ditahan oleh tulangan baja tekan, kN
- C_{tot} = gaya tekan total yang ditahan beton bertulang, kN
- d = jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
- d' = jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
- d_b = diameter nominal batang tulangan, mm
- d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan, mm
- d_i = simpangan horisontal pada tingkat I, cm
- d_s = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik mm
- E_c = modulus elastisitas beton, Mpa
- f_c' = kuat tekan beton, Mpa

- E_s = modulus elastisitas baja, Mpa
 F_i = gaya geser horisontal pada tingkat i , kg
 f_y = tegangan leleh baja, Mpa
 g = percepatan gravitasi bumi, kg/m^2
 H = tinggi total struktur, m
 h_1 = tinggi lantai pertama, m
 h_i = tinggi tingkat pada tingkat i , m
 h_k = tinggi kolom portal dari as ke as, m
 h_k' = tinggi bersih kolom, m
 H_n = tinggi struktur permukaan yang dikekang, m
 h_s = tinggi bangunan total, m
 h_w = tinggi total dinding geser, m
 I = faktor keutamaan gedung
 K = faktor jenis gedung
 l_k = bentang balok portal dari as ke as, m
 l_k' = bentang bersih balok, m
 l_w = panjang dinding geser, mm
 M_{bi} = momen balok ke- i sebelum didistribusi, kNm
 M'_{bi} = momen balok ke- i setelah didistribusi, kNm
 M_{kap} = momen kapasitas berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom, kNm
 M'_{kap} = momen kapasitas berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom yang lain, kNm
 $M_{0,w}$ = momen kapasitas dinding geser, kNm
 $M_{D,d}$ = momen lentur dinding geser akibat beban mati, kNm
 M_E = momen lentur akibat beban gempa, kNm
 $M_{E,d}$ = momen lentur dinding geser akibat beban gempa, kNm
 M_i = momen nominal dinding geser, kNm
 $M_{L,d}$ = momen lentur dinding geser akibat beban hidup dengan, kNm
 M_{nak} = momen nominal aktual berdasarkan tulangan terpasang, kNm
 M_u = momen rencana, kNm

$M_{u,d}$	= momen lentur perlu dinding geser, kNm
n	= jumlah tulangan
N_E	= gaya aksial akibat beban gempa terfaktor pada pusat join, kN
N_g	= gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat join, kN
N_u	= gaya aksial rencana, kN
P_i	= gaya aksial nominal dinding geser, kN
P_n	= kuat beban aksial nominal dengan eksentrisitas tertentu, kN
P_o	= kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol, kN
P_u	= beban aksial rencana, kN
R_v	= faktor reduksi gaya aksial kolom
s	= jarak tulangan geser, mm
sv	= jarak tulangan geser perlu, mm
T	= gaya tarik, kN
T	= waktu getar alami struktur, detik
T_s	= gaya tarik yang ditahan oleh tulangan baja tarik, kN
V	= gaya geser dasar, kN
V_c	= kuat geser nominal yang disumbangkan beton, kN
V_D	= gaya geser akibat beban mati, kN
V_E	= gaya geser akibat beban gempa, kN
V_g	= gaya geser balok karena gaya gravitasi, kN
V_L	= gaya geser akibat beban hidup, kN
V_s	= kuat geser nominal yang disumbangkan baja, kN
V_u	= gaya geser rencana, kN
W_i	= berat total struktur pada tingkat i , kg
W_t	= berat total struktur, kg
x	= besaran pembatas distribusi tegangan lentur
z	= pusat berat dinding geser, mm
α_k	= faktor distribusi momen dari kolom yang ditinjau
μ	= daktilitas
$\mu\phi$	= perbandingan rasio daktilitas
ρ	= rasio tulangan

ABSTRAKSI

Indonesia terletak pada jalur gempa dunia dan berada pada pertemuan empat lempeng tektonik aktif yakni lempeng Eurasia, Indo Australia, Filipina dan Pasifik. Oleh karena itu gaya gempa sangat berpengaruh dalam perencanaan struktur gedung bertingkat banyak di Indonesia.

Elemen struktur yang umum dipakai dalam struktur gedung bertingkat banyak tahan gempa dengan konstruksi beton bertulang adalah dinding geser. Kombinasi pemakaian dinding geser dan portal, biasa disebut struktur frame-wall, akan meningkatkan kekakuan struktur dan memperkecil momen, gaya geser serta gaya aksial yang terjadi pada balok dan kolom akibat beban lateral. Penggunaan dinding geser dengan jumlah yang berbeda pada suatu struktur akan menghasilkan perilaku yang berbeda pada struktur tersebut. Pada tugas akhir ini dicari rasio antara jumlah dinding geser dengan jumlah portal yang paling efektif dengan parameter simpangan horisontal struktur, momen balok, momen kolom, gaya geser balok, gaya geser kolom, dan volume penulangan pada balok, kolom dan dinding geser.

Struktur-struktur yang diteliti adalah struktur 16 portal dengan 2 dinding geser, 15 portal 3 dinding geser, 16 portal 4 dinding geser dan 15 portal 5 dinding geser. Sehingga rasio antara jumlah dinding geser dengan jumlah portalnya berturut-turut adalah 1/8, 1/5, 1/4 dan 1/3. Program bantu analisis struktur yang digunakan adalah SAP90. Dari keempat struktur yang dianalisis dapat disimpulkan bahwa rasio antara jumlah dinding geser dengan jumlah portal yang paling efektif adalah 1/5 yaitu jumlah dinding geser 20% dari jumlah portal keseluruhan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Seiring dengan perkembangan kebutuhan manusia dan teknologi konstruksi, pembangunan gedung bertingkat tinggi menjadi hal yang wajib dilakukan. Di kota-kota besar, semua kegiatan bisnis terkumpul di pusat kota sehingga semua orang menghendaki kantor maupun pemukiman disekitarnya. Akibat dari kebutuhan tersebut tanah semakin langka dan mahal, dan sebagai solusinya dibangunlah gedung-gedung bertingkat banyak.

Gedung bertingkat tinggi disebabkan karena ketinggianya, sangat terpengaruh oleh gaya-gaya lateral akibat angin dan gempa bumi. Indonesia terletak pada jalur gempa dunia dan berada diantara empat sistem tektonik yang aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo Australia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik. Oleh karena itu gaya gempa sangat berpengaruh dalam perencanaan struktur gedung bertingkat banyak di Indonesia.

Salah satu elemen struktur yang umum dipakai dalam struktur gedung bertingkat banyak dengan konstruksi beton bertulang adalah dinding geser (*shear wall*). Dinding geser lebih kaku daripada struktur portal biasa sehingga dapat lebih menahan gaya-gaya lateral akibat gempa bumi, mengurangi defleksi lateral

tiap tingkat (*interstory drift*) dan mengurangi kemungkinan rusaknya elemen non-struktur (Nawy, 1996).

Kombinasi pemakaian dinding geser dan portal pada suatu struktur, biasa disebut struktur *frame-wall*, meningkatkan kekakuan lateral pada struktur, mengurangi momen pada dinding dan mengurangi gaya geser pada portal. Struktur *frame-wall* ekonomis untuk gedung bertingkat sampai 50 atau lebih. (Smith and Coull, 1991).

1.2. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mempelajari perilaku struktur *frame-wall* dengan variasi jumlah *shear wall* pada dua struktur yang relatif sama akibat beban gempa, sehingga didapat rasio antara jumlah *shear wall* dan jumlah *frame* yang efektif pada struktur, dengan parameter defleksi horizontal struktur, momen balok, momen kolom, gaya geser balok dan gaya geser kolom.

1.3. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian pada tugas akhir ini adalah :

1. Dapat diperoleh Rasio antara jumlah *shear wall* dan jumlah *frame* yang efektif pada suatu struktur bangunan tahan gempa.
2. Selain itu, tugas akhir ini juga diharapkan dapat dijadikan acuan untuk perencanaan struktur *frame-wall* daktail yang merupakan penggabungan antara struktur *frame* daktail dan struktur dinding daktail atau yang biasa disebut *hybrid structure* atau *dual system*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

1. dinding geser tunggal pada satu portal dan menerus dari dasar sampai puncak bangunan,
2. dinding geser simetris, sehingga pusat kekakuan berhimpit dengan pusat massa dan faktor puntir dapat diabaikan,
3. analisis struktur memakai program SAP90 frame 3D dan pembebanan statis,
4. bangunan berada pada wilayah gempa III,
5. asumsi awal dinding geser, balok dan kolom ditentukan terlebih dahulu,
6. beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup dan beban lateral gempa,
7. beban angin tidak diperhitungkan,
8. tata guna ruangan sebagai apartemen dengan beban hidup 250kg/m^2 ,
9. gaya gempa dihitung berdasarkan PPTGIUG 1983,
10. pembebanan gedung dihitung berdasarkan PPIUG 1983,
11. gaya gempa diperhitungkan pada dua arah, yakni gempa arah x dan gempa arah y,
12. tingkat daktilitas yang digunakan adalah daktilitas tingkat 3 (daktilitas penuh),
13. pondasi diasumsikan sebagai jepit penuh yang terletak pada tanah lunak.
14. dalam input data SAP90, dinding geser dianggap sebagai kolom yang diperlebar.

1.5. Bahan Struktur

Bahan struktur yang digunakan yaitu dinding geser dan portal beton dengan spesifikasi data :

1. $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
2. $f_y = 400 \text{ Mpa}$
3. $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$
4. $E_s = 200000 \text{ Mpa}$
5. Tebal pelat lantai 12 cm
6. Tebal pelat atap 10 cm
7. Tinggi tiap tingkat 3,75 m
8. Digunakan gedung 10 lantai

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Dalam usaha untuk meningkatkan daya tahan bangunan gedung bertingkat banyak terhadap gempa, ada tiga sistem struktur utama yang paling umum digunakan, yakni :

a. Sistem struktur *frame*

Struktur bertingkat banyak dengan menggunakan beton bertulang sering menggunakan *frame*. Pada struktur beton bertulang dan sejenis, kekuatan struktur tidak begitu besar sehingga daya tahannya terbatas, namun kekuatan dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem portal terbuka konstruksi baja struktural murni yang kuat. Balok, plat lantai dan kolom bertemu pada titik nodal yang sering disebut *rigid joints*. Struktur *frame* mampu menahan beban gravitasi dan memberikan kekuatan yang cukup memadai terhadap beban horisontal yang bekerja.

b. Sistem struktur dinding

Ketika syarat-syarat fungsional ditentukan, kekuatan dalam menahan gaya lateral mungkin didukung sepenuhnya oleh struktur dinding, baik yang terbuat dari beton bertulang atau batu. Efek beban gravitasi pada dinding dianggap kecil dan tidak dikontrol pada perancangan karena biasanya juga ada elemen lain pada

bangunan yang dirancang hanya untuk menopang beban gravitasi. Struktur dinding ini berkontribusi untuk menahan gaya lateral dan jika ada gaya yang lain, biasanya sering diabaikan.

c. Dual system

Pada sistem ini, struktur frame beton bertulang berinteraksi dengan struktur dinding beton bertulang untuk bersama-sama menahan gaya lateral dan setiap struktur menanggung beban gravitasi masing-masing.

Dinding geser adalah komponen struktur yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya lateral (SK-SNI,1991).

Dinding geser lebih kaku daripada struktur portal biasa sehingga dapat lebih menahan gaya-gaya lateral akibat gempa bumi, mengurangi defleksi lateral tiap tingkat (*interstory drift*) dan mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan elemen non-struktur (Nawy,1996).

Pemberian dinding geser pada struktur bangunan akan memperkecil momen, gaya geser dan gaya aksial yang terjadi pada balok dan kolom akibat beban lateral, sehingga dimensi balok dan kolom dapat diperkecil (Schueler,1989).

Penggabungan struktur dinding geser yang berinteraksi dengan struktur frame atau biasa disebut *hybrid structure* atau *dual system* akan memberikan hasil yang baik dalam menahan gaya-gaya gempa. Struktur yang memakai dinding geser atau *frame-wall* ekonomis untuk gedung bertingkat sampai 50 atau lebih (Smith and Coull,1991).

Beberapa penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian Agus T. Haryono dan Husnaidi (1995)

Kedua peneliti ini mengambil topik *Studi Komparatif Pemakaian Struktur Dinding Geser Pada Gedung Hotel Melia Purosani Yogyakarta*. Pada penelitian ini dibandingkan gaya-gaya dalam (momen dan geser) yang terjadi pada gedung hotel tersebut dengan gaya-gaya yang terjadi apabila pada gedung tersebut dipasang dinding geser sepasang (*coupled shear wall*). Kesimpulan yang dihasilkan adalah kekakuan akan bertambah dengan adanya dinding geser. Program analisis yang digunakan adalah *microfeap* dengan frame 2D.

2. Penelitian Bambang Sugeng K (1999)

Peneliti mengambil bahasan dengan judul *Pengaruh Ketinggian Dinding Geser pada Gedung Tinggi Akibat Beban Dinamik Gempa*. Pada penelitian ini, dilakukan analisis tentang perilaku struktur dengan ketinggian dinding geser yang berbeda pada struktur yang sama akibat beban dinamik gempa, untuk mendapatkan tinggi efektif dinding geser, dengan parameter defleksi struktur, momen dan gaya geser. Dari penelitian ini, diketahui bahwa tinggi efektif dinding geser adalah 80% dari tinggi bangunan. Program analisis struktur yang digunakan adalah SAP90 dengan Frame 3D.

3. Penelitian Imam Prinardi dan Toto Aji Nugroho (2000)

Penelitian yang dilakukan mengambil topik *Desain Struktur Frame-Wall Daktail 3D*. Pada penelitian ini dicari hubungan antara letak dinding geser dengan kemampuannya menahan gaya lateral gempa. Model struktur yang digunakan adalah frame dengan 15 bentang dan menggunakan 2 dinding geser.

Dari penelitian ini didapatkan posisi optimal dari penggunaan 2 dinding geser dalam menahan gaya gempa. Program analisis struktur yang digunakan adalah SAP90 dengan frame 3D.

2.2 Pembahasan

Dari hasil-hasil penelitian di atas dapat disimpulkan keterbatasan-keterbatasan yang masih ada, yaitu :

1. Pada penelitian sebelumnya hanya terbatas pada penggunaan 2 dinding geser saja, tanpa variasi jumlah dinding geser yang lainnya,
2. Belum diteliti seberapa besar pengaruh perbandingan antara jumlah dinding geser dengan jumlah portal terhadap gaya-gaya dalam yang terjadi,
3. Pada penelitian sebelumnya, gaya gempa diasumsikan hanya pada satu arah saja.

2.3 Permasalahan yang akan diteliti

Dari hasil pembahasan tinjauan pustaka sebelumnya maka permasalahan baru yang akan diteliti adalah :

1. Hubungan antara rasio jumlah dinding geser dan jumlah portal dengan simpangan, gaya geser dan momen yang terjadi,
2. Rasio yang paling efektif antara jumlah dinding geser dan jumlah portal untuk struktur bangunan yang ditinjau,
3. Perilaku momen dinding geser pada struktur dengan variasi jumlah dinding geser.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Berbagai peraturan perencanaan terhadap beban gempa, termasuk pedoman perencanaan yang berlaku di Indonesia, menetapkan suatu taraf beban gempa rencana yang menjamin suatu struktur agar tidak rusak karena gempa-gempa kecil atau sedang, tetapi saat dilanda gempa kuat yang jarang terjadi struktur tersebut mampu berperilaku duktail dengan membentuk sendi-sendi plastis.

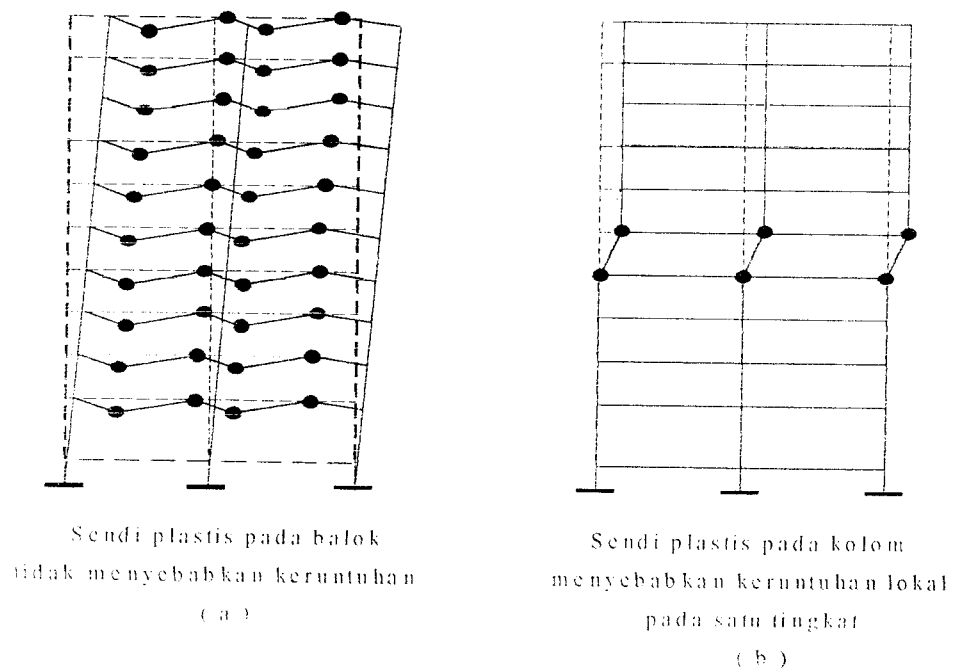
Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis yang mampu memancarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur, harus dikendalikan agar struktur berperilaku memuaskan dan tidak sampai runtuh saat terjadi gempa kuat. Pengendalian terbentuknya sendi-sendi plastis pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan lebih dahulu dapat dilakukan secara pasti terlepas dari kekuatan dan karakteristik gempa. Filosofi perencanaan ini dikenal sebagai *Konsep Desain Kapasitas* (Vis dan Gideon, 1994).

Indonesia, khususnya untuk daerah wilayah gempa III, memiliki resiko terhadap kerusakan struktur akibat pola kerusakan keruntuhan yang terjadi. Untuk mengantisipasi kerusakan fatal di dalam perencanaan struktur bangunan, dapat

direncanakan desain kapasitas yang memiliki daktilitas penuh. Pendekatan metode perencanaan elemen juga perlu diperhatikan mengingat perlu adanya kesesuaian antara konsep daktilitas dengan metode perencanaannya. Metode perencanaan yang dapat dipergunakan dalam desain bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut,

3.1.1 Perencanaan metode daktil

Menurut Paulay dan Priestley (1992), perencanaan daktil pada prinsipnya adalah mengarahkan pola keruntuhan struktur yang tidak membahayakan. Pada perencanaan struktur daktil biasanya dipakai konsep *strong coloumn weak beam* dimana akan terjadi pemencaran energi pada banyak unsur seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mekanisme keruntuhan yang dapat terjadi pada portal rangka terbuka

Menurut PPTGIUG 1983 daktilitas adalah kemampuan suatu struktur gedung atau unsur struktur itu untuk mengalami simpangan-simpangan plastis secara berulang dan bolak-balik diatas titik leleh pertama sambil mempertahankan sebagian besar dari kemampuan awalnya dalam memikul beban. Struktur yang mempunyai daktilitas dikatakan berperilaku daktail. Menurut Vis dan Gideon (1994), mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok-balok sehingga terjadi *beam sway mechanism* lebih dikehendaki daripada pembentukan sendi plastis yang terpusat pada ujung-ujung kolom yang dapat mengakibatkan terjadinya *column sway mechanism* pada suatu struktur bangunan tahan gempa karena beberapa alasan sebagai berikut ini,

1. pada mekanisme pertama (Gambar 3.1a) pemencaran energi gempa terjadi di dalam banyak unsur, sedangkan pada mekanisme kedua (Gambar 3.1b) pemencaran energi terpusat pada sejumlah kecil kolom-kolom struktur,
2. pada mekanisme pertama, bahaya ketidakstabilan akibat efek $P-\Delta$ jauh lebih kecil dibandingkan dengan yang mungkin terjadi pada mekanisme kedua (*column sway mechanism*),
3. daktilitas kurvatur yang dituntut pada balok untuk menghasilkan daktilitas struktur tertentu, misalnya $\mu = 4$, pada umumnya jauh lebih mudah dipenuhi daripada kolom yang seringkali tidak memiliki cukup daktilitas akibat besarnya gaya aksial tekan yang bekerja.

Untuk menjamin terjadinya mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis di balok, digunakan aplikasi metode daktail agar kolom-kolom lebih kuat dari balok-balok pada satu portal. Keruntuhan geser pada

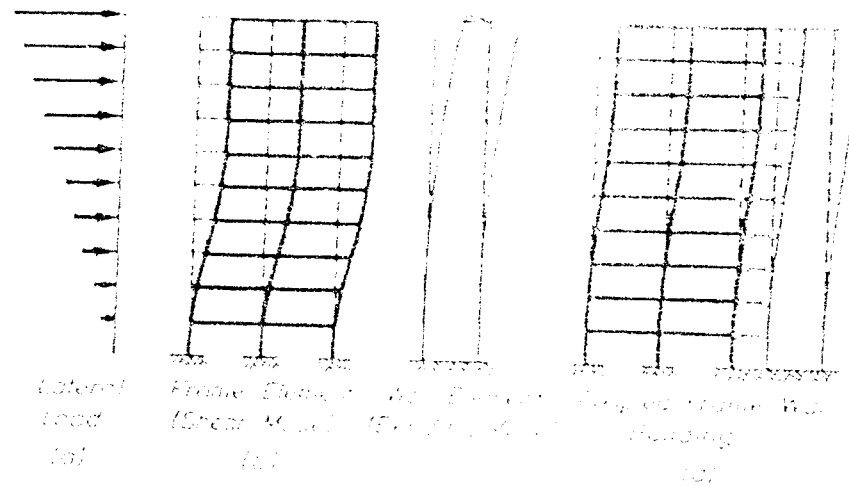
balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dahulu dari kegagalan akibat lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi plastis yang cukup besar (Paulay dan Priestley, 1992). Pada kenyataannya, sendi plastis tersebut mampu melepaskan energi secara baik, sehingga energi potensial / energi kinetik yang tersimpan selama gempa berlangsung menjadi kecil (Widodo, 1998).

3.1.2 Sistem Ganda (*Dual System*)

Dual system adalah pengkombinasian antara struktur *frame* dengan struktur *wall* yang berfungsi menahan gaya lateral akibat gaya gempa yang terjadi. Keuntungan dari penggunaan *dual system* yaitu *frame* daktail berinteraksi dengan *wall* dapat menyediakan sejumlah pemancaran energi selama terjadinya gempa. Pada saat gaya lateral bekerja, struktur *frame* terutama akan mengalami deformasi akibat geser, sedangkan struktur dinding akan berperilaku sebagai vertikal kantilever yang akan mengalami deformasi lentur. Deformasi yang dihasilkan dari penggabungan sistem *frame-wall* yang ditahan pada tiap tingkat identik dengan displacement lateral pada struktur tersebut. Bentuk *displacement* pada struktur *frame-wall* adalah pada tingkat bawah lebih kuat menahan gaya geser tetapi cenderung berubah pada tingkat-tingkat yang lebih tinggi.

Bentuk pembagian tahanan gaya lateral antara struktur dinding dan frame pada *dual system* sangat dipengaruhi oleh respon dinamik dan peningkatan sendi-sendi plastis selama terjadinya gempa besar dan sangat berbeda dari prediksi analisis elastik. Pada umumnya, gaya-gaya yang bekerja pada *frame* dan *wall* dianalisis secara terpisah, tetapi dalam *dual system* analisis dari gaya-gaya

tersebut tidak dipisah. Interaksi antara kedua elemen tersebut harus diperhitungkan.



Gambar 3.2 Deformasi akibat gaya lateral pada frame, wall dan dual system, sumber:

Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings

3.2 Analisa Beban Gempa

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus menganalisis beban akibat gempa. Pada penelitian numeris ini, metode analisis beban gempa menggunakan analisis beban gempa statik ekuivalen yang sesuai dengan PPTGUG (1987) sebagai berikut,

3.2.1 Gaya Geser Dasar (V)

Gaya geser dasar merupakan gaya geser horisontal total yang besarnya dipengaruhi oleh persamaan berikut ini,

$$V = C_1 I_1 K_1 W \quad (3.1)$$

dengan : C = koefisien gempa dasar

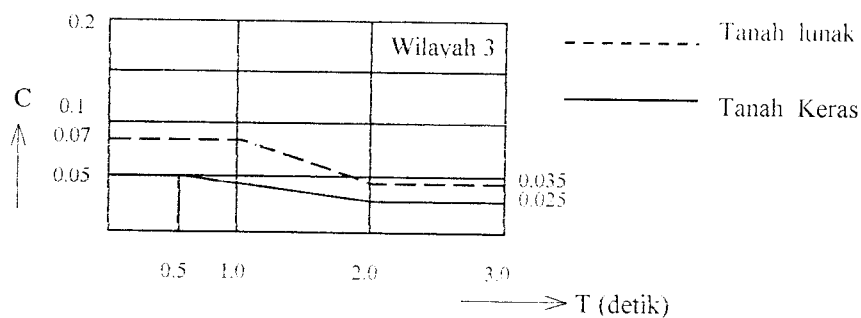
I = faktor keutamaan gedung

K = faktor jenis gedung

W = berat total struktur

3.2.2 Koefisien Gempa Dasar (C)

Koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu memikul beban gempa yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada struktur. Koefisien C tergantung pada frekwensi terjadinya gerakan tanah pada tiap wilayah gempa, waktu getar alami struktur dan kondisi tanah setempat. Di dalam penelitian numeris ini, diasumsikan letak bangunan berada pada wilayah gempa III sehingga koefisien gempa dasar (C) diperoleh dari Gambar 3.2 sebagai berikut ini,



Gambar 3.3 Koefisien gempa dasar pada wilayah gempa III

Koefisien gempa dasar ditentukan sesuai dengan wilayah gempa dimana bangunan berada, dengan memakai waktu getar alami struktur. Untuk struktur *frame-wall*, rumus untuk mencari waktu getar alami adalah sebagai berikut ini,

$$T = \frac{0,09Hn}{\sqrt{B}} \quad (3.2)$$

T = waktu getar alami struktur

H_n = tinggi struktur permukaan yang dikekang

B = lebar bangunan

3.2.3 Faktor Keutamaan Gedung (I)

Pada perencanaan struktur di daerah rawan gempa, perlu diperhatikan tingkat kepentingan struktur terhadap bahaya gempa yang berbeda-beda tergantung pada fungsi bangunannya. Semakin penting fungsi suatu bangunan semakin besar perlindungan yang harus diberikan. Faktor keutamaan ini dipergunakan untuk memperbesar beban gempa rencana agar struktur dapat memikul beban gempa dengan periode ulang yang panjang atau struktur mempunyai tingkat kerusakan yang lebih kecil.

3.2.4 Faktor Jenis Struktur (K)

Faktor jenis struktur K dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin bahwa daktailitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktailitas yang tersedia pada saat terjadi gempa kuat. Semakin tinggi nilai K , maka semakin rendah kemampuan daktailitasnya.

3.2.5 Berat Total Bangunan (W_t)

Merupakan berat total dari struktur bangunan yang direncanakan ditambah dengan beban hidup.

3.2.6 Distribusi gaya geser horisontal (F_i)

Distribusi gaya geser horisontal (F_i) tergantung pada perbandingan tinggi total struktur (H) terhadap lebar struktur (B) arah yang ditinjau. Adapun distribusinya adalah sebagai berikut ini,

1. Untuk struktur bangunan gedung yang memiliki nilai $H/B < 3$, maka gaya geser horisontal (F_i) akibat gempa untuk masing-masing lantai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut,

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V \quad (3.3)$$

2. Untuk struktur bangunan gedung yang memiliki nilai $H/B \geq 3$, maka 90 % beban didistribusikan berupa gaya geser horisontal (F_i) akibat gempa untuk masing-masing lantai dihitung dan 10 % beban lainnya ditambahkan pada tingkat paling atas atau atap yang ditunjukkan oleh persamaan berikut ini,

$$F_{atop} = 0,1 \cdot V + \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot 0,9V \quad (3.4)$$

3.2.7 Evaluasi periode getar struktur

Menurut Widodo (1998), di dalam analisis beban gempa perlu dilakukan evaluasi terhadap periode getar struktur yang ditinjau. Di dalam penelitian numeris ini, evaluasi periode getar struktur yang terjadi di analisis dengan menggunakan metode *Rayleigh*, yang besarnya menurut persamaan berikut ini,

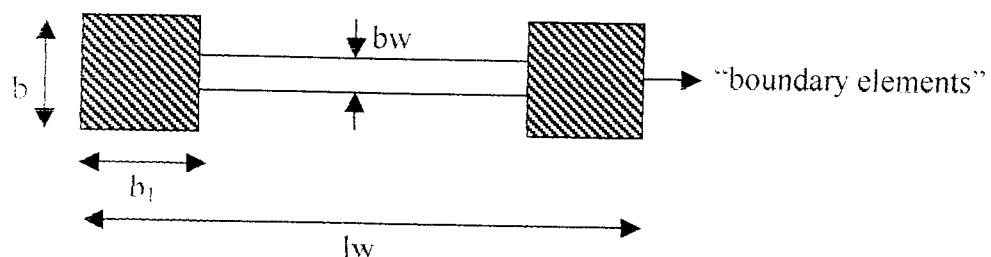
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}} \quad (3.5)$$

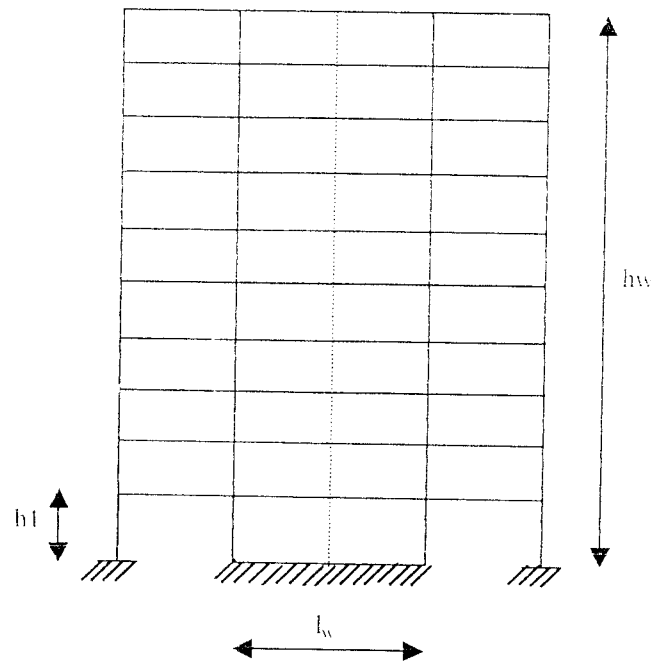
dengan g adalah gravitasi bumi yaitu $9,81 \text{ m/det}^2$, i/i adalah gaya horizontal pada tingkat ke- i akibat gaya gempa, d_i adalah simpangan horizontal struktur pada tingkat ke- i . Nilai periode getar (T) dengan menggunakan metode Rayleigh ini harus mendekati 80 % - 120 % dari asumsi periode getar awal.

3.3 Perencanaan Dinding Geser

Peristiwa tekuk pada dinding geser dapat dihindari dengan memakai elemen pembatas (*boundary element*) yang berfungsi untuk mengakukan dinding geser. Elemen pembatas diperlukan bila pada batas dan sekeliling tepi bukaan dinding dimana tegangan akibat gaya terfaktor termasuk pengaruh gempa pada serat terluar mencapai nilai maksimumnya dan melampaui nilai $0,2 f_c'$ (SK SNI, 1991). Komponen struktur pembatas dalam dinding struktural harus diproporsikan untuk memikul seluruh beban gravitasi terfaktor yang bekerja pada dinding termasuk berat sendiri, dan juga gaya vertikal yang diperlukan untuk menahan momen guling yang dihitung dari gaya berfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa.

1. Perencanaan dimensi dinding geser





Gambar 3.4 Potongan melintang Struktur

Untuk menghindari terjadinya tekuk pada dinding geser, maka tebal dinding geser

diambil :

$$hw \geq \frac{hs}{20}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

(3.6)

2. Perencanaan panjang total dinding geser (lw)

$$hs \cdot lw \leq 9$$

(3.7)

3. Perencanaan dimensi *boundary elements*

$$b \geq hw \quad b_l \geq \frac{bc \cdot lw}{10 \cdot b}$$

(3.8)

$$b \geq bc \quad b_l \geq \frac{bc^2}{b}$$

(3.9)

$$b \geq h_l \cdot 16 \quad b_l \geq h_l \cdot 16$$

(3.10)

dengan nilai h_c sebesar :

$$h_c = 0,017 \cdot h_w \sqrt{\mu\phi} \text{ jika digunakan 2 lapis tulangan} \quad (3.11)$$

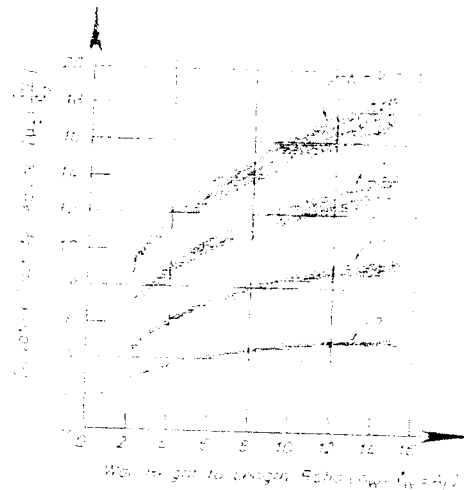
$$h_c = 0,022 \cdot h_w \sqrt{\mu\phi} \text{ jika digunakan 1 lapis tulangan} \quad (3.12)$$

dimana, h_s : tinggi bangunan total,

h_1 : tinggi lantai pertama,

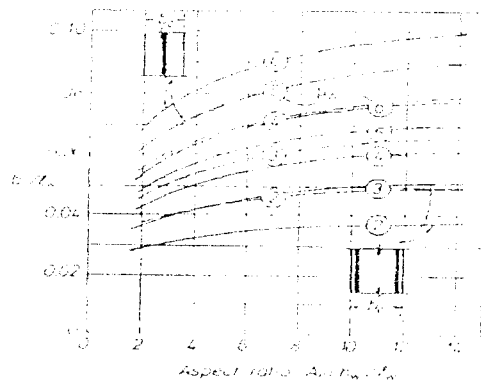
h_c : ketebalan dinding geser kritis,

$\mu\phi$: perbandingan ratio daktilitas.



Gambar 3.5 Perbandingan ratio daktilitas

Hubungan ketebalan kritis dinding terhadap h_w/l_w dapat dilihat dari grafik sebagai berikut :



Gambar 3.6 Hubungan daktailitas dengan ketebalan kritis dinding

Dari persamaan (3.8), (3.9), (3.10) diambil nilai b dan b_1 yang terbesar.

4. Cek luas “boundary elements” yang terjadi (A_{wb})

$$bc^2 \leq A_{wb} \geq bc \cdot l_w / 10 \quad (3.13)$$

5. Persyaratan kuat lentur dinding geser

Kuat lentur perlu bagi dinding geser yang dinyatakan oleh momen lentur perlu $M_{u,d}$, harus memenuhi persyaratan kuat lentur untuk kondisi pembebanan tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa sebagai berikut ini,

$$M_{u,d} = 1,2 \cdot M_{D,d} + 1,6 \cdot M_{L,d} \quad (3.14)$$

$$M_{u,d} = 1,05 \cdot (M_{D,d} + M_{L,d} + M_{E,d}) \quad (3.15)$$

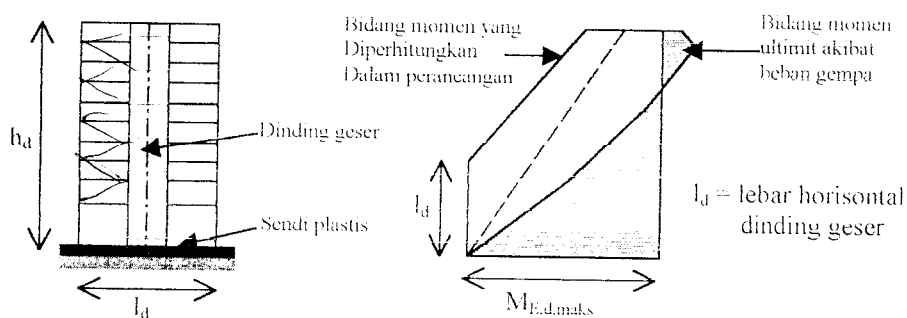
dimana :

$M_{D,d}$ = momen lentur dinding geser akibat beban mati,

$M_{L,d}$ = momen lentur dinding geser akibat beban hidup dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada masing-masing lantai tingkat,

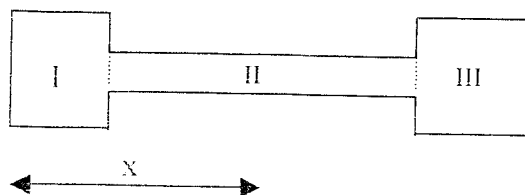
$M_{E,d}$ = momen lentur dinding geser akibat beban gempa.

Untuk menjamin agar saat terjadinya gempa kuat dinding geser tetap berperilaku elastis kecuali pada penampang dasar, dimana sendi plastis dapat terbentuk, maka bidang momen akibat beban gempa harus digeser keatas sejauh lebar horisontal dinding geser, seperti ditunjukkan Gambar 3.7. Bidang momen yang telah dimodifikasi ini selanjutnya dipakai untuk menghitung kuat lentur perlu menurut persamaan (3.14).



Gambar 3.7 Bidang momen dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan

6. Penulangan lentur dinding geser



$$\text{Pusat berat dinding geser : } x = \frac{l_w}{2}$$

Untuk menghitung kuat lentur perlu, bidang momen yang digunakan dalam perancangan adalah bidang momen akibat gaya gempa tak berfaktor yang telah mengalami modifikasi seperti pada gambar 3.7 diatas.

a. Penulangan daerah II

$$\rho_{\min} = \frac{0,7}{f_y} \quad (3.16)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (3.17)$$

Ditentukan tulangan yang dipakai dalam jarak s_v

$$s_v \leq 450 \text{ mm}$$

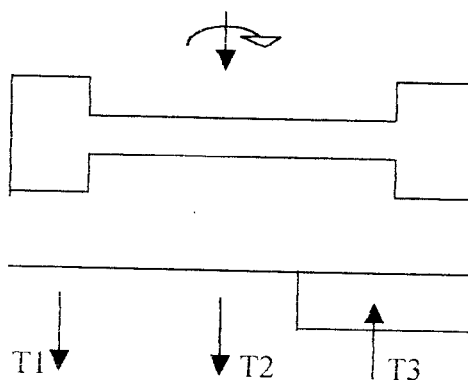
$$\text{Banyaknya} = \frac{l_n}{s_v} \quad (3.18)$$

$$A_{s1} = 2 \cdot n \cdot A_s \quad (3.19)$$

Dengan menganggap daerah satu telah leleh maka besarnya gaya aksial yang bekerja

$$T_2 = A_{s1} \cdot f_y \quad (3.20)$$

b. Penulangan daerah I



Gambar 3.8 Gaya-gaya yang bekerja pada dinding geser (Mi kekanan)

Statis momen terhadap T_3

$$P_i (lw - x) + T_2 (lw/2) + T_1 (lw - lc/2) - M_i = 0 \quad (3.21)$$

Dari perhitungan diatas maka nilai T_1 dapat diketahui

$$\Delta s_1 = \frac{T_1}{f_y} \quad (3.22)$$

Ditentukan tulangan yang digunakan

c. Penulangan daerah III

Digunakan penulangan yang sama dengan daerah I

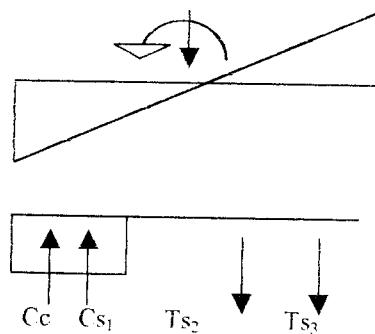
7. Kapasitas lentur dinding geser

a. Desak daerah I

Menghitung M_i kapasitas berdasarkan penulangan terpasang. Dengan coba-coba, garis netral dinding geser dari tulangan terpasang dapat ditentukan sehingga gaya desak dikurangi gaya tarik akan kira-kira sama dengan P_i .

Kemudian momen yang dapat ditahan berdasarkan tulangan terpasang dapat diketahui.

Dicoba $c = 0,3.lw$



Gambar 3.9 Diagram tegangan regangan akibat momen kekiri

Dengan menganggap seluruh tulangan di daerah I telah leleh, maka tulangan daerah I memberikan sumbangan gaya sebesar $2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot f_y / 0,35$, tiap meter panjang.

- Gaya desak

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot c \cdot b \quad (3.23)$$

$$C_{s1} = A_s \cdot f_y \quad (3.24)$$

$$C_{tot} = C_c + C_{s1} \quad (3.25)$$

- Gaya tarik

$$T_{s3} = A_s \cdot f_y \quad (3.26)$$

$$T_{s2} = (lw - lc - c) \cdot A_s \cdot f_y / 0,35 \quad (3.27)$$

$$T_{tot} = T_{s3} + T_{s2} \quad (3.28)$$

Kemudian dihitung C-T, bila $>$ dari P_i maka daerah desak harus dikurangi sebesar

$$\Delta = \frac{(C - T) - P_i}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \quad (3.29)$$

$$C \text{ baru} = C \text{ lama} - \Delta$$

Bila $C - T < P_i$ maka daerah desak harus ditambah sebesar :

$$\Delta = \frac{P_i - (C - T)}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \quad (3.30)$$

$$C \text{ baru} = C \text{ lama} + \Delta$$

Kemudian dihitung lagi gaya desak dan gaya tarik berdasarkan harga c yang baru.

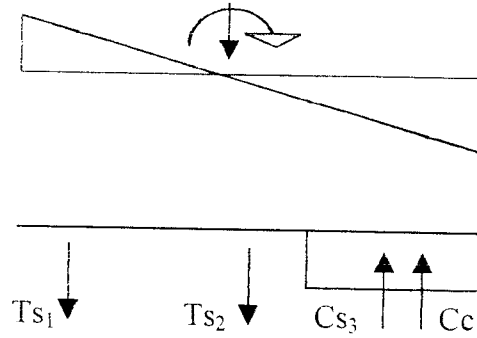
Satelah itu dihitung momen kapasitas yang ada berdasarkan penulangan.

$$\sum M_i = C_c (x - c/2) + C_{s1} (x - lc/2) + T_{s3} (lw - x - lc/2) + T_{s2} (x - lw/2) \quad (3.31)$$

b. Tarik daerah I

Menghitung M_i kapasitas berdasarkan tulangan terpasang.

Dicoba $c = 0,2.lw$



Gambar 3.10 Diagram tegangan regangan akibat momen kekanan

- Gaya desak

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot c \quad (3.32)$$

$$C_{s3} = A_s \cdot f_y \quad (3.33)$$

$$C_{tot} = C_c + C_s \quad (3.34)$$

- Gaya Tarik

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y \quad (3.35)$$

$$T_{s2} = (lw - c - b) \cdot A_s \cdot f_y / 0,2 \quad (3.36)$$

$$T_{tot} = T_{s1} - T_{s2} \quad (3.37)$$

Kemudian hitung C-T, bila $> P_i$, maka dihitung $C_{baru} = C_{lama} - \Delta$

Bila C-T $< P_i$, maka dihitung $C_{baru} = C_{lama} + \Delta$

Besarnya momen kapasitas berdasarkan penulangan:

$$\sum M_i = C_c (lw - x - c/2) + C_{s3} (lw - x - lc/2) + T_{s1} (x - lc/2) + T_{s2} (x - (lw - x)) \quad (3.38)$$

8. Perencanaan geser

Kuat geser perlu bagi dinding geser pada penampang dasar sehubungan dengan adanya pembesaran dinamik sewaktu struktur berespons inelastik terhadap gempa kuat, harus dihitung dengan persamaan di bawah ini,

$$V_u = V_{wall} = \omega_v \phi_{o,w} V_E \quad (3.39)$$

$$\text{Dengan: } \omega_v = 0,9 + n/10 \quad ; \text{ untuk gedung } \leq 6 \text{ lantai} \quad (3.40)$$

$$\omega_v = 1,3 + n/30 \quad ; \text{ untuk gedung diatas } 6 \text{ lantai} \quad (3.41)$$

$$\phi_{o,w} = \frac{M_{o,w}}{M_E} \quad (3.42)$$

dimana: V_{wall} = gaya geser rencana dinding geser,

V_E = gaya geser maksimum dinding geser akibat beban gempa tak berfaktor pada penampang dasar,

ω_v = faktor pembesaran dinamik,

$M_{o,w}$ = momen kapasitas dinding geser pada penampang yang dihitung berdasarkan luas baja tulangan yang terpasang dengan tegangan tarik baja tulangan,

M_E = momen lentur maksimal dinding geser akibat beban tak berfaktor pada penampang dasar.

a. Tegangan geser ideal yang terjadi (v_i) adalah sebagai berikut ini,

$$v_i = \frac{V_{wall}}{bw.d} \quad ; \text{ dengan } d = 0,8.lw \quad (3.43)$$

b. Nilai v_i ini tidak boleh lebih besar dari $v_{i,max}$ yang nilainya sebesar :

$$v_{i,max} \leq \left[\frac{0,22 \cdot \phi}{\mu} + 0,03 \right] f'c \leq 0,16 \cdot f'c \quad (3.44)$$

μ = daktilitas yang digunakan

atau,

$$v_{i_{max}} \leq 0,16 \cdot f'c \leq 6 \text{ Mpa} \quad (3.45)$$

c. Kontribusi beton di dalam dinding geser (v_c) itu sendiri sebesar :

$$v_c = 0,6 \cdot \sqrt{P_u \cdot A_g} \text{ (Mpa)} \quad (3.46)$$

dengan; P_u = beban aksial minimum pada dinding geser,

A_g = luas total dari dinding geser.

d. Cek kebutuhan tulangan geser

$$\frac{A_v}{s} \geq \frac{(v_i - v_c) \cdot b_w}{f_y} \quad (3.47)$$

dengan; A_v = luas tulangan geser,

v_i = tegangan geser ideal,

v_c = tegangan akibat kontribusi beton,

b_w = tebal dinding geser,

s = jarak tulangan geser.

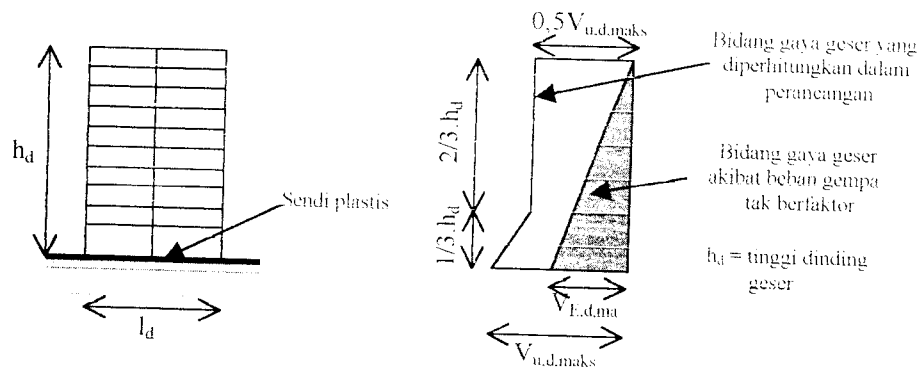
e. Cek jarak tulangan geser

$$s \leq 2,5 \cdot b_w \text{ (mm)} \quad (3.48)$$

$$\leq 450 \text{ (mm)}$$

Untuk menjamin agar dinding geser memiliki kuat geser yang cukup sepanjang tinggi dinding, maka bidang gaya geser perlu akibat beban gempa sepanjang tinggi dinding harus dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari $V_{u,d,max}$ pada dasar sampai $0,5 \cdot V_{u,d,max}$, maka pada 1/3 tinggi dinding geser, untuk

kemudian tetap nilainya sebesar $0,5 \cdot V_{u,d,maks}$ sampai puncak dinding geser, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini,



Gambar 3.11 Bidang gaya geser perlu pada dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan

3.4 Disain Balok

3.4.1 Redistribusi Momen

Hasil superposisi momen akibat beban gempa dan beban gravitasi akan menghasilkan momen tumpuan (biasanya negatif) yang bertambah besar dan momen lapangan (biasanya positif) yang relatif jauh lebih kecil. Selain itu dapat pula terjadi perbedaan momen pada muka tumpuan balok disamping kanan dan kiri kolom interior. Tidak berimbanganya momen lentur didaerah tumpuan dan lapangan seringkali menyebabkan tinggi balok tidak dimanfaatkan secara optimal untuk memperoleh kuat lentur yang diperlukan. Momen tumpuan yang terlalu besar dan adanya perbedaan momen tumpuan balok disamping kanan dan kiri kolom interior dapat menyebabkan diperlukannya tulangan lentur secara berlebihan dari yang dibutuhkan sebenarnya. Hal ini mengingatkan bahwa sebenarnya

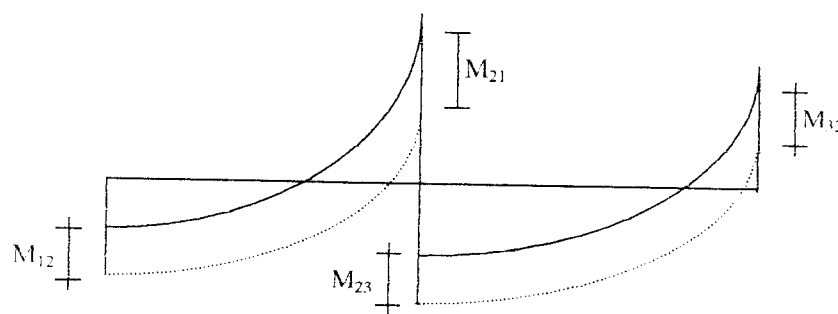
balok yang berlebihan membawa konsekuensi pada pembesaran momen rencana kolom dan pondasi.

3.4.2 Syarat Keseimbangan dan Batas Redistribusi Momen

Syarat yang perlu diperhatikan dalam proses redistribusi momen adalah bahwa keseimbangan gaya-gaya gempa dan gaya-gaya akibat beban gravitasi harus dipertahankan. Selama proses redistribusi momen, suatu penambahan atau pengurangan momen sebesar ΔM harus disertai pula dengan penggantian, penambahan atau pengurangan momen lain dengan jumlah yang sama sebesar ΔM pada lajur balok yang sama. Jadi, besarnya beberapa atau seluruh momen ujung balok tersebut tidak berubah. Sebagai rujukan syarat keseimbangan redistribusi momen pada suatu joint adalah :

$$\sum M'_{bi} = \sum M_{bi} \quad (3.49)$$

Dengan M'_{bi} adalah momen balok ke- i setelah didistribusi dan M_{bi} adalah momen balok ke- i sebelum didistribusi.



Gambar 3.12 Metode Redistribusi Momen

Dari gambar diatas dapat dijelaskan karakteristik untuk keseimbangan redistribusi momen balok menerus. Sebagai contoh, ketika momen balok M_{21} dikurangi dengan ΔM_2 , momen ujung balok M_{23} harus ditambah dengan jumlah

yang sesuai (ΔM_2). Pada momen balok M_{12} ditambah dengan ΔM_1 , maka pada momen balok M_{32} harus dikurangi dengan jumlah yang sesuai pula (ΔM_1). Dengan demikian maka jumlah total momen ujung balok pada bentang yang dimaksud akan tetap seimbang sebelum dan setelah redistribusi momen. Batasan aplikasi redistribusi momen pada pengurangan dan penambahan momen perlu diperhatikan terutama terhadap batasan momen reduksi (ΔM). Untuk elemen dalam satu bentang, besarnya reduksi momen (ΔM) direkomendasikan tidak lebih dari 30% dari momen maksimum pada suatu bentang.

3.4.3 Tujuan Redistribusi Momen

Didalam perencanaan balok dari portal bertulang yang efisien, masalah-masalah yang timbul karena perbedaan momen tumpuan dan momen lapangan yang terlalu besar, dapat dipakai teknik redistribusi momen dengan tujuan sebagai berikut :

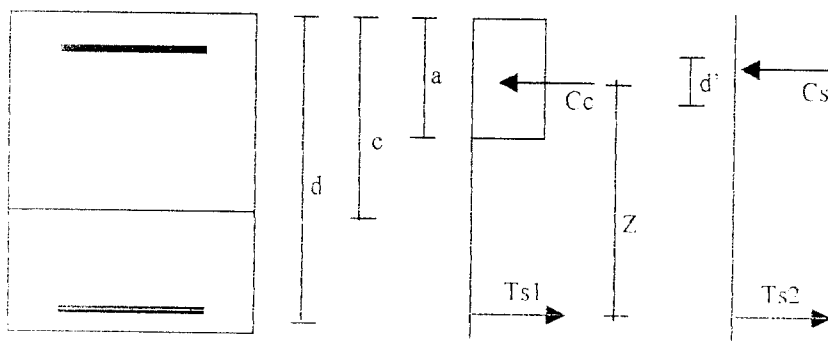
1. Mengurangi momen maksimum nyata, biasanya pada daerah momen negatif dari balok dan menggantikannya dengan menambah momen-momen pada daerah nonkritis (biasanya pada daerah momen positif dari balok). Hal ini memungkinkan distribusi yang lebih baik dari pemanfaatan kekuatan sepanjang bentang balok.
2. Menyamakan persyaratan-persyaratan momen kritis untuk bagian-bagian balok pada sisi yang berlawanan dari kolom-kolom interior dari gaya-gaya gempa yang dipakai yang arahnya berbalikan.
3. Memanfaatkan sepenuhnya kapasitas momen positif potensial dari bagian – bagian balok pada muka-muka kolom, paling sedikit 50% dari kapasitas

momen negatif pada bagian yang sama. Maksud dari ketentuan ini adalah bahwa untuk menjamin keberadaan penguatan momen lentur, lengkung daktilitas yang diperlukan dapat dengan mudah terjadi dibawah momen-momen negatif yang besar.

4. Mengurangi besarnya momen-momen yang masuk pada kolom-kolom kritis, terutama sekali karena desak aksial atau oleh tegangan aksial.

3.4.4 Perencanaan Balok

a. Lentur Tanpa Beban Aksial Tulangan Rangkap



$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa dan } \rho' = 0,5\rho$$

$$C_s = \rho' \cdot b \cdot d \cdot \phi \cdot f_y \cdot 10^3 \quad (3.50)$$

$$C_s = 0,5 \cdot \rho \cdot b \cdot d \cdot \phi \cdot f_y \cdot 10^3$$

$$C_c = 0,85 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot b \cdot c \cdot B \cdot 10^3 \quad (3.51)$$

$$T_s = \rho \cdot b \cdot d \cdot \phi \cdot f_y \cdot 10^3 \quad (3.52)$$

$$C_c + C_s = T_s \quad (3.53)$$

$$0,7225 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot b \cdot c \cdot 10^3 + 0,5 \cdot \rho \cdot b \cdot d \cdot \phi \cdot f_y \cdot 10^3 = \rho \cdot b \cdot d \cdot \phi \cdot f_y \cdot 10^3 \quad (3.54)$$

$$0,7225 \cdot c \cdot f_c' + 0,5 \cdot \rho \cdot d \cdot f_y = \rho \cdot d \cdot f_y$$

$$0,7225 \cdot c \cdot f_c' = 0,5 \cdot \rho \cdot d \cdot f_y$$

$$\frac{c}{d} = \frac{0,5}{0,7225} \cdot \frac{f_y}{f_c'} \cdot \rho \quad (3.55)$$

$$\frac{c}{d} = 0,692 \cdot \rho \left[\frac{f_y}{f_c'} \right] \quad (3.56)$$

Dengan cara yang sama, dapat dicari nilai $\frac{c}{d}$ untuk beberapa ρ' yang berbeda

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \quad \rho' = 0,6 \rho \quad \frac{c}{d} = 0,554 \cdot \rho \left[\frac{f_y}{f_c'} \right] \quad (3.57)$$

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \quad \rho' = 0,7 \rho \quad \frac{c}{d} = 0,415 \cdot \rho \left[\frac{f_y}{f_c'} \right] \quad (3.58)$$

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \quad \rho' = 0,8 \rho \quad \frac{c}{d} = 0,277 \cdot \rho \left[\frac{f_y}{f_c'} \right] \quad (3.59)$$

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \quad \rho' = 0,9 \rho \quad \frac{c}{d} = 0,138 \cdot \rho \left[\frac{f_y}{f_c'} \right] \quad (3.60)$$

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \quad \rho' = \rho \quad \frac{c}{d} = 0$$

$$Z = (d - 0,5 \cdot \beta \cdot c) \quad (3.61)$$

$$Z = (d - 0,425 \cdot c)$$

Mencari nilai $\frac{Mu}{b \cdot d^2}$ untuk berbagai nilai ρ'

$$Mu = Ts1 \cdot Z + Ts2 \cdot (d - d') \quad (3.62)$$

$$= 0,5 \cdot \rho \cdot \phi \cdot b \cdot d \cdot f_y \cdot 10^3 (d - 0,425 \cdot c) + 0,5 \cdot \rho \cdot \phi \cdot b \cdot d \cdot f_y \cdot 10^3 (d - d')$$

$$= (0,5 \cdot \rho \cdot b d^2 \cdot f_y \cdot \phi - 0,5 \cdot \rho \cdot \frac{b d^2}{d} \cdot 0,425 \cdot c \cdot f_y \cdot \phi + 0,5 \cdot \rho \cdot b d^2 \cdot f_y \cdot \phi$$

$$-0,5 \cdot \rho \cdot \frac{bd^2}{d} \cdot d \cdot f_y \cdot 10^3$$

$$\left(\frac{Mu}{bd^2} \right) 10^{-3} = 0,5 \cdot \rho \cdot f_y \cdot \phi - 0,5 \cdot \rho \cdot f_y \cdot 0,425 \cdot \frac{c}{d} \cdot \phi + 0,5 \cdot \rho \cdot f_y - 0,5 \cdot \rho \cdot f_y \cdot \frac{d'}{d} \cdot \phi$$

$$\left(\frac{Mu}{bd^2} \right) 10^{-3} = \rho \cdot f_y \cdot \phi - 0,213 \cdot f_y \cdot \rho \cdot \frac{c}{d} \cdot \phi - 0,5 \cdot \rho \cdot f_y \cdot \frac{d'}{d} \cdot \phi \quad (3.63)$$

$$= \rho \cdot f_y \cdot \phi - 0,213 \cdot 0,692 \cdot \rho^2 \cdot \phi \cdot \frac{f_y^2}{f_c'} - 0,5 \cdot \rho \cdot f_y \cdot \phi \cdot \frac{d'}{d}$$

$$= \rho \cdot f_y \cdot \phi \left(1 - 0,5 \frac{d'}{d} \right) - 0,14705 \cdot \phi \cdot \frac{f_y^2}{f_c'} \cdot \rho^2$$

jika $a = \phi \cdot 0,14705 \cdot \frac{f_y^2}{f_c'}$

$$b = \phi \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,5 \frac{d'}{d} \right)$$

$$c = \left(\frac{Mu}{bd^2} \right) 10^{-3}$$

$$a \cdot \rho^2 - b \cdot \rho + c = 0$$

Dengan cara yang sama, dapat dicari nilai $\left(\frac{Mu}{bd^2} \right)$ untuk beberapa nilai ρ^2

Untuk $\rho^2 = 0,6 \rho$

$$\frac{c}{d} = 0,554 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'}$$

$$a = \phi \cdot 0,09248 \cdot \frac{f_y^2}{f_c'}$$

$$b = \phi \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,6 \frac{d'}{d}\right)$$

$$c = \left(\frac{Mu}{bd^2}\right) 10^{-3}$$

Untuk $\rho' = 0,7 \rho$

$$\frac{c}{d} = 0,415 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'}$$

$$a = \phi \cdot 0,0529 \cdot \frac{f_y^2}{f_c'}$$

$$b = \phi \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,7 \frac{d'}{d}\right)$$

$$c = \left(\frac{Mu}{bd^2}\right) 10^{-3}$$

$$a \cdot \rho^2 - b \cdot \rho + c = 0$$

Untuk $\rho' = 0,8 \rho$

$$\frac{c}{d} = 0,277 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'}$$

$$a = \phi \cdot 0,02354 \cdot \frac{f_y^2}{f_c'}$$

$$b = \phi \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,8 \frac{d'}{d}\right)$$

$$c = \left(\frac{Mu}{bd^2}\right) 10^{-3}$$

$$a \cdot \rho^2 - b \cdot \rho + c = 0$$

Untuk $\rho' = 0,9 \rho$

$$\frac{c}{d} = 0,138 \cdot \rho \cdot \frac{f_y'}{f_c'}$$

$$a = \phi \cdot 0,005865 \cdot \frac{f_y'^2}{f_c'}$$

$$b = \phi \cdot f_y' \cdot \left(1 - 0,9 \frac{d'}{d}\right)$$

$$c = \left(\frac{Mu}{bd^2}\right) 10^{-3}$$

$$a \cdot \rho^2 - b \cdot \rho + c = 0$$

Untuk $\rho' = \rho$

$$Mu = T_s 2 \cdot (d - d') \quad (3.64)$$

$$\left(\frac{Mu}{bd^2}\right) 10^{-3} = \phi \cdot f_y' \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{d'}{d}\right) \quad (3.65)$$

$$\rho = \frac{\left(\frac{Mu}{bd^2}\right) 10^{-3}}{\phi \cdot f_y' \cdot \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \quad (3.66)$$

Dengan menggunakan program maka semua persamaan diatas dapat dicari nilai ρ

untuk beberapa nilai $\left(\frac{Mu}{bd^2}\right)$ seperti pada table 3.1

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \quad (3.67)$$

Tentukan harga β_1 : untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \Rightarrow \beta_1 = 0,85$

$$f_c' > 30 \text{ Mpa} \Rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65$$

Tentukan ratio tulangan

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{Mu+}{Mu-} \geq 0,5 \quad (3.68)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (3.69)$$

$$A_s' = \frac{\rho'}{\rho} \cdot A_s \quad (3.70)$$

Ditentukan tulangan yang digunakan

Check jarak antar tulangan

Check Mn :

$$A_s1 = A_s + A_s' \quad (3.71)$$

$$A_s' = A_s2$$

$$T = A_s \text{tersedia} \cdot f_y \quad (3.72)$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \quad (3.73)$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \quad (3.74)$$

$$T = C_c + C_s \quad (3.75)$$

$$M_{nak\ b} = M_{n1} + M_{n2} \quad (3.76)$$

$$M_{nak\ b} = A_s1 \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s \cdot (d - d') \quad (3.77)$$

$$M_{nak\ b'} = C_s \cdot (d - d') \quad (3.78)$$

$$M_{kap,b} = \phi \cdot M_{nak,b} \quad (3.79)$$

b. Perencanaan Balok Terhadap Beban Geser

Kuat geser balok portal yang dibebani oleh beban gravitasi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadi sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok tersebut, dengan tanda yang berlawanan (positif dan negatif) menurut persamaan berikut:

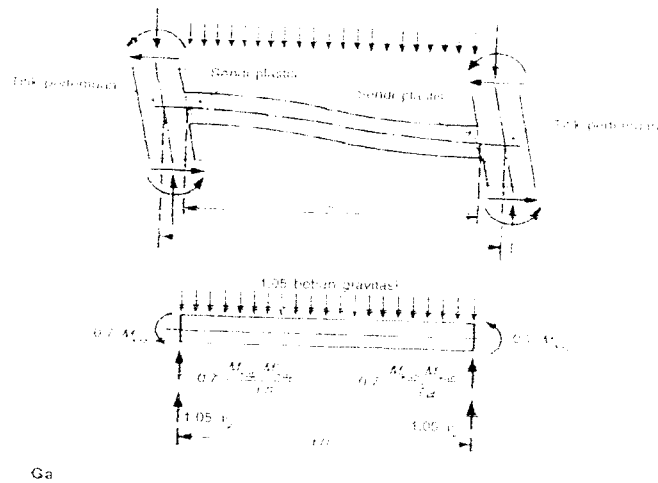
$$V_{u,b} = 0,7 \frac{M_{kap} + M'_{kap}}{l_n} + 1,05V_g \quad (3.80)$$

$$V_g = 1,6 \cdot V_{D,b} + 1,2 \cdot V_{L,b} \quad (3.81)$$

V_g = gaya geser balok karena gaya gravitasi

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1,07 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} V_{L,b} \right) \quad (3.82)$$



Gambar 3.13 Balok portal dengan sendi plastis pada kedua ujungnya, sumber :

Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa

Dengan :

M_{kap} : momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom

M'_{kap} : momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada ujung balok atau bidang muka kolom yang lain

l_n : bentang bersih balok

$V_{D,b}$: gaya geser balok akibat beban mati

$V_{L,b}$: gaya geser balok akibat beban hidup

l_n : bentang bersih balok

$V_{D,b}$: gaya geser balok akibat beban mati

$V_{L,b}$: gaya geser balok akibat beban hidup

$V_{E,b}$: gaya geser balok akibat beban gempa

K : faktor jenis struktur

jika $V_u < \phi V_c \Rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

jika $V_u > \phi V_c \Rightarrow$ diperlukan tulangan geser,

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d \quad (3.83)$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.84)$$

$$\text{maka : } V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \Rightarrow s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (3.85)$$

Tabel 3.1 Rasio tulangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $\phi = 0.8$, $d'/d = 0,10$

M_u/bd^2	$\rho'=0,5\rho$	$\rho'=0,6\rho$	$\rho'=0,7\rho$	$\rho'=0,8\rho$	$\rho'=0,9\rho$	$\rho'=\rho$
200	0.000659	0.000665	0.000672386	0.000679505	0.000687	0.000694
400	0.001319	0.001332	0.001345459	0.001359326	0.001374	0.001389
600	0.001982	0.002	0.002019221	0.002039462	0.002061	0.002083
800	0.002646	0.002669	0.002693675	0.002719915	0.002748	0.002778
1000	0.003312	0.003339	0.003368822	0.003400685	0.003435	0.003472
1200	0.00398	0.00401	0.004044665	0.004081771	0.004122	0.004167
1400	0.00465	0.004683	0.004721206	0.004763175	0.00481	0.004861
1600	0.005322	0.005357	0.005398447	0.005444897	0.005497	0.005556
1800	0.005995	0.006032	0.00607639	0.006126937	0.006185	0.00625
2000	0.006671	0.006708	0.006755037	0.006809297	0.006872	0.006944
2200	0.007348	0.007385	0.007434391	0.007491975	0.00756	0.007639
2400	0.008028	0.008064	0.008114454	0.008174974	0.008248	0.008333
2600	0.008709	0.008744	0.008795228	0.008858292	0.008935	0.009028
2800	0.009393	0.009425	0.009476715	0.009541932	0.009623	0.009722
3000	0.010078	0.010107	0.010158917	0.010225892	0.010311	0.010417
3200	0.010766	0.010791	0.010841837	0.010910174	0.010999	0.011111

Lanjutan tabel 3.1

4400	0.014934	0.01492	0.014954559	0.015022645	0.01513	0.015278
4600	0.015636	0.015612	0.015642568	0.015709191	0.015818	0.015972
4800	0.016341	0.016306	0.016331313	0.016396062	0.016507	0.016667
5000	0.017047	0.017002	0.017020796	0.017083259	0.017196	0.017361
5200	0.017756	0.017698	0.017711021	0.017770782	0.017885	0.018056
5400	0.018467	0.018396	0.018401988	0.018458632	0.018574	0.01875
5600	0.01918	0.019095	0.019093702	0.019146808	0.019263	0.019444
5800	0.019896	0.019796	0.019786164	0.019835313	0.019952	0.020139

3.5 Desain Kolom Tahan Gempa

Dalam segala hal, kuat lentur rancang kolom portal berdasarkan tulangan longitudinal yang terpasang harus dapat menampung kombinasi pembebanan berfaktor oleh beban gravitasi dan oleh beban gempa dalam 2 arah yang saling tegak lurus (100 % dalam satu arah, 30% dalam arah tegak lurus pada arah tersebut).

3.5.1 Kondisi beban sentris

Kolom dalam kondisi ini, pada awalnya, baik beton maupun bajanya berperilaku elastis. Pada saat regangannya mencapai sekitar 0,002 sampai 0,003 , beton mencapai kekuatan maksimal f_c . Secara teoritis, beban maksimum yang dapat dipikul oleh kolom adalah beban yang menyebabkan terjadinya tegangan f_c pada beton. Penambahan beban yang lebih lanjut bisa saja terjadi apabila *strain hardening* pada baja terjadi disekitar regangan 0,003. Dengan demikian, kapasitas beban sentris, P_o dapat dinyatakan dalam persamaan di bawah ini :

$$P_o = 0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \quad (3.86)$$

Dan tidak boleh lebih besar dari :

1. untuk kolom dengan penulangan spiral :

$$\phi P_{n(\max)} = 0,85 \cdot \phi \cdot [0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y] \quad (3.87)$$

2. untuk kolom dengan penulangan sengkang :

$$\phi P_{n(\max)} = 0,8 \cdot \phi \cdot [0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y] \quad (3.88)$$

dengan :

ϕ = faktor reduksi kekuatan

$$\phi_{\text{sengkang biasa}} = 0,65 \text{ dan } \phi_{\text{sengkang spiral}} = 0,70$$

A_g = luas kotor penampang lintang kolom,

A_{st} = luas total penampang tulangan memanjang,

P_n = kuat beban aksial nominal dengan eksentrisitas tertentu

3.5.2 Kondisi seimbang (*balance*)

Jika eksentrisitas semakin kecil, maka akan ada suatu transisi dari keruntuhan tarik utama ke keruntuhan tekan utama. Kondisi keruntuhan *balance* tercapai apabila tulangan tarik mengalami regangan lelehnya, E_y dan pada saat itu pula beton mengalami regangan batasnya (0,003) dan mulai hancur.

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y'} \text{ dan } a_b = \beta_1 \cdot c_b \quad (3.89)$$

Beban aksial nominal dalam kondisi *balance*, P_{nb} dapat dihitung dengan persamaan,

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \quad (3.90)$$

$$C_{st} = A_{st} \cdot f_y \quad (3.91)$$

$$C_{s2} = A_{sk1} = A_{ska} \cdot f_s' \cdot 2 \quad (3.92)$$

$$T_s = A_s \cdot f_y \quad (3.93)$$

$$P_{nb} = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s \quad (3.94)$$

$$M_{nb} = C_c \cdot (y - a/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y) \quad (3.95)$$

Beban-beban dengan eksentrisitas yang lebih kecil dari e_b akan menyebabkan keruntuhan utama pada harga batas yang lebih besar dari P_{nb} , beban-beban dengan eksentrisitas yang lebih besar dari e_b menyebabkan keruntuhan tarik pada beban yang lebih kecil dari P_{nb} .

3.5.3 Kondisi patah tarik (keruntuhan tarik)

Awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas yang besar dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Peralihan dari keruntuhan tekan ke keruntuhan tarik terjadi pada $e = e_b$. Jika e lebih besar dari e_b atau $P_n < P_{nb}$, maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang diawali lelehnya tulangan tarik. Dengan demikian berarti $f_s = f_y$, sedangkan pada tulangan baja tekan masih terdapat dua kemungkinan yaitu luluh atau belum.

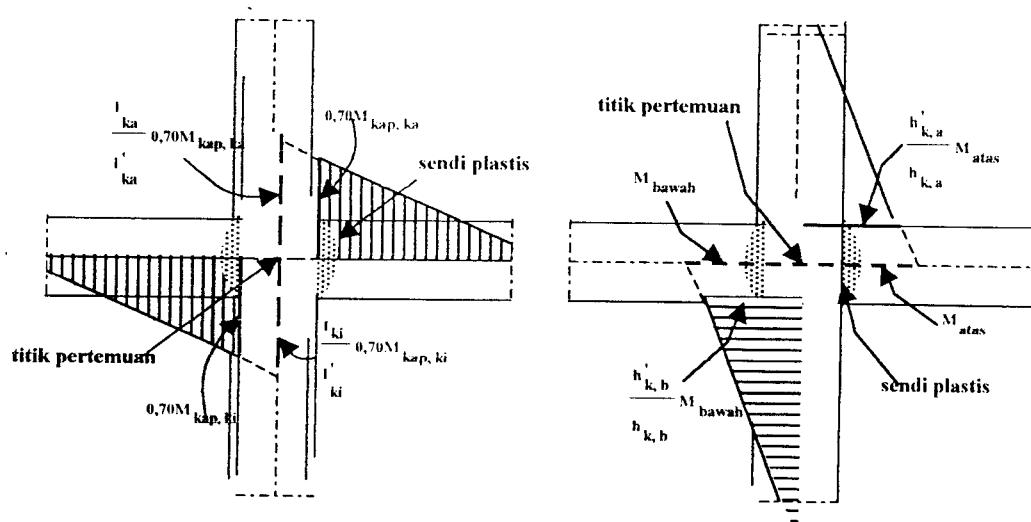
Apabila penulangan tekan diasumsikan telah leleh, dan $A_s = A_s'$, maka didapat persamaan,

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \quad (3.96)$$

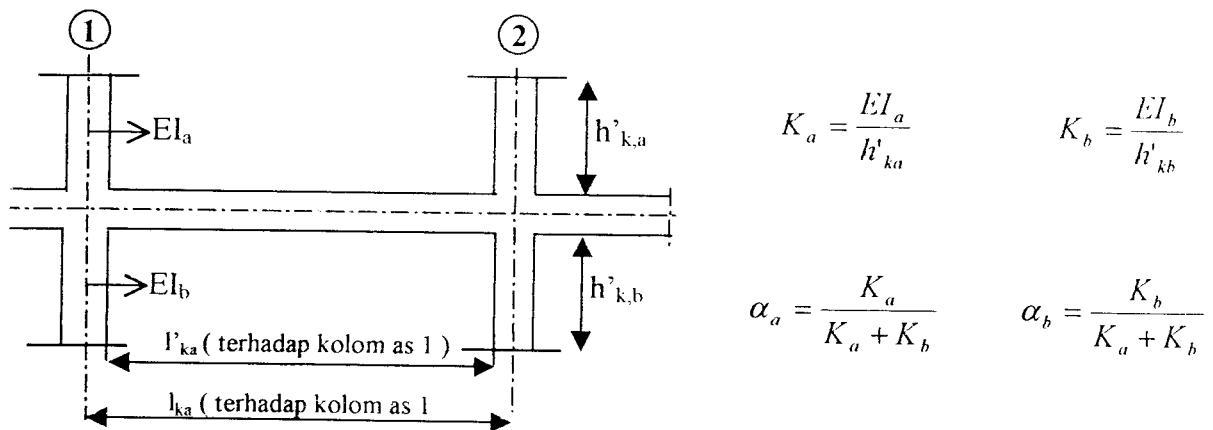
Kesetimbangan momen terhadap pusat plastis, dimana jarak eksentrisitas e ditentukan, $M = 0$, menghasilkan persamaan berikut :

$$M_n = P_n \cdot e = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \frac{1}{2} (h - a) + A_s' \cdot f_y \left[\frac{1}{2} h - d' \right] + A_s \cdot f_y \left[d - \frac{1}{2} h \right] \quad (3.97)$$

3.5.6 Persyaratan Kuat Lentur Kolom Portal



Gambar 3.14 Pertemuan balok dan kolom dalam kondisi terjadinya Sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok



Kuat lentur perlu bagi kolom portal dengan daktilitas penuh pada bidang muka balok berdasarkan terjadinya momen kapasitas di sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom itu, dinyatakan oleh momen lentur perlu $M_{u,k}$ dengan gaya aksial $N_{u,k}$ yang bersangkutan, harus dihitung berturut-turut menurut persamaan-persamaan berikut ini,

$$M_{u,k} = \frac{h'_k}{h_k} \cdot \omega_d \cdot \alpha_k \cdot 0,7 \cdot \left[\frac{I_{ki}}{I'_{ki}} M_{kop,k} + \frac{I_{ka}}{I'_{ka}} M_{kop,ka} \right] \quad (3.102)$$

akan tetapi dalam segala hal tidak boleh lebih besar dari :

$$M_{u,k} = 1,05 \cdot \left[M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4,0}{K} M_{E,k} \right] \quad (3.103)$$

dengan:

$M_{u,k}$ = momen lentur perlu bagi kolom portal pada bidang muka balok,

$M_{D,k}$ = momen pada kolom akibat beban mati,

$M_{L,k}$ = momen pada kolom akibat beban hidup,

$M_{E,k}$ = momen pada kolom akibat beban gempa dasar (tanpa faktor pengali tambahan)

h_k = tinggi kolom portal dari titik pertemuan ke titik pertemuan (as ke as),

h'_k = tinggi bersih kolom portal,

l_k = bentang balok portal dari titik pertemuan ke titik pertemuan (as ke as),

l'_k = bentang bersih balok portal,

ω_d = faktor pembesaran dinamis,

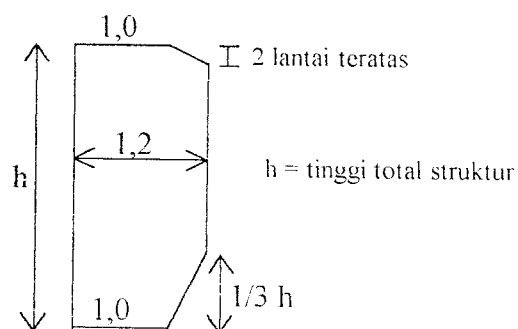
α_k = faktor distribusi momen dari kolom portal yang ditinjau, yang nilainya dapat dihitung sebanding dengan kekakuan relatif dari unsur-unsur struktur yang bertemu di titik pertemuan tersebut,

K = faktor jenis struktur,

K = faktor jenis struktur,

ϕ = faktor penambah kekuatan (*overstrength factor*) yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk baja tulangan dengan $f_y \leq 400$ Mpa dan 1,40 untuk $f_y > 400$ Mpa.

Nilai ω_d ditentukan sebagai berikut ini,



Gambar 3.15 Kurva faktor pembesaran dinamik

Selain menahan momen kolom juga direncanakan terhadap gaya aksial rencana $N_{u,k}$ yang bekerja pada kolom dan dihitung sebagai berikut ini,

$$N_{u,k} = 0,7 \cdot R_n \left(\frac{M_{kap,ki} + M_{kap,ki}}{I_{ki}} + \frac{M_{kap,ka} + M_{kap,ka}}{I_{ka}} \right) + 1,05 \cdot N_g \quad (3.104)$$

tetapi dalam segala hal tidak boleh diambil lebih besar dari :

$$N_{u,k} = 1,05 \cdot \left(N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{E,k} \right) \quad (3.105)$$



dengan :

R_v = faktor reduksi gaya aksial kolom untuk memperhitungkan pengaruh terbentuknya sendi plastis yang tidak semua pada semua balok portal di dalam struktur,

$$R_v = 1,0 \quad \text{untuk } 1 \leq n \leq 4$$

$$R_v = 1,1 - 0,025n \quad \text{untuk } 4 < n \leq 20$$

$$R_v = 0,60 \quad \text{untuk } n > 20$$

n = jumlah lantai tingkat diatas kolom yang ditinjau

N_g = gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat join,

N_E = gaya aksial akibat beban gempa terfaktor pada pusat join.

3.5.8 Persyaratan kuat geser kolom portal

Kuat geser perlu bagi kolom portal berdasarkan terjadinya momen kapasitas di sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom itu, dihitung menurut persamaan berikut ini,

$$V_{u,k} = \frac{M_{ukol,a} + M_{ukol,b}}{h_k'} \quad (3.106)$$

dimana :

$M_{ukol,a}$ = momen lentur dari kolom portal pada ujung atas kolom pada bidang muka balok dihitung menurut persamaan (3.102),

$M_{ukol,b}$ = momen lentur dari kolom portal pada ujung bawah kolom pada bidang muka balok dihitung menurut persamaan (3.103).

Besar gaya geser yang disumbangkan oleh beton (V_c), dihitung dengan persamaan,

$$V_c = (1 + N_u / 14.A_g) . (\sqrt{f'_c} / 6) . b.d \quad (3.110)$$

Dengan :

N_u = Gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau

Tulangan geser kolom harus dipasang pada seluruh tinggi kolom dengan jarak maksimal sebagai berikut (SK SNI, 1991),

1. $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur terkecil,
2. 8 kali diameter tulangan longitudinal, diambil ukuran terkecil,
3. ≤ 100 mm

Khusus untuk daerah ujung kolom yang diharapkan akan terjadi sendi plastis, kemampuan geser oleh beton diabaikan sehingga semua gaya geser dipikul oleh tulangan geser ($V_c = 0$), sedangkan pada daerah-daerah lain V_c tetap diperhitungkan dalam menahan gaya geser ($V_c \neq 0$) (SK SNI, 1991).

Pada setiap muka join dan pada kedua sisi setiap penampang yang berpotensi mengalami sendi plastis akibat terjadinya perpindahan lateral *inelastis* dari struktur, harus dipasang tulangan transversal (senggang) sepanjang l_o dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o tidak boleh kurang dari,

1. Tinggi komponen dimensi struktur, h , untuk $N_u < 0,3.A_g.f'_c$ (kN)
2. $1,5.h$ untuk $N_u > 0,3.A_g.f'_c$ (kN)
3. $1/6$ bentang bersih komponen struktur
4. lebih besar dari 450 mm.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tempat Penelitian

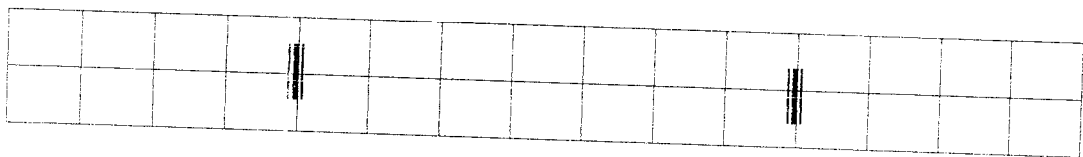
Penelitian dilaksanakan di daerah gempa III dan pondasi terletak pada tanah lunak sehingga koefisien gempanya berkisar antara 0,035 sampai 0,07.

4.2 Tahapan Analisa

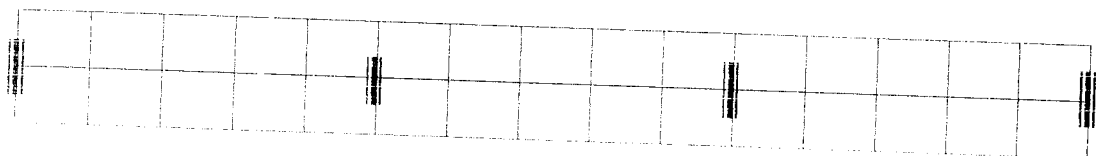
1. menentukan spesifikasi dan konfigurasi struktur bangunan,
2. menghitung beban-beban yang bekerja,
3. menganalisis struktur tanpa dinding geser dengan program SAP90,
4. menganalisis struktur dengan 2,3,4 dan 5 dinding geser pada posisi yang telah ditentukan dengan program SAP90,
5. menganalisis perbandingan antara jumlah dinding geser dan frame untuk memperoleh jumlah dinding geser yang paling efektif untuk model struktur yang dianalisis,
6. mendesain penulangan balok dari hasil mekanika SAP90,
7. mendesain penulangan kolom dari hasil mekanika SAP90.

4.3 Model Struktur

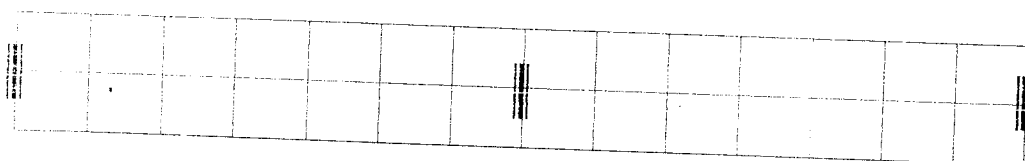
Model struktur yang digunakan dalam analisis ini ada 2 macam, yakni struktur dengan 16 portal untuk dinding geser berjumlah 2 dan 4, dan struktur dengan 15 portal untuk 3 dan 5 dinding geser. Khusus untuk struktur dengan 2 dinding geser, penempatan dilakukan pada posisi sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Nugroho dan Prinardi (2000) yang merupakan posisi paling efektif. Untuk struktur 15 portal denah tampak memanjang sama dengan struktur 16 portal, hanya dikurangi satu bentang saja.



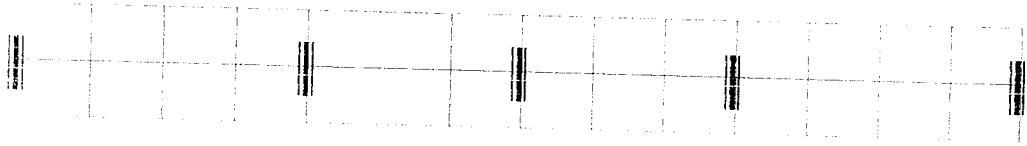
Gambar 4.1 Rencana penempatan untuk 2 dinding geser pada struktur 16 portal



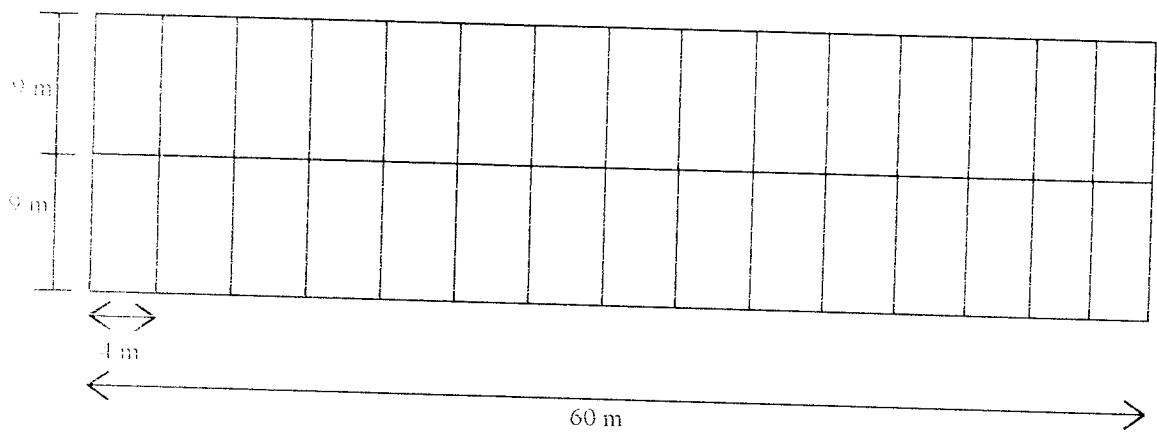
Gambar 4.2 Rencana penempatan untuk 4 dinding geser pada struktur 16 portal



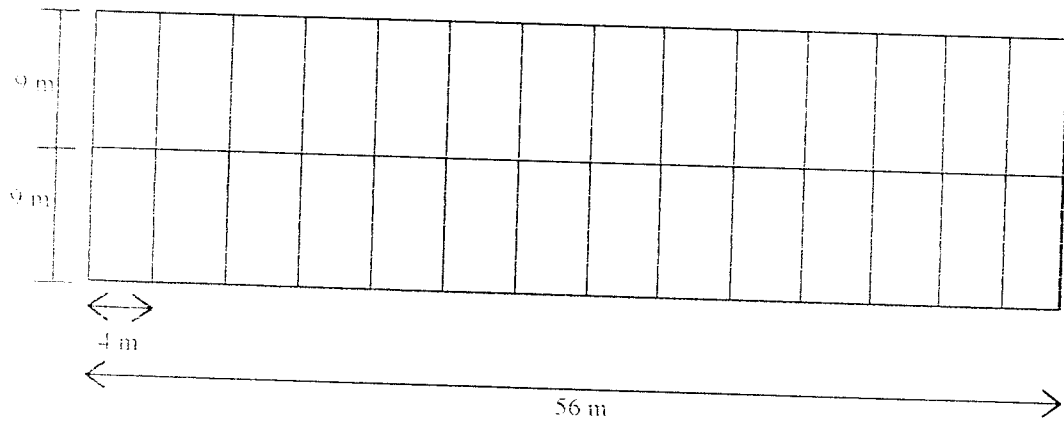
Gambar 4.3 Rencana penempatan untuk 3 dinding geser pada struktur 15 portal



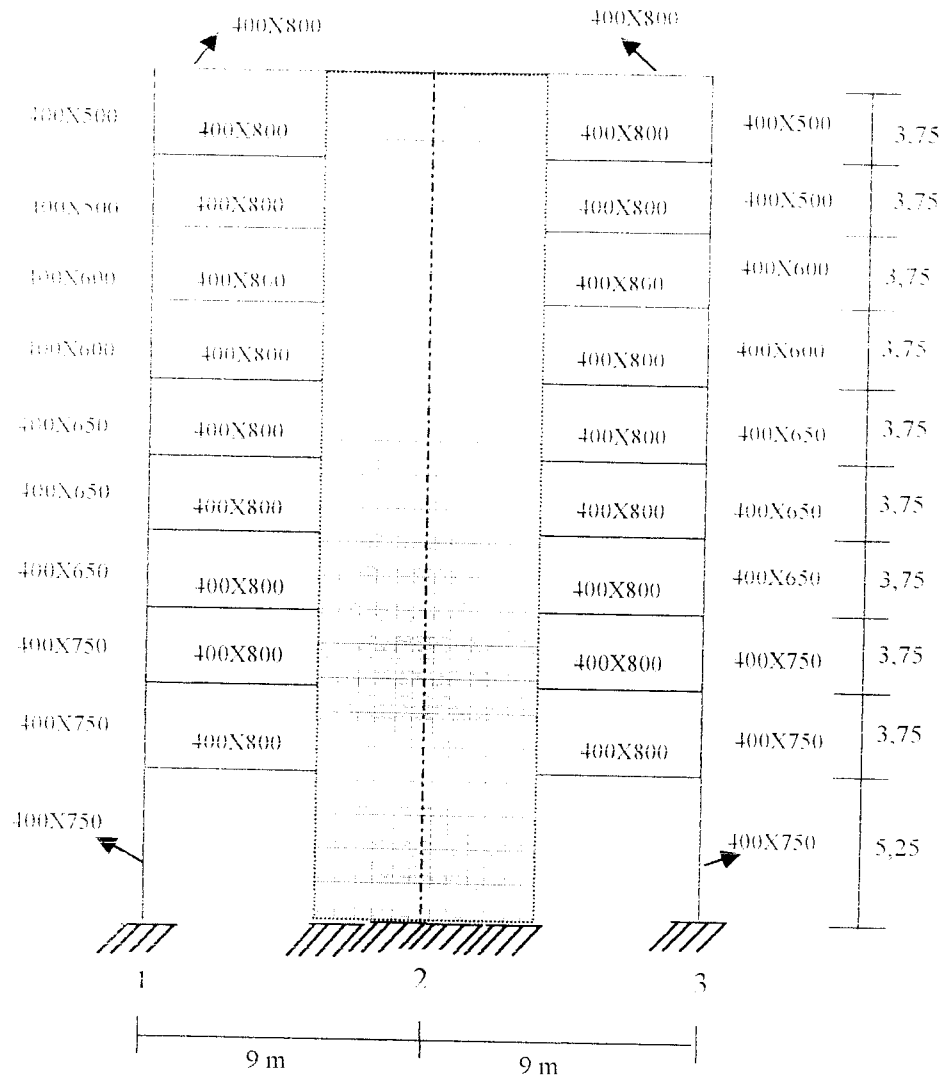
Gambar 4.4 Rencana penempatan untuk 5 dinding geser pada struktur 15 portal



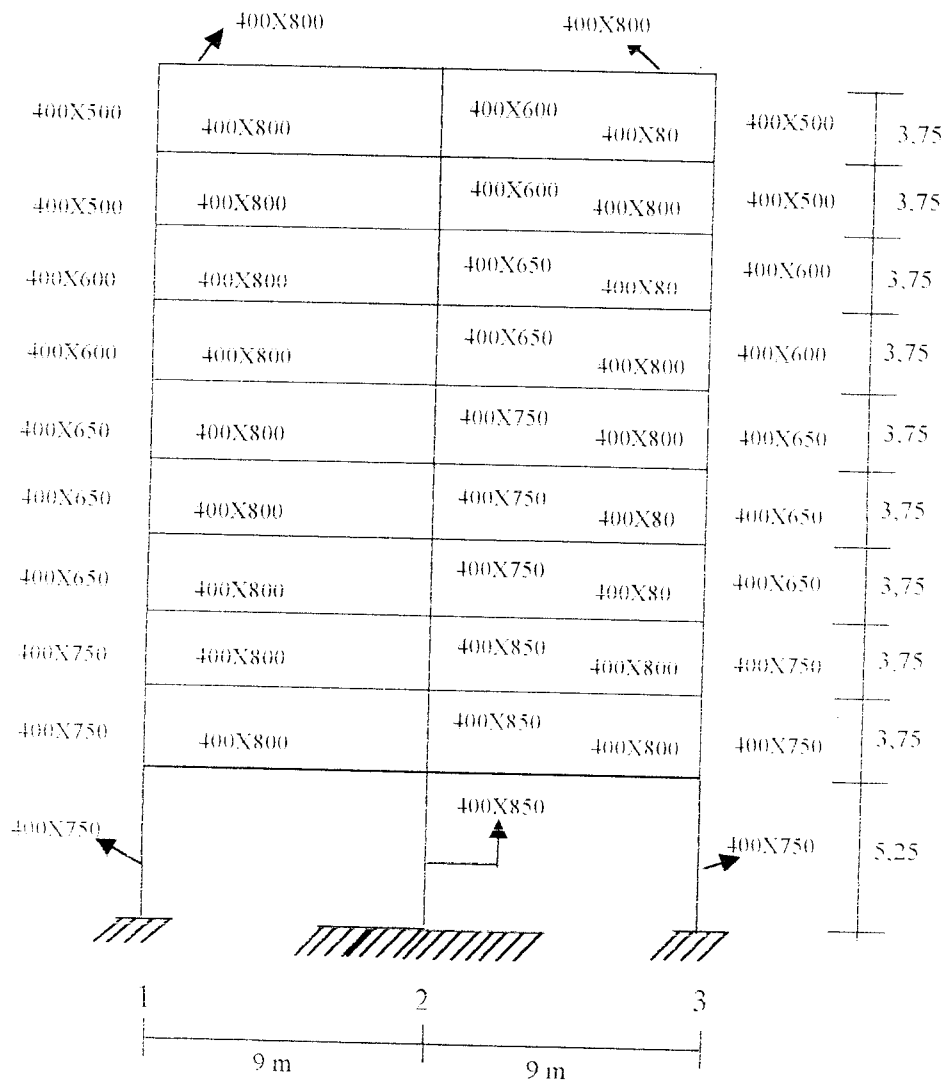
Gambar 4.5 Denah tampak atas struktur 16 portal



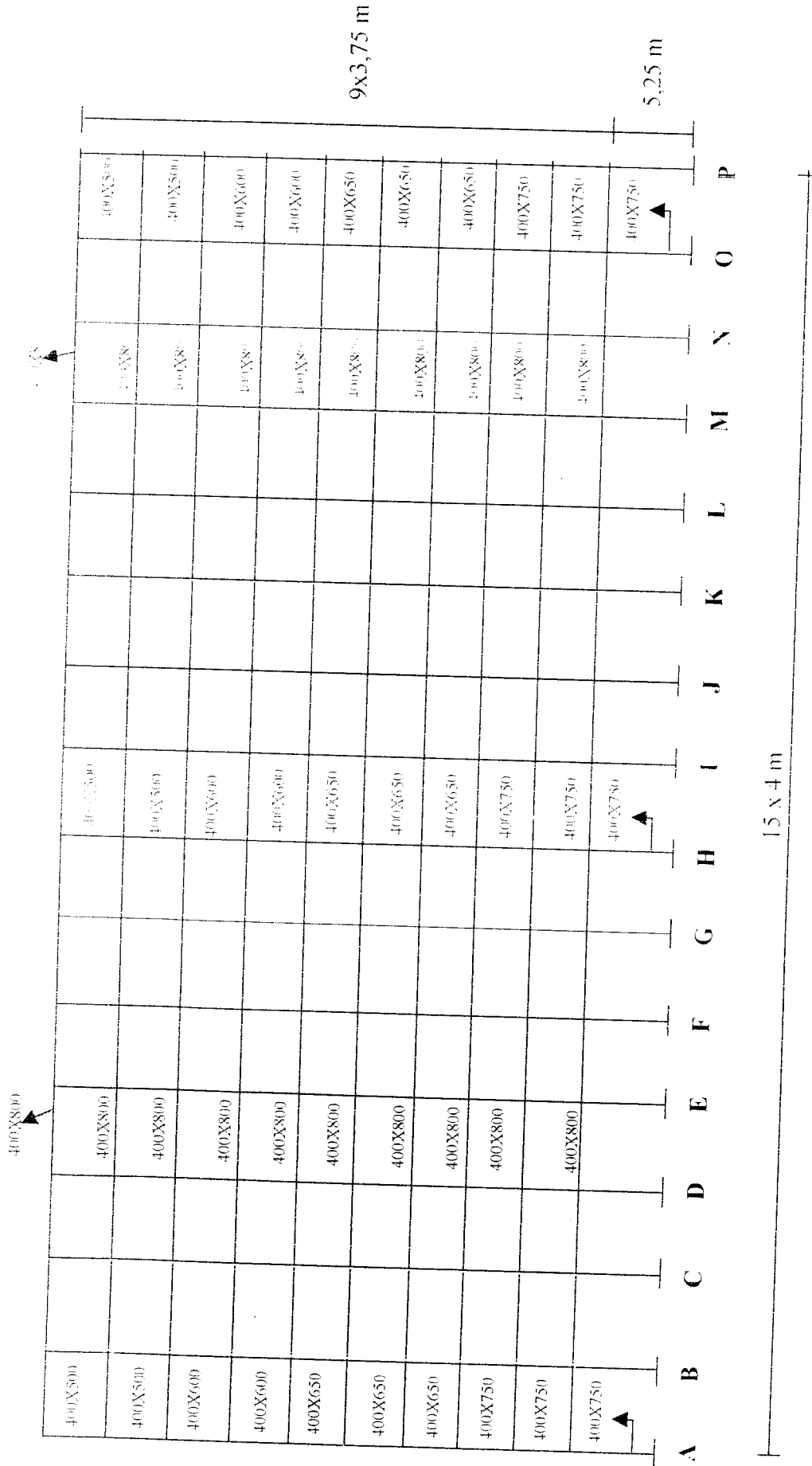
Gambar 4.6 Denah tampak atas struktur 15 portal



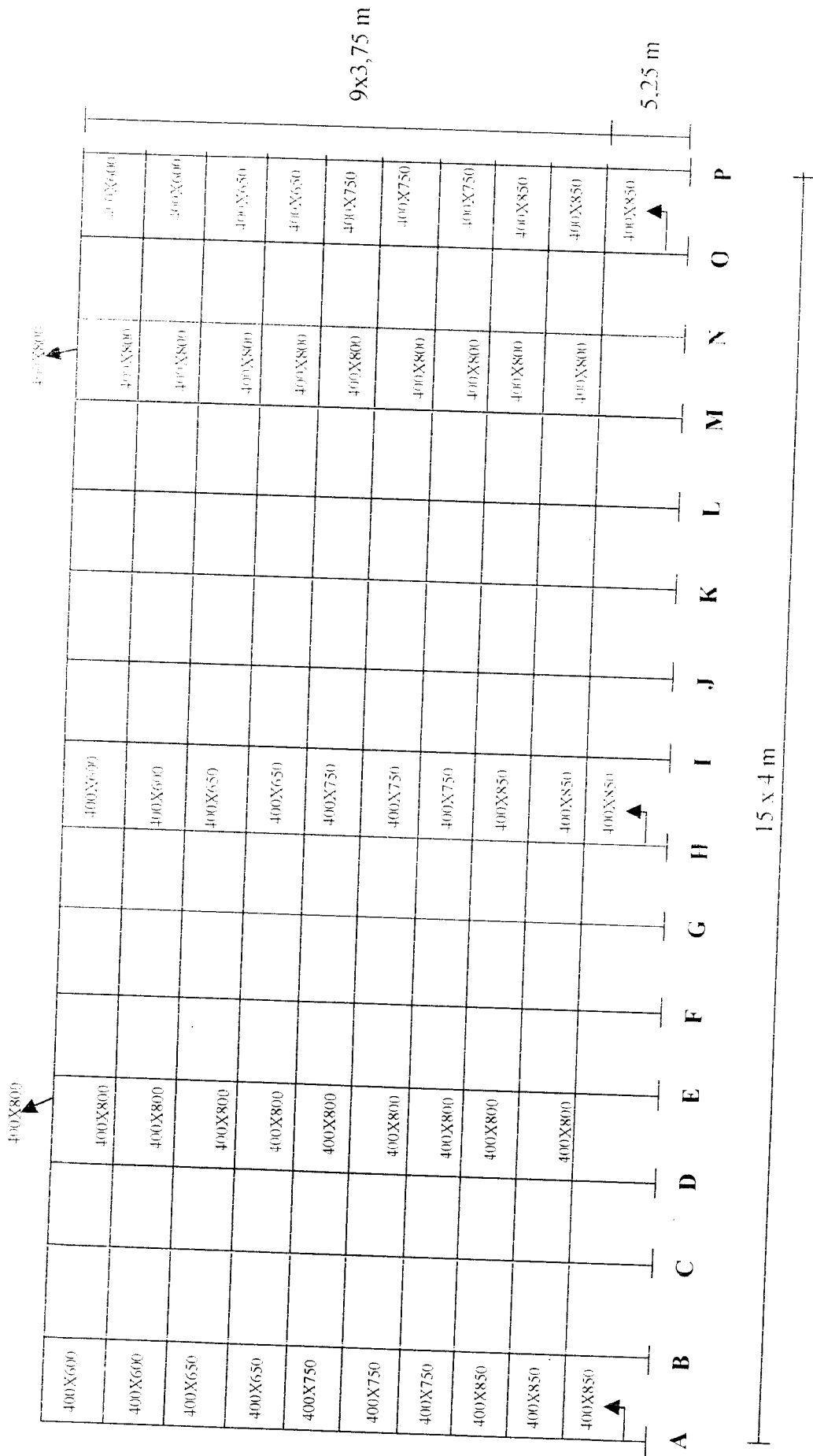
Gambar 4.7 Denah tampak melintang portal dengan *shear wall*



Gambar 4.8 Denah tampak melintang portal tanpa *shear wall*



Gambar 4.9 Denah tampak memanjang portal As 1 dan As 3



Gambar 4.10 Denah tampak memanjang portal As 2

BAB V
PERHITUNGAN DAN ANALISIS

5.1 Perhitungan Beban

5.1.1 Perhitungan Beban Atap dan Lantai

a. Beban mati lantai :	- Berat plat 12 cm = 0,12.2400	= 288 kg/m ²
	- Berat pasir 5 cm = 0,05.1600	= 80 kg/m ²
	- Berat spesi/cm tebal, 3cm = 3.21	= 63 kg/m ²
	- Berat tegel/cm tebal, 2cm = 2.24	= 48 kg/m ²
	- Berat penggantung	= 7 kg/m ²
	- Berat plafon	= 11 kg/m ²
		<hr/>
		497 kg/m ²
b. Beban mati atap :	- Berat plat 10 cm = 0,1.2400	= 240 kg/m ²
	- Berat penggantung	= 7 kg/m ²
	- Berat plafon	= 11 kg/m ²
		<hr/>
		258 kg/m ²
c. Berat tembok ½ bata	= 250 kg/m ²	
d. Beban hidup lantai	= 250 kg/m ²	
f. Beban hidup atap	= 100 kg/m ²	

g. Dimensi balok diambil 40/80

h. Dimensi kolom

Tabel 5.1 Dimensi kolom

Tingkat	Eksterior	Interior
1 - 3	40/75	40/85
4 - 6	40/65	40/75
7 - 8	40/60	40/65
9 - 10	40/50	40/60

5.2 Perhitungan Kebutuhan Dimensi Dinding Geser

5.2.1 Perhitungan Tebal Dinding Geser

Untuk menghindari terjadinya bahaya tekuk (*buckling*), perlakuan dinding geser sebagai kolom merupakan anggapan yang terbaik (T. Paulay dan R. L William 1980), maka dimensi dinding geser perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser (bw) dapat didekati dengan persamaan,

$$bw = \frac{hs}{20}$$

$$\geq 150 \text{ mm}$$

$$bw = \frac{5,25}{20} = 0,2625m = 26,25cm$$

bw diambil = 30 cm

5.2.2 Perhitungan Lebar Dinding Geser

Untuk menjamin bahwa dinding geser tetap berperilaku geser geser, menurut T. Paulay dan M.J.N. Priestly (1992), perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser dapat diambil 8.

$$hw = 3,75 \cdot 9 + 5,25 = 39 \text{ m}$$

$\frac{hw}{lw} = 8$, dari Gambar 3.5, dengan anggapan perencanaan daktilitas penuh ($\mu_n = 4$)

didapat rasio daktilitas (μ_o)=11

Menurut Winter dan Nilson (1993), gaya geser pada dinding geser seringkali mencapai keadaan kritisnya, khususnya apabila hanya dipakai tulangan yang terdistribusi secara seragam, sehingga harus diketahui batasan tebal dinding geser kritis (bc) yang nilainya didekati dengan persamaan,

$$bc = 0,017 \cdot hw \sqrt{\mu_o}$$

$$= 0,017 \cdot hw \sqrt{11}$$

$$bc = 0,057 \cdot lw$$

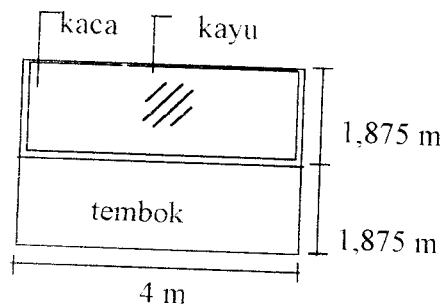
$$\frac{bc}{lw} = 0,057$$

Dari Gambar 3.6 diperoleh untuk $\frac{bc}{lw} = 0,057$ dengan $\mu_n = 4$

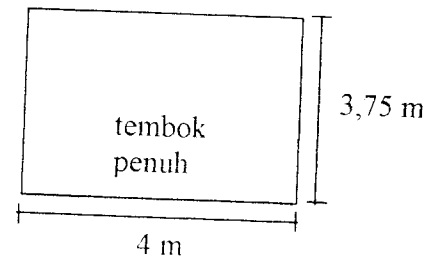
maka $\frac{hw}{lw} = 7$, $lw = \frac{39}{7} = 5,57 \text{ m}$

lw diambil 5,5 m

5.3 Konversi Berat Tembok



Gambar 5.1 Tembok dengan jendela



Gambar 5.2 Tembok penuh

a. Perhitungan gambar 5.1

$$\text{kaca} = 4 \times 1,875 \times 10 \text{ kg/m}^2 = 75 \text{ kg}$$

$$\text{kayu} = [(4 \times 2) + (1,875 \times 2)] \times 0,12 \times 0,20 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 282 \text{ kg}$$

$$\text{tembok} = 4 \times 1,875 \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1875 \text{ kg}$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 2232 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gambar 5.2

$$\text{Tembok penuh} = 4 \times 3,75 \times 250 = 3750 \text{ kg}$$

$$\text{Nilai konversi tembok} = \frac{2232 \text{ kg}}{3750 \text{ kg}} = 0,5952 \approx 0,6$$

Diambil nilai konversi berat tembok 0,6

5.4 Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekuivalen

Pada perencanaan ini perhitungan gaya gempa didasarkan pada PPTGUG 1987 dengan perhitungan sebagai berikut,

5.4.1 Struktur 16 Portal Tanpa Dinding Geser

1. Berat atap

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 258.60.18$	$= 278640$ kg
- Berat tembok	$= 468.(1,875 - 0,8).250.0,6$	$= 75465$ kg
- Berat kolom eksterior	$= 34.1,875.0,4.0,5.2400$	$= 30600$ kg
- Berat kolom interior	$= 14.1,875.0,4.0,6.2400$	$= 15120$ kg
- Berat balok	$= 468.0,4.0,8.2400$	$= 359424$ kg
		759249 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap = 100 kg/m^2
- Koefisien reduksi = 0,3
- Beban hidup = $0,3.18.60.100 = 32400 \text{ kg}$

Berat total atap = $759249 + 32400 = 791649 \text{ kg}$

2. Berat lantai 9

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497.60.18$	$= 536760$ kg
- Berat tembok	$= 468.(3,75 - 0,8).250.0,6$	$= 207090$ kg
- Berat kolom eksterior	$= 34.3,75.0,4.0,5.2400$	$= 30600$ kg
- Berat kolom interior	$= 14.3,75.0,4.0,6.2400$	$= 30240$ kg

- Berat balok	$= 468.0,4.0,8.2400$	$= 359424 \text{ kg}$
		<hr/>
		1194714 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai $= 250 \text{ kg/m}^2$

- Beban hidup $= 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$

Berat total lantai 9 $= 1194714 + 81000 = 1275714 \text{ kg}$

3. Berat lantai 8 = Berat lantai 7

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497.60.18$	$= 536760 \text{ kg}$
---------------	---------------	-----------------------

- Berat tembok	$= 468.(3,75 - 0,8).250.0,6$	$= 207090 \text{ kg}$
----------------	------------------------------	-----------------------

- Berat kolom eksterior	$= 34.3,75.0,4.0,6.2400$	$= 73440 \text{ kg}$
-------------------------	--------------------------	----------------------

- Berat kolom interior	$= 14.3,75.0,4.0,65.2400$	$= 32760 \text{ kg}$
------------------------	---------------------------	----------------------

- Berat balok	$= 468.0,4.0,8.2400$	$= 359424 \text{ kg}$
---------------	----------------------	-----------------------

		<hr/>
		1209474 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai $= 250 \text{ kg/m}^2$

- Beban hidup $= 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$

Berat total lantai $= 1209474 + 81000 = 1290474 \text{ kg}$

4. Berat lantai 6 = Berat lantai 5 = Berat lantai 4

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.60.18	= 536760 kg
- Berat tembok	= 468. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 207090 kg
- Berat kolom eksterior	= 34.3,75.0,4.0,65.2400	79560 kg
- Berat kolom interior	= 14. 3,75.0,4.0,75.2400	= 37800 kg
- Berat balok	=468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		1220634 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1220634 + 81000 = 1301634 \text{ kg}$$

5. Berat lantai 3 – Berat lantai 2

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.60.18	= 536760 kg
- Berat tembok	= 468. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 207090 kg
- Berat kolom eksterior	= 34.3,75.0,4.0,75.2400	= 91800 kg
- Berat kolom interior	= 14. 3,75.0,4.0,85.2400	= 42840 kg
- Berat balok	=468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		1237914 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1237914 + 81000 = 1318914 \text{ kg}$$

6. Berat lantai I

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.60.18	= 536760 kg
- Berat tembok	= 468. (4,5 – 0,8).250.0,6	= 259740 kg
- Berat kolom eksterior	= 34.4,5.0,4.0,75.2400	= 110160 kg
- Berat kolom interior	= 14. 4,5.0,4.0,85.2400	= 51408 kg
- Berat balok	= 468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		1317492 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1317492 + 81000 = 1398492 \text{ kg}$$

7. Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen

$$T = 0,06 \cdot H^{3/4} = 0,06 \cdot (39)^{3/4} = 0,9364$$

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 0,9364 \text{ dt}$$

$$C = 0,07$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W)= 12589533 kg

$$V = C.I.K.W$$

$$= 0,07.1.1. 12589533 \text{ kg} = 881267,31 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.2 Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal tanpa dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	791649	30874311	101749,6103	33916,53	6359,350642
9	35,25	1275714	44968918,5	148199,9042	49399,96	9262,494011
8	31,5	1290474	40649931	133966,2167	44655,40	8372,888541
7	27,75	1290474	35810653,5	118017,8575	39339,28	7376,116096
6	24	1301634	31239216	102952,1939	34317,39	6434,51212
5	20,25	1301634	26358088,5	86865,91362	28955,30	5429,119601
4	16,5	1301634	21476961	70779,63332	23593,21	4423,727082
3	12,75	1318914	16816153,5	55419,44126	18473,14	3463,715079
2	9	1318914	11870226	39119,60559	13039,86	2444,97535
1	5,25	1398492	7342083	24196,62365	8065,541	1512,288978
		12589533	267406542	881267	293755,6	55079,1875

5.4.2 Struktur 15 Portal Tanpa Dinding Geser

1. Berat atap

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat $258.56. 18 = 260064 \text{ kg}$
- Berat tembok $= 438. (1,875 - 0,8).250.0,6 = 70627,5 \text{ kg}$
- Berat kolom eksterior $= 32.1,875.0,4.0,5.2400 = 28800 \text{ kg}$

- Berat kolom interior	$= 13.1,875.0,4.0,6.2400$	14040 kg
- Berat balok	$= 438.0,4.0,8.2400$	336384 kg
		<hr/>
		709915,5 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap = 100 kg/m^2

- Koefisien reduksi = 0,3

- Beban hidup = $0,3.18.56.100 = 302240 \text{ kg}$

Berat total atap = $709915,5 + 302240 = 740155,5 \text{ kg}$

2. Berat lantai 9

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497.56.18$	500976 kg
- Berat tembok	$= 438. (3,75 - 0,8).250.0,6$	= 193815 kg
- Berat kolom eksterior	$= 32.3,75.0,4.0,5.2400$	= 57600 kg
- Berat kolom interior	$= 13. 3,75.0,4.0,6.2400$	= 28080 kg
- Berat balok	$= 438.0,4.0,8.2400$	= 336384 kg
		<hr/>
		1116855 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg/m^2

- Beban hidup = $0,3.18.56.250 = 75600 \text{ kg}$

Berat total lantai 9 = $1116855 + 75600 = 1192455 \text{ kg}$

3. Berat lantai 8 = Berat lantai 7

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.56.18	= 500976 kg
- Berat tembok	= 438. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 193815 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.3,75.0,4.0,6.2400	= 69120 kg
- Berat kolom interior	= 13. 3,75.0,4.0,65.2400	= 30420 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1130715 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg/m²

- Beban hidup = 0,3.18.56.250 = 75600 kg

Berat total lantai = 1130715 + 75600 = 1206315 kg

4. Berat lantai 6 = Berat lantai 5 = Berat lantai 4

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.56.18	= 500976 kg
- Berat tembok	= 48. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 193815 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.3,75.0,4.0,65.2400	= 74880 kg
- Berat kolom interior	= 13. 3,75.0,4.0,75.2400	= 35100 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1141155 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup = 0,3.18.56.250 = 75600 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3 \cdot 18 \cdot 56 \cdot 250 = 75600 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1157355 + 75600 = 1307466 \text{ kg}$$

7. Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen

$$T = 0,06 \cdot H^{3/4} = 0,06 \cdot (39)^{3/4} = 0,9364$$

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 0,9364 \text{ dt}$$

$$C = 0,07$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W) = 11617681,5 kg

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W$$

$$= 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 11617681,5 \text{ kg} = 813237,7 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m}, B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} \cdot V$$

Tabel 5.3 Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal tanpa dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	740155.5	28866064.5	95623.48135	31874.4938	5976.46758
9	35.25	1192455	42034038.75	139244.5139	46414.838	8702.78212
8	31.5	1130715	35617522.5	117988.7719	39329.5906	7374.29824
7	27.75	1130715	31377341.25	103942.4895	34647.4965	6496.40559
6	24	1216755	29202120	96736.71925	32245.5731	6046.04495
5	20.25	1216755	24639288.75	81621.60686	27207.2023	5101.35043
4	16.5	1216755	20076457.5	66506.49448	22168.8315	4156.65591
3	12.75	1232955	15720176.25	52075.61219	17358.5374	3254.72576
2	9	1232955	11096595	36759.25567	12253.0852	2297.45348
1	5.25	1307466	6864196.5	22738.75491	7579.58497	1421.17218
		11617681.5	245493801	813237.7	271079.233	50827.3563

5.4.3 Struktur 16 Portal Dengan 2 Dinding Geser

1. Berat atap

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 258.60. 18	= 278640 kg
- Berat tembok	= 468. (1,875 – 0,8).250.0,6	= 75465 kg
- Berat shear wall	= 2.5,5.1,875.0,3.2400	= 14850 kg
- Berat kolom eksterior	= 34.1,875.0,4.0,5.2400	= 30600 kg
- Berat kolom interior	= 14.1,875.0,4.0,6.2400	= 15120 kg
- Berat balok	= 468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		774099 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap = 100 kg/m²

- Koefisien reduksi = 0,3

- Beban hidup = $0,3 \cdot 18 \cdot 60 \cdot 100 = 32400$ kg

Berat total atap = $774099 + 32400 = 806499$ kg

2. Berat lantai 9

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= $497 \cdot 60 \cdot 18$	= 536760 kg
- Berat tembok	= $468 \cdot (3,75 - 0,8) \cdot 250 \cdot 0,6$	= 207090 kg
- Berat shear wall	= $2,5 \cdot 5,3 \cdot 75 \cdot 0,3 \cdot 2400$	= 29700 kg
- Berat kolom eksterior	= $34 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400$	= 30600 kg
- Berat kolom interior	= $14 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400$	= 30240 kg
- Berat balok	= $468 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400$	= 359424 kg
		<hr/>
		1224414 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg/m^2

- Beban hidup = $0,3 \cdot 18 \cdot 60 \cdot 250 = 81000$ kg

Berat total lantai 9 = $1224414 + 81000 = 1305414$ kg

3. Berat lantai 8 = Berat lantai 7

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= $497 \cdot 60 \cdot 18$	= 536760 kg
- Berat tembok	= $468 \cdot (3,75 - 0,8) \cdot 250 \cdot 0,6$	= 207090 kg
- Berat shear wall	= $2,5 \cdot 5,3 \cdot 75 \cdot 0,3 \cdot 2400$	= 29700 kg

- Berat kolom eksterior	$34.3,75.0,4.0,6.2400$	73440 kg
- Berat kolom interior	$= 14. 3,75.0,4.0,65.2400$	$= 32760$ kg
- Berat balok	$=468.0,4.0,8.2400$	$= 359424$ kg
		<hr/>
		1239174 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg/m^2

- Beban hidup = $0,3.18.60.250 = 81000$ kg

Berat total lantai = $1239174 + 81000 = 1320174$ kg

4. Berat lantai 6 = Berat lantai 5 = Berat lantai 4

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497.60. 18$	536760 kg
- Berat tembok	$= 468. (3,75 - 0,8).250.0,6$	$= 207090$ kg
- Berat shear wall	$= 2.5,5.3,75.0,3.2400$	$= 29700$ kg
- Berat kolom eksterior	$= 34.3,75.0,4.0,65.2400$	$= 79560$ kg
- Berat kolom interior	$= 14. 3,75.0,4.0,75.2400$	$= 37800$ kg
- Berat balok	$=468.0,4.0,8.2400$	$= 359424$ kg
		<hr/>
		1250334 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup = $0,3.18.60.250 = 81000$ kg

Berat total lantai = $1250334 + 81000 = 1331334$ kg

5. Berat lantai 3 = Berat lantai 2

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.60. 18	= 536760 kg
- Berat tembok	= 468. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 207090 kg
- Berat shear wall	= 2.5,5.3,75.0,3.2400	= 29700 kg
- Berat kolom eksterior	= 34.3,75.0,4.0,75.2400	= 91800 kg
- Berat kolom interior	= 14. 3,75.0,4.0,85.2400	= 42840 kg
- Berat balok	=468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		1267614 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1267614 + 81000 = 1348614 \text{ kg}$$

6. Berat lantai 1

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.60. 18	= 536760 kg
- Berat tembok	= 468. (4,5 – 0,8).250.0,6	= 259740 kg
- Berat shear wall	= 2.5,5.4,5.0,3.2400	= 35640 kg
- Berat kolom eksterior	= 34.4,5.0,4.0,75.2400	= 110160 kg
- Berat kolom interior	= 14. 4,5.0,4.0,85.2400	= 51408 kg
- Berat balok	=468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		1353132 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3 \cdot 18 \cdot 60 \cdot 250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1353132 + 81000 = 1434132 \text{ kg}$$

7. Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen

$$T = \frac{0,09 \cdot Hn}{\sqrt{B}} = \frac{0,09 \cdot 39}{\sqrt{18}} = 0,827dt$$

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 0,827dt$$

$$C = 0,07$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W)= 12877623 kg

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W$$

$$= 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12877623 \text{ kg} = 901433,61 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} \cdot V$$

Tabel 5.4 Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 2 dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	806499	31453461	103694.6853	34564.8951	6480.91783
0	35.25	1305414	46015843.5	151703.4456	50567.8152	9481.46535
8	31.5	1320174	41585481	137097.5793	45699.1931	8568.59871
7	27.75	1320174	36634828.5	120776.4389	40258.813	7548.52743
6	24	1331334	31952016	105338.3042	35112.7681	6583.64401
5	20.25	1331334	26959513.5	88879.19418	29626.3981	5554.94964
4	16.5	1331334	21967011	72420.08415	24140.028	4526.25526
3	12.75	1348614	17194828.5	56687.31749	18895.7725	3542.95734
2	9	1348614	12137526	40014.57705	13338.1924	2500.91107
1	5.25	1434132	7529193	24821.98377	8273.99459	1551.37399
		12877623	273429702	901433.61	300477.87	56339.6006

5.4.4 Struktur 15 Portal Dengan 3 Dinding Geser

1. Berat atap :

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 258.56.18	= 260064 kg
- Berat tembok	= 438. (1,875 - 0,8).250.0,6	= 70627,5 kg
- Berat shear wall	= 3,5.5.1,875.0,3.2400	= 22275 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.1,875.0,4.0,5.2400	= 28800 kg
- Berat kolom interior	= 13.1,875.0,4.0,6.2400	= 14040 kg
- Berat balok	= 438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		732190,5 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap = 100 kg/m²
- Koeffisien reduksi = 0,3

$$\text{- Beban hidup} = 0,3 \cdot 18 \cdot 56 \cdot 100 = 302240 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total atap} = 732190,5 + 302240 = 762430,5 \text{ kg}$$

2. Berat lantai 9

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497 \cdot 56 \cdot 18$	$= 500976 \text{ kg}$
- Berat shear wall	$= 3,5 \cdot 5,3 \cdot 75 \cdot 0,3 \cdot 2400$	$= 44550 \text{ kg}$
- Berat tembok	$= 438 \cdot (3,75 - 0,8) \cdot 250 \cdot 0,6$	$= 193815 \text{ kg}$
- Berat kolom eksterior	$= 32 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400$	$= 57600 \text{ kg}$
- Berat kolom interior	$= 13 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400$	$= 28080 \text{ kg}$
- Berat balok	$= 438 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400$	$= 336384 \text{ kg}$
		1161405 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Beban hidup} = 0,3 \cdot 18 \cdot 56 \cdot 250 = 75600 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai 9} = 1161405 + 75600 = 1237005 \text{ kg}$$

3. Berat lantai 8 = Berat lantai 7

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497 \cdot 56 \cdot 18$	$= 500976 \text{ kg}$
- Berat shear wall	$= 3,5 \cdot 5,3 \cdot 75 \cdot 0,3 \cdot 2400$	$= 44550 \text{ kg}$
- Berat tembok	$= 438 \cdot (3,75 - 0,8) \cdot 250 \cdot 0,6$	$= 193815 \text{ kg}$
- Berat kolom eksterior	$= 32 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400$	$= 69120 \text{ kg}$

- Berat kolom interior	= 13. 3,75.0,4.0,65.2400	= 30420 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1175265 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg/m²

- Beban hidup = 0,3.18.56.250 = 75600 kg

Berat total lantai = 1175265 + 75600 = 1250865 kg

4. Berat lantai 6 = Berat lantai 5 = Berat lantai 4

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.56. 18	= 500976 kg
- Berat shear wall	= 3.5,5.3,75.0,3.2400	= 44550 kg
- Berat tembok	= 48. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 193815 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.3,75.0,4.0,65.2400	= 74880 kg
- Berat kolom interior	= 13. 3,75.0,4.0,75.2400	= 35100 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1185705 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup = 0,3.18.56.250 = 75600 kg

Berat total lantai = 1185705 + 75600 = 1261305 kg

5. Berat lantai 3 = Berat lantai 2

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= $497.56.18$	= 500976 kg
- Berat shear wall	= $3.5,5.3,75.0,3.2400$	= 44550 kg
- Berat tembok	= $438.(3,75 - 0,8).250.0,6$	= 193815 kg
- Berat kolom eksterior	= $32.3,75.0,4.0,75.2400$	= 86400 kg
- Berat kolom interior	= $13.3,75.0,4.0,85.2400$	= 39780 kg
- Berat balok	= $438.0,4.0,8.2400$	= 336384 kg
		<hr/>
		1201905 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup = $0,3.18.56.250 = 75600$ kg

Berat total lantai = $1201905 + 75600 = 1277505$ kg

6. Berat lantai I

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= $497.56.18$	= 500976 kg
- Berat shear wall	= $3.5,5.4,5.0,3.2400$	= 53460 kg
- Berat tembok	= $438.(4,5 - 0,8).250.0,6$	= 243090 kg
- Berat kolom eksterior	= $32.4,5.0,4.0,75.2400$	= 103680 kg
- Berat kolom interior	= $13.4,5.0,4.0,85.2400$	= 43736 kg
- Berat balok	= $438.0,4.0,8.2400$	= 336384 kg
		<hr/>
		1285326 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup = $0,3.18.56.250 = 75600$ kg

Berat total lantai = 1285326 + 75600 – 1360926 kg

7. Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen

$$T = \frac{0,09.Hn}{\sqrt{B}} = \frac{0,09.39}{\sqrt{18}} = 0,827 dt$$

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 0,827 dt$$

$$C = 0,07$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W)= 12201016,5 kg

$$V = C.I.K.W$$

$$= 0,07.1.1. 12201016,5 \text{ kg} = 854071,155 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.5 Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 3 dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	762430,5	29734789,5	98049,64172	32683,2139	6128,10261
9	35,25	1237005	43604426,25	143784,3833	47928,1278	8986,52396
8	31,5	1250865	39402247,5	129927,8157	43309,2719	8120,48848
7	27,75	1250865	34711503,75	114460,2186	38153,4062	7153,76366
6	24	1261305	30271320	99818,83612	33272,9454	6238,67726
5	20,25	1261305	25541426,25	84222,14298	28074,0477	5263,88394
4	16,5	1261305	20811532,5	68625,44984	22875,1499	4289,09061
3	12,75	1277505	16288188,75	53709,84957	17903,2832	3356,8656
2	9	1277505	11497545	37912,83499	12637,6117	2369,55219
1	5,25	1360926	7144861,5	23559,98216	7853,32739	1472,49889
		12201016,5	259007841	854071,155	284690,385	53379,4472

5.4.5 Struktur 16 Portal Dengan 4 Dinding Geser

1. Berat atap

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$258.60.18$	278640 kg
- Berat tembok	$= 468. (1,875 - 0,8).250.0,6$	75465 kg
- Berat shear wall	$= 4.5.5.1,875.0,3.2400$	29700 kg
- Berat kolom eksterior	$= 34.1,875.0,4.0,5.2400$	$= 30600$ kg
- Berat kolom interior	$= 14.1,875.0,4.0,6.2400$	$= 15120$ kg
- Berat balok	$= 468.0,4.0,8.2400$	$= 359424$ kg
		788949 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap = 100 kg/m^2
- Koefisien reduksi = $0,3$

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.100 = 32400 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total atap} = 788949 + 32\ 400 = 821349 \text{ kg}$$

2. Berat lantai 9

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497.60.18$	$= 536760 \text{ kg}$
- Berat tembok	$= 468.(3,75 - 0,8).250.0,6$	$= 207090 \text{ kg}$
- Berat shear wall	$= 4.5.5.3,75.0,3.2400$	$= 59400 \text{ kg}$
- Berat kolom eksterior	$= 34.3,75.0,4.0,5.2400$	$= 30600 \text{ kg}$
- Berat kolom interior	$= 14.3,75.0,4.0,6.2400$	$= 30240 \text{ kg}$
- Berat balok	$= 468.0,4.0,8.2400$	$= 359424 \text{ kg}$
		<hr/>
		1254114 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai 9} = 1254114 + 81000 = 1335114 \text{ kg}$$

3. Berat lantai 8 = Berat lantai 7

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497.60.18$	$= 536760 \text{ kg}$
- Berat tembok	$= 468.(3,75 - 0,8).250.0,6$	$= 207090 \text{ kg}$
- Berat shear wall	$= 4.5.5.3,75.0,3.2400$	$= 59400 \text{ kg}$
- Berat kolom eksterior	$= 34.3,75.0,4.0,6.2400$	$= 73440 \text{ kg}$

- Berat kolom interior	= 14. 3,75.0,4.0,65.2400	= 32760 kg
- Berat balok	=468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		1268874 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg/m²

- Beban hidup = 0,3.18.60.250 = 81000 kg

Berat total lantai = 1268874 + 81000 = 1349874 kg

4. Berat lantai 6 = Berat lantai 5 = Berat lantai 4

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.60. 18	= 536760 kg
- Berat tembok	= 468. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 207090 kg
- Berat shear wall	= 4.5,5.3,75.0,3.2400	= 59400 kg
- Berat kolom eksterior	= 34.3,75.0,4.0,65.2400	= 79560 kg
- Berat kolom interior	= 14. 3,75.0,4.0,75.2400	= 37800 kg
- Berat balok	=468.0,4.0,8.2400	= 359424 kg
		<hr/>
		1280034 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup = 0,3.18.60.250 = 81000 kg

Berat total lantai = 1280034 + 81000 = 1361034 kg

5. Berat lantai 3 = Berat lantai 2

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497.60.18$	$= 536760$ kg
- Berat tembok	$= 468. (3,75 - 0,8).250.0,6$	$= 207090$ kg
- Berat shear wall	$= 4.5.5.3,75.0,3.2400$	$= 59400$ kg
- Berat kolom eksterior	$= 34.3,75.0,4.0,75.2400$	$= 91800$ kg
- Berat kolom interior	$= 14. 3,75.0,4.0,85.2400$	$= 42840$ kg
- Berat balok	$= 468.0,4.0,8.2400$	$= 359424$ kg
		<hr/>
		1297314 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1297314 + 81000 = 1378314 \text{ kg}$$

6. Berat lantai 1

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$497.60.18$	536760 kg
- Berat tembok	$= 468. (4,5 - 0,8).250.0,6$	$= 259740$ kg
- Berat shear wall	$= 4.5.5.4,5.0,3.2400$	$= 71280$ kg
- Berat kolom eksterior	$= 34.4,5.0,4.0,75.2400$	$= 110160$ kg
- Berat kolom interior	$= 14. 4,5.0,4.0,85.2400$	$= 51408$ kg
- Berat balok	$= 468.0,4.0,8.2400$	$= 359424$ kg
		<hr/>
		1388772 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.60.250 = 81000 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1388772 + 81000 = 1496772 \text{ kg}$$

7. Perhitungan gaya gempa statik ekivalen

$$T = \frac{0,09.Hn}{\sqrt{B}} = \frac{0,09.39}{\sqrt{18}} = 0,827 \text{ dt}$$

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 0,827 \text{ dt}$$

$$C = 0,07$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W)= 13165713 kg

$$V = C.I.K.W$$

$$= 0,07.1.1. 13165713 \text{ kg} = 921599,91 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.6 Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	821349	32032611	105639.4671	35213.1557	6602.46669
9	35.25	1335114	47062768.5	155207.0102	51735.6701	9700.43814
8	31.5	1349874	42521031	140228.939	46742.9797	8764.30869
7	27.75	1349874	37459003.5	123535.0177	41178.3392	7720.93861
6	24	1361034	32664816	107724.3986	35908.1329	6732.77491
5	20.25	1361034	27560938.5	90892.46129	30297.4871	5680.77883
4	16.5	1361034	22457061	74060.52401	24686.8413	4628.78275
3	12.75	1378314	17573503.5	57955.17401	19318.3913	3622.19838
2	9	1378314	12404826	40909.53459	13636.5115	2556.84591
1	5.25	1469772	7716303	25447.3835	8482.46117	1590.46147
		13165713	279452862	921599.91	307199.97	57599.9944

5.4.6 Struktur 15 Portal Dengan 5 Dinding Geser

1. Berat atap :

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 258.56. 18	= 260064 kg
- Berat tembok	= 438. (1,875 – 0,8).250.0,6	= 70627,5 kg
- Berat shear wall	= 5.5,5.1,875.0,3.2400	= 37125 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.1,875.0,4.0,5.2400	= 28800 kg
- Berat kolom interior	= 13.1,875.0,4.0,6.2400	= 14040 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		747040,5 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup atap = 100 kg/m²
- Koeffisien reduksi = 0,3

$$\text{- Beban hidup} = 0,3 \cdot 18 \cdot 56 \cdot 100 = 302240 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total atap} = 747040,5 + 302240 = 777280,5 \text{ kg}$$

2. Berat lantai 9

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497,56 \cdot 18$	$= 500976 \text{ kg}$
- Berat shear wall	$= 5,5 \cdot 5,3 \cdot 75 \cdot 0,3 \cdot 2400$	$= 74250 \text{ kg}$
- Berat tembok	$= 438 \cdot (3,75 - 0,8) \cdot 250 \cdot 0,6$	$= 193815 \text{ kg}$
- Berat kolom eksterior	$= 32 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 2400$	$= 57600 \text{ kg}$
- Berat kolom interior	$= 13 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400$	$= 28080 \text{ kg}$
- Berat balok	$= 438 \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400$	$= 336384 \text{ kg}$
		1191105 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup lantai} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Beban hidup} = 0,3 \cdot 18 \cdot 56 \cdot 250 = 75600 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai 9} = 1191105 + 75600 = 1266705 \text{ kg}$$

3. Berat lantai 8 = Berat lantai 7

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	$= 497,56 \cdot 18$	$= 500976 \text{ kg}$
- Berat shear wall	$= 5,5 \cdot 5,3 \cdot 75 \cdot 0,3 \cdot 2400$	$= 74250 \text{ kg}$
- Berat tembok	$= 438 \cdot (3,75 - 0,8) \cdot 250 \cdot 0,6$	$= 193815 \text{ kg}$
- Berat kolom eksterior	$= 32 \cdot 3,75 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400$	$= 69120 \text{ kg}$

- Berat kolom interior	= 13. 3,75.0,4.0,65.2400	= 30420 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1204965 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup lantai = 250 kg/m²

- Beban hidup = 0,3.18.56.250 = 75600 kg

Berat total lantai = 1204965 + 75600 = 1280565 kg

4. Berat lantai 6 = Berat lantai 5 = Berat lantai 4

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.56. 18	= 500976 kg
- Berat shear wall	= 5.5.5.3,75.0,3.2400	= 74250 kg
- Berat tembok	= 48. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 193815 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.3,75.0,4.0,65.2400	= 74880 kg
- Berat kolom interior	= 13. 3,75.0,4.0,75.2400	= 35100 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1215405 kg

b. Beban hidup

- Beban hidup = 0,3.18.56.250 = 75600 kg

Berat total lantai = 1215405 + 75600 = 1291005 kg

5. Berat lantai 3 = Berat lantai 2

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	= 497.56. 18	= 500976 kg
- Berat shear wall	= 5.5,5.3,75.0,3.2400	= 74250 kg
- Berat tembok	= 438. (3,75 – 0,8).250.0,6	= 193815 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.3,75.0,4.0,75.2400	= 86400 kg
- Berat kolom interior	= 13. 3,75.0,4.0,85.2400	= 39780 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1231605 kg

b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.56.250 = 75600 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total lantai} = 1231605 + 75600 = 1307205 \text{ kg}$$

6. Berat lantai 1

a. Beban tetap (mati)

- Berat pelat	497.56. 18	= 500976 kg
- Berat shear wall	= 5.5,5.4,5.0,3.2400	= 89100 kg
- Berat tembok	= 438. (4,5 – 0,8).250.0,6	= 243090 kg
- Berat kolom eksterior	= 32.4,5.0,4.0,75.2400	= 103680 kg
- Berat kolom interior	= 13. 4,5.0,4.0,85.2400	= 43736 kg
- Berat balok	=438.0,4.0,8.2400	= 336384 kg
		<hr/>
		1320966 kg

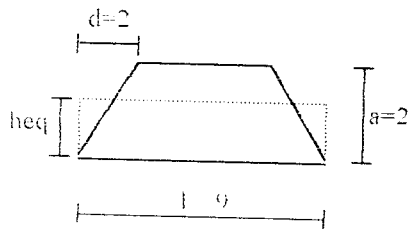
b. Beban hidup

$$\text{- Beban hidup} = 0,3.18.56.250 = 75600 \text{ kg}$$

Tabel 5.7 Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

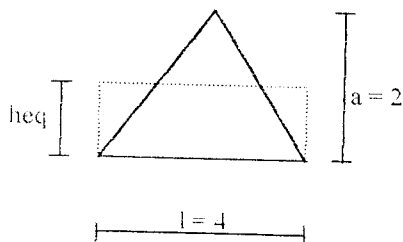
lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	F _i (kg)	Fix=1/3*F _i (kg)	Fiy=1/16*F _i (kg)
Atap	39	777280.5	30313939.5	99994.26942	33331.4231	6249.64184
9	35.25	1266705	44651351.25	147287.991	49095.997	9205.49943
8	31.5	1280565	40337797.5	133059.2017	44353.0672	8316.20011
7	27.75	1280565	35535678.75	117218.8206	39072.9402	7326.17629
6	24	1291005	30984120	102204.9425	34068.3142	6387.80891
5	20.25	1291005	26142851.25	86235.42022	28745.1401	5389.71376
4	16.5	1291005	21301582.5	70265.89796	23421.966	4391.61862
3	12.75	1307205	16666863.75	54977.70635	18325.9021	3436.10665
2	9	1307205	11764845	38807.79272	12935.9309	2425.48705
1	5.25	1396566	7331971.5	24185.41257	8061.80419	1511.58829
		12489106.5	265031001	874237.455	291412.485	54639.8409

5.5 Perhitungan Beban Pada Portal



$$\begin{aligned}
 \text{heq} &= \frac{8}{l^2} \left(\frac{1}{8} a l^2 - \frac{1}{6} a d^2 \right) \\
 &= \frac{8}{9^2} \left(\frac{1}{8} \cdot 2 \cdot 9^2 - \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 2^2 \right)
 \end{aligned}$$

$$= 1,87 \text{ m}$$



$$\text{heq} = 2/3 \cdot a$$

$$= 2/3 \cdot 2$$

$$= 1,33 \text{ m}$$

Untuk perhitungan beban pada portal, disini hanya ditampilkan pembebanan pada portal dengan bentang 15 bentang. Untuk portal dengan 14 bentang, secara umum sama, perbedaannya hanya pada jumlah portalnya (terdiri dari portal

A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O) dan panjang bentangnya (14 x 4 m) dengan portal O sebagai portal luar (eksterior).

5.5.1 Portal A dan P

Portal A dan P

- Beban mati atap = Berat pelat atap = $1,87.258 = 482,46 \text{ kg/m}$
- Beban hidup atap = $1,87.100.0,75 = 140,25 \text{ kg/m}$
- Beban mati lantai = Berat pelat lantai = $1,87.497 = 929,4 \text{ kg/m}$
- Berat tembok = $3,75.0,6.250 = 562,5 \text{ kg/m}$
-
- $1491,9 \text{ kg/m}$
- Beban hidup lantai = $1,87.250.0,75 = 318,75 \text{ kg/m}$

5.5.2 Portal B sampai N

- Beban mati atap = Berat pelat atap = $2.1,87.258 = 964,92 \text{ kg/m}$
- Beban hidup atap = $2.1,87.100.0,75 = 280,5 \text{ kg/m}$
- Beban mati lantai = Berat pelat lantai = $2.1,87.497 = 1858,87 \text{ kg/m}$
- berat tembok = $3,75.0,6.250 = 562,5 \text{ kg/m}$
-
- $2421,28 \text{ kg/m}$
- Beban hidup lantai = $2.1,87.250.0,75 = 701,25 \text{ kg/m}$

5.5.3 Portal 1 DAN 3

- Beban mati atap = Berat pelat atap = $1,33.258 = 343,14 \text{ kg/m}$
- Beban hidup atap = $1,33.100.0,75 = 99,75 \text{ kg/m}$
- Beban mati lantai = Berat pelat lantai = $1,33.497 = 661 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned} \text{Berat tembok} &= 3,75 \cdot 0,6 \cdot 250 = 562,5 \text{ kg/m} \\ &\underline{\hspace{10em}} \\ &1223,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{- Beban hidup lantai} = 1,33 \cdot 250 \cdot 0,75 = 249,38 \text{ kg/m}$$

5.5.4 Portal 2

$$\text{- Beban mati atap} = \text{Berat pelat atap} = 2 \cdot 1,33 \cdot 258 = 686,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Beban hidup atap} = 2 \cdot 1,33 \cdot 100 \cdot 0,75 = 199,5 \text{ kg/m}$$

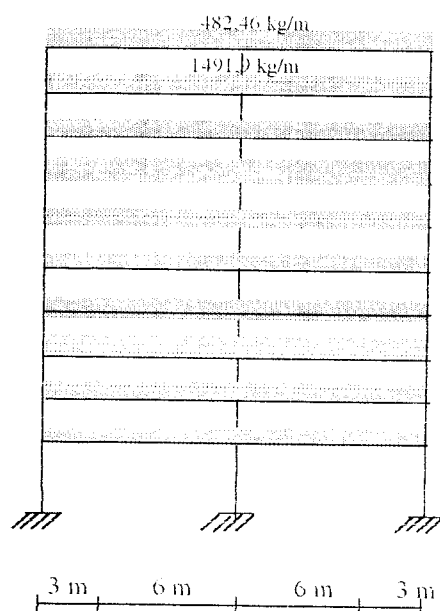
$$\text{- Beban mati lantai} = \text{Berat pelat lantai} = 2 \cdot 1,33 \cdot 497 = 1322 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tembok} &= 3,75 \cdot 0,6 \cdot 250 = 562,5 \text{ kg/m} \\ &\underline{\hspace{10em}} \\ &1884,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

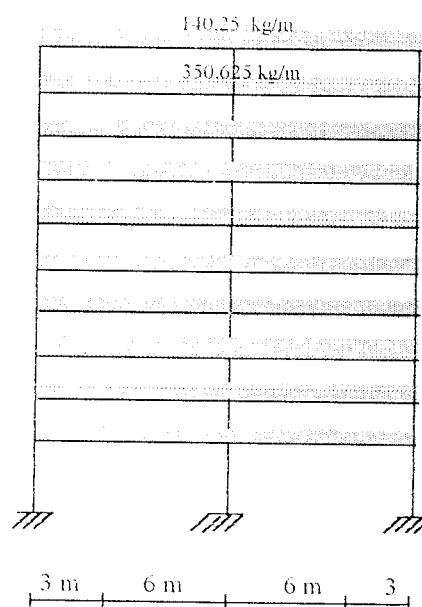
$$\text{- Beban hidup lantai} = 2 \cdot 1,33 \cdot 250 \cdot 0,75 = 498,75 \text{ kg/m}$$

5.6 Gambar Pembebanan Pada Struktur

5.6.1 Portal A dan P

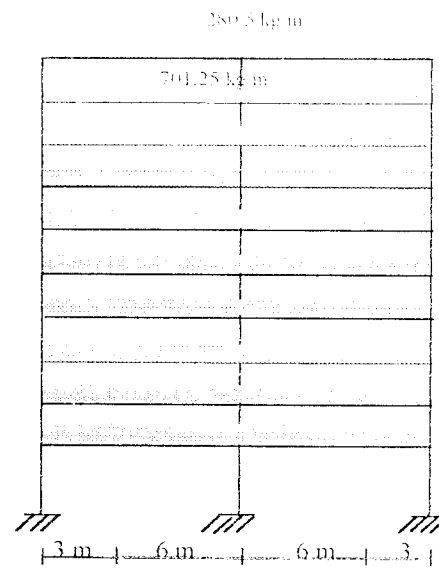
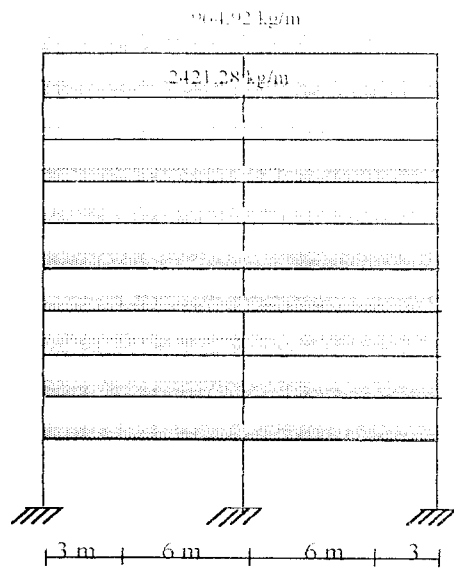


Gambar 5.3 Beban mati portal A dan P



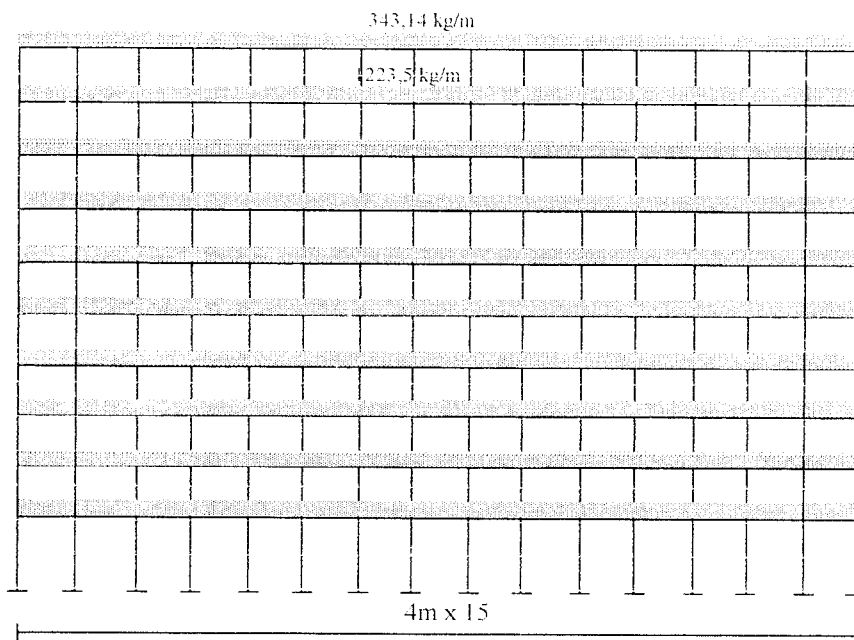
Gambar 5.4 Beban hidup portal A dan P

5.6.2 Portal B sampai N

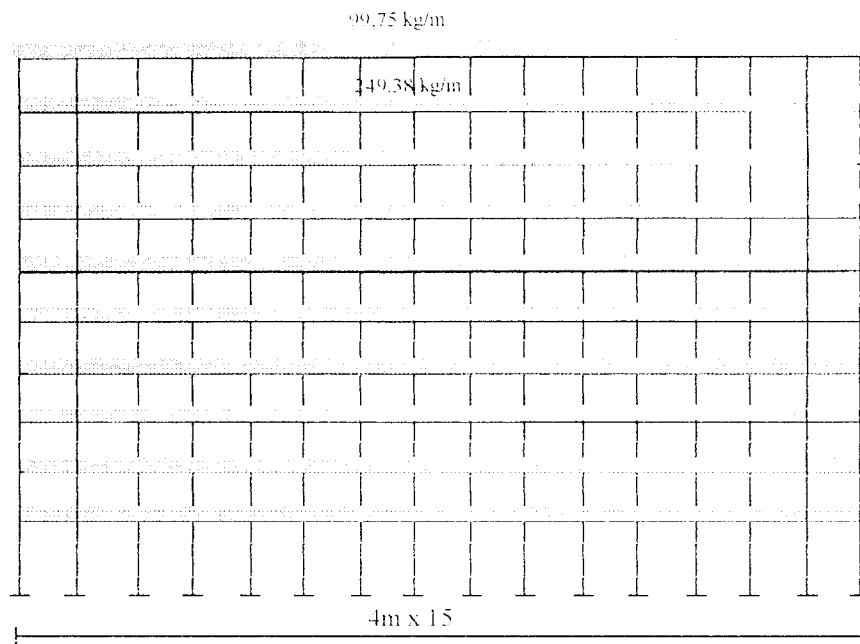


Gambar 5.5 Beban mati portal B sampai N **Gambar 5.6** Beban hidup portal B sampai N

5.6.3 Portal 1 dan 3

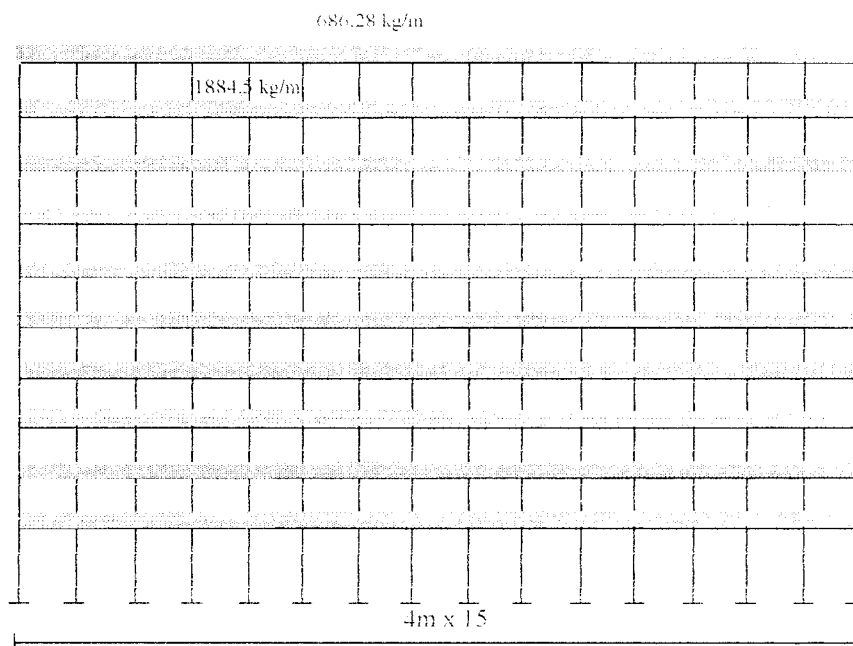


Gambar 5.7 Beban mati portal 1 dan 3

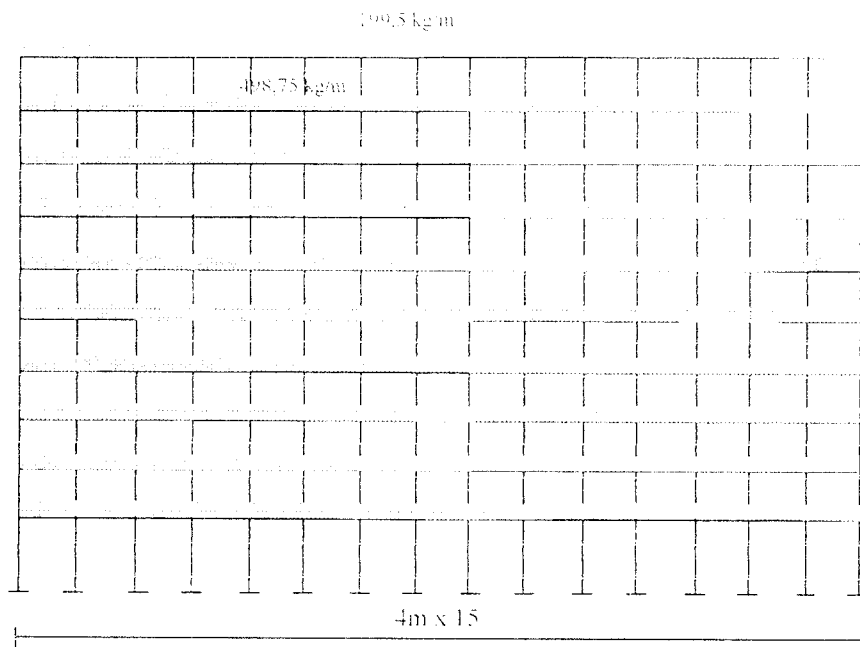


Gambar 5.8 Beban hidup portal 1 dan 3

5.6.4 Portal 2



Gambar 5.9 Beban mati portal 2



Gambar 5.10 Beban hidup portal 2

5.7 Simpangan Horisontal Struktur

Berdasarkan kombinasi gaya-gaya gempa dan beban gravitasi yang terjadi, dengan menggunakan program komputer SAP 90 dapat diketahui simpangan horisontal struktur yang terjadi dari masing-masing variasi jumlah dinding geser. Dalam tugas akhir ini, digunakan kombinasi pembebanan yang memperhitungkan dua arah gempa pada sumbu yang berbeda, yakni 100 % pada arah sumbu utama yang ditinjau dan 30 % pada arah tegak lurus dari sumbu yang ditinjau. Pada tabel dan

grafik berikut ini, dapat dilihat perbedaan simpangan horisontal yang terjadi pada masing-masing struktur.

5.7.1 Simpangan Horisontal Struktur Akibat Beban Gempa Arah Y Awal

Tabel 5.8 Struktur 15 portal tanpa dinding geser

TINGKAT	SIMPANGAN HORIZONTAL ARAH SUMBU Y (cm)			
	PORTAL A	PORTAL C	PORTAL E	PORTAL H
1	0,9796	0,9547	0,9498	0,9478
2	1,8012	1,7805	1,7716	1,7679
3	2,5917	2,5769	2,5646	2,5592
4	3,4294	3,4059	3,3903	3,3832
5	4,2003	4,1682	4,1498	4,1412
6	4,8864	4,8472	4,8265	4,8165
7	5,5138	5,4807	5,4577	5,4465
8	6,0183	5,9911	5,9661	5,9539
9	6,4463	6,3999	6,3732	6,3602
10	6,673	6,6240	6,5962	6,5827

Tabel 5.9 Struktur 16 portal tanpa dinding geser

TINGKAT	SIMPANGAN HORIZONTAL ARAH SUMBU Y (cm)			
	PORTAL A	PORTAL E	PORTAL F	PORTAL H
1	1,062	1,0297	1,0284	1,0272
2	1,9526	1,9203	1,9178	1,9156
3	2,8104	2,7807	2,7771	2,7739
4	3,7209	3,6781	3,6733	3,6691
5	4,5604	4,505	4,4993	4,494
6	5,3097	5,2437	5,2371	5,231
7	5,9974	5,9351	5,9277	5,9208
8	6,5341	6,4877	6,4796	6,4721
9	7,0043	6,9241	6,9154	6,9075
10	7,2464	7,1524	7,1534	7,1451

Tabel 5.10 Struktur 16 portal dengan 2 dinding geser

TINGKAT	SIMPANGAN HORIZONTAL ARAH SUMBU Y (cm)			
	PORTAL A	PORTAL E	PORTAL F	PORTAL H
1	0,8514	0,3324	0,5218	0,7356
2	1,5671	0,7858	1,0353	1,3783
3	2,2589	1,3393	1,5907	2,0073
4	2,9977	1,9565	2,2199	2,677
5	3,6854	2,5882	2,8461	3,3113
6	4,3054	3,2081	3,444	3,8937
7	4,8788	3,8051	4,0377	4,4528
8	5,3392	4,3598	4,5561	4,91
9	5,722	4,8877	5,0232	5,2738
10	5,9192	5,3662	5,3322	5,4693

Tabel 5.11 Struktur 15 portal dengan 3 dinding geser

TINGKAT	SIMPANGAN HORIZONTAL ARAH SUMBU Y (cm)			
	PORTAL A	PORTAL C	PORTAL E	PORTAL H
1	0,2309	0,587	0,6585	0,2974
2	0,5567	1,1064	1,2342	0,7037
3	0,9637	1,6213	1,7966	1,1991
4	1,4262	2,1776	2,3941	1,7514
5	1,9096	2,7121	2,9593	2,3167
6	2,3935	3,209	3,4775	2,8712
7	2,8686	3,692	3,9736	3,4051
8	3,3185	4,0939	4,3788	3,9011
9	3,7534	4,4203	4,699	4,3729
10	4,1528	4,5982	4,8699	4,8001

Tabel 5.12 Struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

TINGKAT	SIMPANGAN HORIZONTAL ARAH SUMBU Y (cm)			
	PORTAL A	PORTAL E	PORTAL F	PORTAL H
1	0,2203	0,4290	0,2784	0,5449
2	0,5315	0,8537	0,6595	1,0328
3	0,9204	1,3140	1,1244	1,5253
4	1,3625	1,8374	1,6432	2,0684
5	1,8248	2,3611	2,1749	2,6011
6	2,2881	2,8643	2,6972	3,1053
7	2,7430	3,3637	3,2005	3,6039
8	3,1741	3,8019	3,6685	4,0253
9	3,5908	4,1956	4,1136	4,3737
10	3,9732	4,4538	4,5164	4,5657

Tabel 5.13 Struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

TINGKAT	SIMPANGAN HORIZONTAL ARAH SUMBU Y (cm)			
	PORTAL A	PORTAL C	PORTAL E	PORTAL H
1	0,1993	0,4215	0,2338	0,2273
2	0,4812	0,8056	0,5558	0,5416
3	0,833	1,2005	0,9494	0,927
4	1,2327	1,6448	1,39	1,3599
5	1,6502	2,0894	1,8431	1,8069
6	2,0676	2,5174	2,2889	2,2485
7	2,4755	2,9489	2,718	2,675
8	2,8617	3,3176	3,1172	3,073
9	3,2279	3,5909	3,4894	3,4447
10	3,5605	3,7507	3,8224	3,7774

5.7.2 Cek Periode Getar dengan Metode Rayleigh

Waktu getar struktur yang sebenarnya untuk tiap arah dapat dihitung berdasarkan besar simpangan tadi dengan rumus *T Rayleigh*, dengan menggunakan persamaan (3.5).

Tabel 5.14 Struktur 15 portal tanpa dinding geser

TINGKAT	Wi (ton)	di y (cm)	di y ²	Fi y (ton)	Wi di ²	Fiy diy
10	52,86821	6,618975	43,81083	5,976	2316,2	39,55499
9	85,17536	6,3949	40,89475	8,702	3483,225	55,64842
8	80,76536	5,98235	35,78851	7,374	2890,472	44,11385
7	80,76536	5,474675	29,97207	6,496	2420,705	35,56349
6	86,91107	4,84415	23,46579	6,046	2039,437	29,28773
5	86,91107	4,164875	17,34618	5,101	1507,575	21,24503
4	86,91107	3,4022	11,57496	4,156	1005,993	14,13954
3	88,06821	2,5731	6,620844	3,254	583,0859	8,372867
2	88,06821	1,7803	3,169468	2,297	279,1294	4,089349
1	93,39043	0,957975	0,917716	1,421	85,7059	1,361282
					16611,53	253,3766

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum F_{iy} \cdot d_{iy}} \right)} = 1,6295 \text{ detik}$$

Koefisien Gempa Dasar (C) = 0,0414

Tabel 5.15 Struktur 16 portal tanpa dinding geser

TINGKAT	Wi (ton)	di y (cm)	di y ²	Fi y (ton)	Wi di ²	Fiy diy
10	52,7766	7,174325	51,47094	6,359	2716,461	45,62153
9	85,0476	6,937825	48,13342	9,262	4093,631	64,25814
8	86,0316	6,493375	42,16392	8,372	3627,429	54,36254
7	86,0316	5,94525	35,346	7,376	3040,873	43,85216
6	86,7756	5,255375	27,61897	6,434	2396,652	33,81308
5	86,7756	4,514675	20,38229	5,429	1768,685	24,51017
4	86,7756	3,68535	13,5818	4,423	1178,569	16,3003
3	87,9276	2,785525	7,75915	3,463	682,2434	9,646273
2	87,9276	1,926575	3,711691	2,444	326,3601	4,708549
1	93,2328	1,036825	1,075006	1,512	100,2258	1,567679
					19931,13	298,6404

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum F_{iy} \cdot d_{iy}} \right)} = 1,6441 \text{ detik}$$

Koefisien Gempa Dasar (C) = 0,0412

Tabel 5.16 Struktur 16 portal 2 dinding geser

TINGKAT	Wi (ton)	diy (cm)	diy ²	Fiy (ton)	Wi.diy ²	Fiy.diy
10	53,7666	5,521725	30,48945	6,48	1639,314	35,78078
9	87,0276	5,226675	27,31813	9,481	2377,431	49,55411
8	88,0116	4,791275	22,95632	8,568	2020,422	41,05164
7	88,0116	4,2936	18,435	7,548	1622,494	32,40809
6	88,7556	3,7128	13,78488	6,583	1223,486	24,44136
5	88,7556	3,10775	9,65811	5,554	857,2114	17,26044
4	88,7556	2,462775	6,065261	4,526	538,3259	11,14652
3	89,9076	1,79905	3,236581	3,542	290,9932	6,372235
2	89,9076	1,191625	1,41997	2,5	127,6661	2,979063
1	95,6088	0,6103	0,372466	1,551	35,61104	0,946575
					10732,95	221,9408

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum F_{iy} \cdot d_{iy}} \right)} = 1,3995 \text{ detik}$$

Koefisien Gempa Dasar (C) = 0,0455

Tabel 5.17 Struktur 15 portal 3 dinding geser

TINGKAT	Wi (ton)	diy (cm)	diy ²	Fiy (ton)	Wi.diy ²	Fiy.diy
10	54,45929	4,60525	21,20833	6,128	1154,99	28,22097
9	88,3575	4,3114	18,58817	8,986	1642,404	38,74224
8	89,3475	3,923075	15,39052	8,12	1375,104	31,85537
7	89,3475	3,484825	12,14401	7,153	1085,037	24,92695
6	90,09321	2,9878	8,926949	6,238	804,2575	18,6379
5	90,09321	2,474425	6,122779	5,263	551,6208	13,0229
4	90,09321	1,937325	3,753228	4,289	338,1404	8,309187
3	91,25036	1,395175	1,946513	3,356	177,62	4,682207
2	91,25036	0,90025	0,81045	2,369	73,95386	2,132692
1	97,209	0,44345	0,196648	1,472	19,11595	0,652758
					7222,244	171,1832

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum F_{iy} \cdot d_{iy}} \right)} = 1,3072 \text{ detik}$$

Koefisien Gempa Dasar (C) = 0,0471

Tabel 5.18 Struktur 16 portal 4 dinding geser

TINGKAT	W _i (ton)	d _{iy} (cm)	d _{iy} ²	F _{iy} (ton)	W _i ·d _i ²	F _{iy} ·d _{iy}
10	54,7566	4,377275	19,16054	6,602	1049,166	28,89877
9	89,0076	4,068425	16,55208	9,7	1473,261	39,46372
8	89,9916	3,66745	13,45019	8,764	1210,404	32,14153
7	89,9916	3,227775	10,41853	7,72	937,5803	24,91842
6	90,7356	2,738725	7,500615	6,732	680,5728	18,4371
5	90,7356	2,240475	5,019728	5,68	455,4681	12,7259
4	90,7356	1,727875	2,985552	4,628	270,8959	7,996606
3	91,8876	1,221025	1,490902	3,622	136,9954	4,422553
2	91,8876	0,769375	0,591938	2,556	54,39175	1,966523
1	97,9848	0,36815	0,135534	1,59	13,28031	0,585359
					6282,015	171,5565

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum F_{iy} \cdot d_{iy}} \right)} = 1,2178 \text{ detik}$$

Koefisien Gempa Dasar (C) = 0,0486

Tabel 5.19 Struktur 15 portal 5 dinding geser

TINGKAT	W _i (ton)	d _{iy} (cm)	d _{iy} ²	F _{iy} (ton)	W _i ·d _i ²	F _{iy} ·d _{iy}
10	51,81867	3,72775	13,89612	6,249	720,0784	23,29471
9	84,447	3,438225	11,82139	9,205	998,281	31,64886
8	85,371	3,092375	9,562783	8,316	816,3844	25,71619
7	85,371	2,70435	7,313509	7,326	624,3616	19,81207
6	86,067	2,2806	5,201136	6,387	447,6462	14,56619
5	86,067	1,8474	3,412887	5,389	293,7369	9,955639
4	86,067	1,40685	1,979227	4,391	170,3461	6,177478
3	87,147	0,977475	0,955457	3,436	83,26524	3,358604
2	87,147	0,59605	0,355276	2,425	30,9612	1,445421
1	93,1044	0,270475	0,073157	1,511	6,811213	0,408688
					4191,872	136,3839

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum I'_{iy} \cdot d_{iy}} \right)} = 1,1157 \text{ detik}$$

$$\text{Koefisien Gempa Dasar (C)} = 0,0504$$

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan bahwa nilai periode getar arah sumbu Y semua struktur, melebihi batas yang ditetapkan, yakni sebesar 80% - 120% dari asumsi periode getar awal. Maka perlu diadakan koreksi terhadap nilai periode getar awal dengan nilai periode getar yang baru, yang didapat dari perhitungan dengan metode Rayleigh diatas.

5.7.3 Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekivalen Terkoreksi

1. Perhitungan gaya gempa statik ekivalen struktur 15 portal tanpa dinding geser

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 1,6295 \text{ dt}$$

$$C = 0,0414$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W) = 11617681,5 kg

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W = 0,0414 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 11617681,5 \text{ kg} = 480972,014 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.20 Beban gempa statik ekivalen struktur 15 portal tanpa dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	740155,5	28866064,5	56554,45931	18851,4864	3534,65371
9	35,25	1192455	42034038,75	82353,18445	27451,0615	5147,07403
8	31,5	1130715	35617522,5	69781,9312	23260,6437	4361,3707
7	27,75	1130715	31377341,25	61474,55843	20491,5195	3842,1599
6	24	1216755	29202120	57212,86001	19070,9533	3575,80375
5	20,25	1216755	24639288,75	48273,35063	16091,1169	3017,08441
4	16,5	1216755	20076457,5	39333,84126	13111,2804	2458,36508
3	12,75	1232955	15720176,25	30799,00511	10266,335	1924,93782
2	9	1232955	11096595	21740,4742	7246,82473	1358,77964
1	5,25	1307466	6864196,5	13448,34942	4482,78314	840,521838
		11617681,5	245493801	480972,014	160324,005	30060,7509

2. Perhitungan gaya gempa statik ekivalen struktur 16 portal tanpa dinding geser

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 1,6441 \text{ dt}$$

$$C = 0,0412$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W)= 12589533 kg

$$V = C.I.K.W = 0,0412.1.1.12589533 \text{ kg} = 518688,75 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.2

Tabel 5.21 Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal tanpa dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	791649	30874311	59886,93343	19962,3111	3742,93334
9	35,25	1275714	44968918,5	87226,25838	29075,4195	5451,64115
8	31,5	1290474	40649931	78848,7138	26282,9046	4928,04461
7	27,75	1290474	35810653,5	69461,96216	23153,9874	4341,37263
6	24	1301634	31239216	60594,74004	20198,2467	3787,17125
5	20,25	1301634	26358088,5	51126,81191	17042,2706	3195,42574
4	16,5	1301634	21476961	41658,88378	13886,2946	2603,68024
3	12,75	1318914	16816153,5	32618,31058	10872,7702	2038,64441
2	9	1318914	11870226	23024,68982	7674,89661	1439,04311
1	5,25	1398492	7342083	14241,4461	4747,1487	890,090381
		12589533	267406542	518688,75	172896,25	32418,0469

3. Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 2 dinding geser

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 1,3995 \text{ dt}$$

$$C = 0,0455$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W)= 12877623 kg

$$V = C.I.K.W = 0,0414.1.1. 12877623 \text{ kg} = 585931,85 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.23 Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 3 dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	762430,5	29734789,5	65973,40211	21991,134	4123,33763
9	35,25	1237005	43604426,25	96746,34982	32248,7833	6046,64686
8	31,5	1250865	39402247,5	87422,85929	29140,9531	5463,92871
7	27,75	1250865	34711503,75	77015,37604	25671,792	4813,461
6	24	1261305	30271320	67163,81721	22387,9391	4197,73858
5	20,25	1261305	25541426,25	56669,47077	18889,8236	3541,84192
4	16,5	1261305	20811532,5	46175,12433	15391,7081	2885,94527
3	12,75	1277505	16288188,75	36139,05611	12046,352	2258,69101
2	9	1277505	11497545	25509,92196	8503,30732	1594,37012
1	5,25	1360926	7144861,5	15852,50236	5284,16745	990,781398
		12201016,5	259007841	574667,88	191555,96	35916,7425

5. Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 1,2178 \text{ dt}$$

$$C = 0,0486$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W)= 13165713 kg

$$V = C.I.K.W = 0,0486.1.1. 13165713 \text{ kg} = 639853,65 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.24 Beban gempa statik ekuivalen struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	821349	32032611	73343,97265	24447,9909	4583,99829
9	35,25	1335114	47062768,5	107758,0097	35919,3366	6734,8756
8	31,5	1349874	42521031	97358,94881	32452,9829	6084,9343
7	27,75	1349874	37459003,5	85768,59776	28589,5326	5360,53736
6	24	1361034	32664816	74791,51079	24930,5036	4674,46942
5	20,25	1361034	27560938,5	63105,33723	21035,1124	3944,08358
4	16,5	1361034	22457061	51419,16367	17139,7212	3213,69773
3	12,75	1378314	17573503,5	40237,44927	13412,4831	2514,84058
2	9	1378314	12404826	28402,90537	9467,63512	1775,18159
1	5,25	1469772	7716303	17667,75478	5889,25159	1104,23467
		13165713	279452862	639853,65	213284,55	39990,8531

6. Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

Daerah gempa 3, tanah lunak

$$T = 1,1157 \text{ dt}$$

$$C = 0,0504$$

$$I = 1$$

$$K = 1$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan berat total bangunan (W) = 12489106,5 kg

$$V = C.I.K.W = 0,0504.1.1. 12489106,5 \text{ kg} = 629450,97 \text{ kg}$$

$$H = 39 \text{ m} , B = 18 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{39}{18} = 2,17 < 3,0$$

$$F_i = \frac{W_i x H_i}{\sum W_i x H_i} x V$$

Tabel 5.25 Beban gempa statik ekuivalen struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

lantai tingkat	hi (m)	wi (kg)	wi*hi (kgm)	Fi (kg)	Fix=1/3*Fi (kg)	Fiy=1/16*Fi (kg)
Atap	39	777280,5	30313939,5	71995,87426	23998,6248	4499,74214
9	35,25	1266705	44651351,25	106047,3539	35349,118	6627,95962
8	31,5	1280565	40337797,5	95802,62561	31934,2085	5987,6641
7	27,75	1280565	35535678,75	84397,55113	28132,517	5274,84695
6	24	1291005	30984120	73587,55887	24529,1863	4599,22243
5	20,25	1291005	26142851,25	62089,5028	20696,5009	3880,59392
4	16,5	1291005	21301582,5	50591,44672	16863,8156	3161,96542
3	12,75	1307205	16666863,75	39583,94873	13194,6496	2473,9968
2	9	1307205	11764845	27941,61087	9313,87029	1746,35068
1	5,25	1396566	7331971,5	17413,49712	5804,49904	1088,34357
		12489106,5	265031001	629450,97	209816,99	39340,6856

Dari hasil perhitungan ini, maka input SAP90 mengalami perubahan dengan memasukkan nilai F_i yang baru ini. Selanjutnya didapatkan nilai Simpangan horisontal struktur yang baru dari hasil perhitungan SAP90.

5.7.4 Simpangan Horizontal Struktur

Tabel 5.26 Struktur 15 portal tanpa dinding geser

Tingkat	Simpangan Horizontal Arah Sumbu Y (cm)				
	Portal A	Portal H	Portal K	Portal M	Portal O
1	0,5778	0,5583	0,5595	0,5624	0,5778
2	1,0651	1,0454	1,0476	1,0529	1,0651
3	1,5330	1,5139	1,5171	1,5244	1,533
4	2,0279	2,0005	2,0047	2,0139	2,0279
5	2,4839	2,4489	2,454	2,4649	2,4839
6	2,8900	2,8488	2,8547	2,867	2,8901
7	3,2605	3,2206	3,2272	3,2409	3,2606
8	3,5599	3,5221	3,5293	3,5441	3,5599
9	3,8122	3,7613	3,769	3,7848	3,8122
10	3,9487	3,896	3,9039	3,9204	3,9488

Tabel 5.27 Struktur 16 portal tanpa dinding geser

Tingkat	Simpangan Horizontal Arah Sumbu Y (cm)				
	Portal A	Portal F	Portal H	Portal L	Portal P
1	0,6234	0,603	0,6023	0,6038	0,6234
2	1,149	1,1285	1,1272	1,13	1,149
3	1,6542	1,6348	1,6328	1,6369	1,6542
4	2,1895	2,1615	2,1589	2,1642	2,1895
5	2,6836	2,6476	2,6445	2,651	2,6837
6	3,125	3,0824	3,0788	3,0863	3,1251
7	3,5292	3,488	3,484	3,4924	3,5292
8	3,853	3,8142	3,8098	3,819	3,853
9	4,1219	4,0696	4,0649	4,0747	4,1219
10	4,2669	4,2128	4,2079	4,218	4,2669

Tabel 5.28 Struktur 16 portal dengan 2 dinding geser

Tingkat	Simpangan Horizontal Arah Sumbu Y (cm)				
	Portal A	Portal F	Portal H	Portal I	Portal P
1	0,552	0,3375	0,4762	0,215	0,5521
2	1,0185	0,6729	0,8958	0,5109	1,0185
3	1,4684	1,0343	1,3051	0,8708	1,4685
4	1,9482	1,4427	1,7397	1,2717	1,9483
5	2,3953	1,8498	2,1521	1,6823	2,3954
6	2,7986	2,2388	2,5311	2,0853	2,7987
7	3,1708	2,6241	2,8938	2,4732	3,1709
8	3,4709	2,962	3,1922	2,834	3,471
9	3,719	3,2651	3,4277	3,1771	3,7191
10	3,8493	3,4676	3,5574	3,4883	3,8494

Tabel 5.29 Struktur 15 portal dengan 3 dinding geser

Tingkat	Simpangan Horizontal Arah Sumbu Y (cm)				
	Portal A	Portal H	Portal K	Portal M	Portal O
1	0,1547	0,1992	0,4413	0,3932	0,1551
2	0,3747	0,4736	0,8303	0,7444	0,3749
3	0,6486	0,8071	1,2092	1,0913	0,6487
4	0,9597	1,1784	1,6106	1,465	0,9598
5	1,2849	1,5588	1,9910	1,8247	1,285
6	1,6106	1,9320	2,3401	2,1595	1,6107
7	1,9301	2,2911	2,6733	2,4838	1,9303
8	2,2330	2,6251	2,947	2,7553	2,233
9	2,5257	2,9425	3,1616	2,9741	2,5259
10	2,7944	3,2302	3,279	3,0961	2,7942

Tabel 5.30 Struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

Tingkat	Simpangan Horizontal Arah Sumbu Y (cm)				
	Portal A	Portal F	Portal H	Portal L	Portal P
1	0,1594	0,2013	0,3941	0,3101	0,1598
2	0,3859	0,4789	0,7498	0,6197	0,3861
3	0,6682	0,8165	1,1076	0,9542	0,6683
4	0,9889	1,1927	1,5013	1,3337	0,9891
5	1,3245	1,5787	1,888	1,7138	1,3247
6	1,6608	1,9578	2,2543	2,0787	1,6609
7	1,9908	2,3228	2,6155	2,4412	1,991
8	2,3037	2,6626	2,9221	2,7599	2,3037
9	2,606	2,9855	3,1739	3,0448	2,6063
10	2,8834	3,2778	3,3146	3,2333	2,8832

Tabel 5.31 Struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

Tingkat	Simpangan Horizontal Arah Sumbu Y (cm)				
	Portal A	Portal H	Portal K	Portal M	Portal O
1	0,143	0,1628	0,1675	0,302	0,1434
2	0,3465	0,3901	0,4003	0,58	0,3468
3	0,5999	0,6677	0,6838	0,8646	0,6
4	0,8875	0,9791	1,0008	1,1841	0,8877
5	1,1882	1,301	1,327	1,5042	1,1884
6	1,4887	1,619	1,6481	1,8127	1,4889
7	1,7823	1,926	1,9569	2,1231	1,7826
8	2,0604	2,2125	2,2444	2,3886	2,0606
9	2,3243	2,4804	2,5126	2,5854	2,3246
10	2,5637	2,7201	2,7525	2,7027	2,5634

Cek Periode Getar yang Baru dengan Metode Rayleigh :

Tabel 5.32 Struktur 15 portal tanpa dinding geser

Tingkat	Wi (ton)	di y (cm)	di y ²	Fi y (ton)	Wi di ²	Fiy diy
10	52,86821	3,92356	15,39432	3,534	813,8704	13,86586
9	85,17536	3,7879	14,34819	5,147	1222,112	19,49632
8	80,76536	3,54306	12,55327	4,361	1013,87	15,45128
7	80,76536	3,24196	10,5103	3,842	848,8685	12,45561
6	86,91107	2,87012	8,237589	3,575	715,9377	10,26068
5	86,91107	2,46712	6,086681	3,017	529	7,443301
4	86,91107	2,01498	4,060144	2,458	352,8715	4,952821
3	88,06821	1,52428	2,32343	1,924	204,6203	2,932715
2	88,06821	1,05522	1,113489	1,358	98,06301	1,432989
1	93,39043	0,56716	0,32167	0,84	30,04094	0,476414
					5829,254	88,768

$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum F_i y \cdot d_i y}} = 1,630819 \text{ detik}$$

Batasan nilai periode getar yang diharapkan mendekati nilai 80% – 120% dari periode getar awal. Dari perhitungan, nilai periode getar yang diharapkan adalah

antara 1,3036 – 1,9554 detik. Jadi nilai periode getar $T_y = 1,630819$ detik telah memenuhi.

Tabel 5.33 Struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

Tingkat	Wi (ton)	diy (cm)	diy ²	Fiy (ton)	Wi.diy ²	Fiy.diy
10	54,7566	3,11846	9,724793	4,583	532,4966	14,2919
9	89,0076	2,8833	8,313419	6,735	739,9575	19,41903
8	89,9916	2,5904	6,710172	6,085	603,8591	15,76258
7	89,9916	2,27226	5,163166	5,361	464,6415	12,18159
6	90,7356	1,9225	3,696006	4,674	335,3593	8,985765
5	90,7356	1,56594	2,452168	3,944	222,4989	6,176067
4	90,7356	1,20114	1,442737	3,214	130,9076	3,860464
3	91,8876	0,84296	0,710582	2,515	65,29363	2,120044
2	91,8876	0,52408	0,27466	1,775	25,23783	0,930242
1	97,9848	0,24494	0,059996	1,104	5,878657	0,270414
					3126,131	83,99809

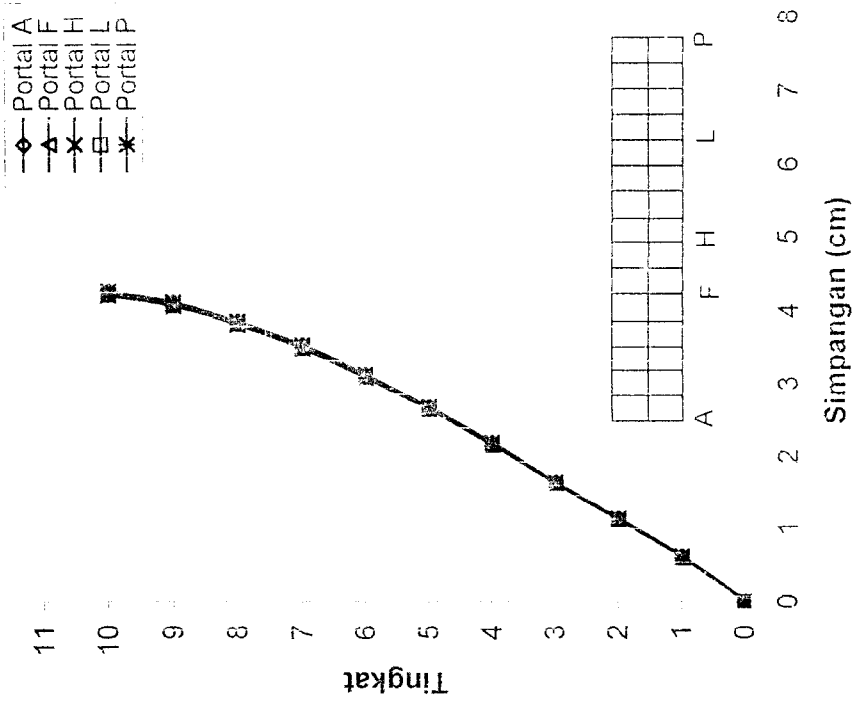
$$T_y = 6,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum W_i \cdot d_i \cdot y^2}{g \cdot \sum F_i y \cdot d_i y} \right)} = 1,227712 \text{ detik}$$

Nilai periode getar yang diharapkan adalah antara 0,9742 – 1,4614. Maka nilai $T_y = 1,227712$ telah memenuhi.

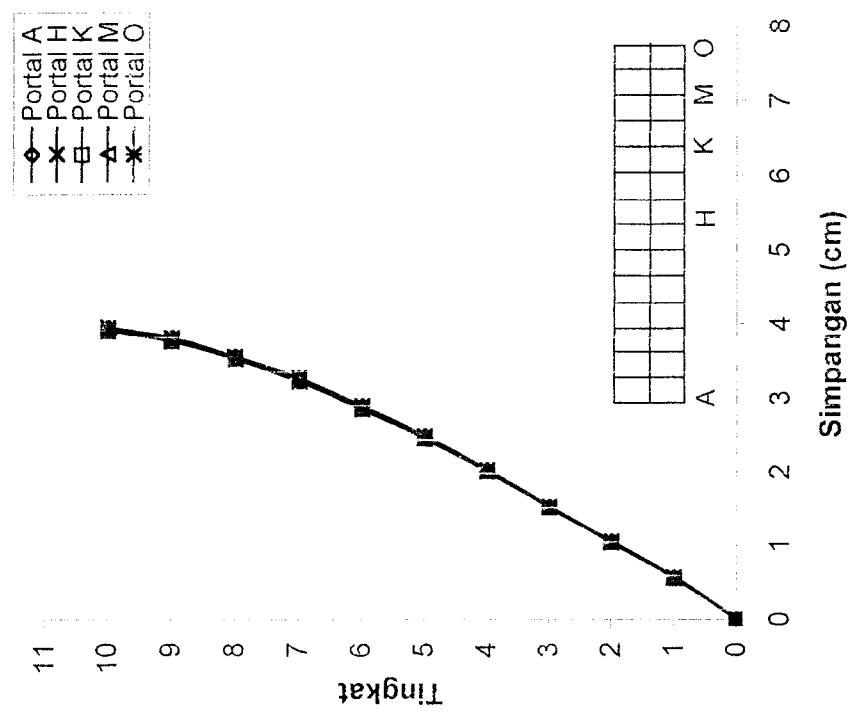
Untuk struktur – struktur yang lain periode getar dihitung sebagai berikut :

Tabel 5.34 Kontrol periode getar struktur dengan metode Rayleigh

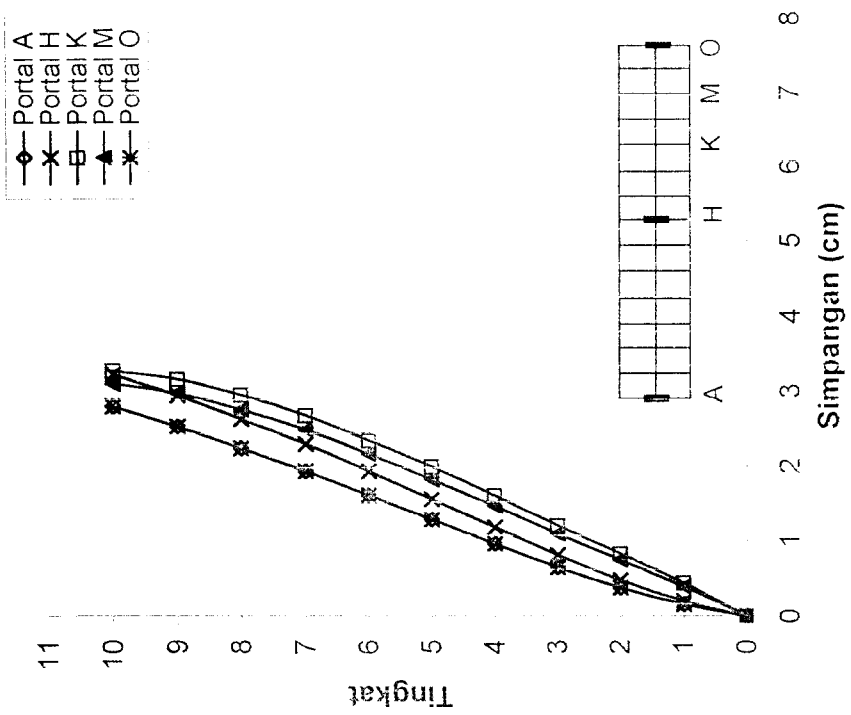
Struktur	Ty (detik)	Batasan nilai Ty (detik)	
		Minimum	Maksimum
16 portal	1,6457	1,3153	1,9729
16 portal 2 dinding geser	1,4177	1,1196	1,6794
15 portal 3 dinding geser	1,2856	1,0458	1,5686
15 portal 5 dinding geser	1,2277	0,8926	1,3388



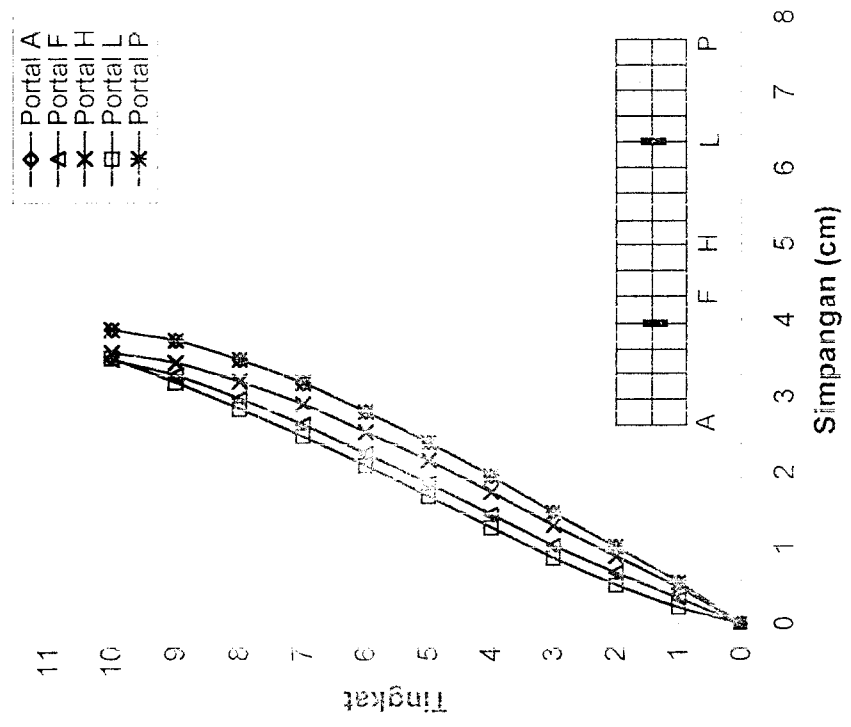
Gambar 5.12 Grafik simpangan horisontal tingkat, struktur 16 portal tanpa shear wall



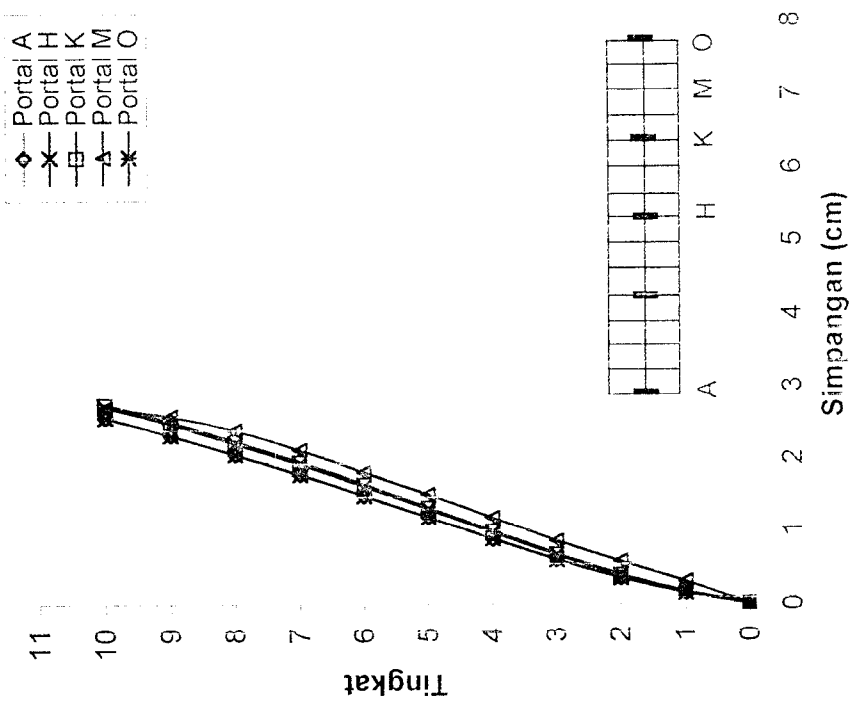
Gambar 5.11 Grafik simpangan horisontal tingkat, struktur 15 portal tanpa shear wall



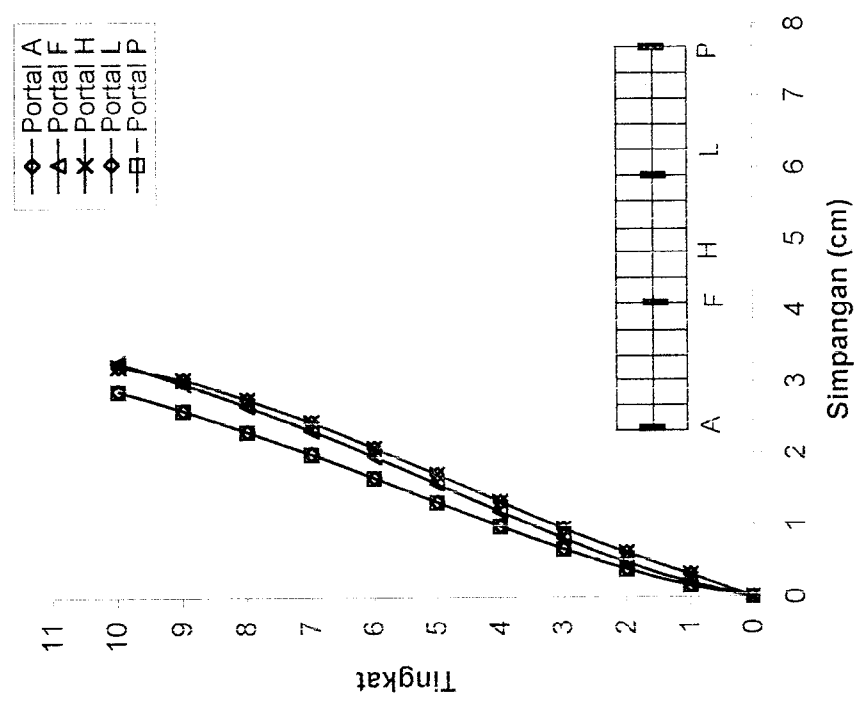
Gambar 5.14 Grafik simpangan horizontal tingkat, struktur 15 portal dengan 3 shear wall



Gambar 5.13 Grafik simpangan horizontal tingkat, struktur 16 portal dengan 2 shear wall



Gambar 5.16 Grafik simpangan horizontal tingkat, struktur 15 portal dengan 5 shear wall



Gambar 5.15 Grafik simpangan horizontal tingkat, struktur 16 portal dengan 4 shear wall

5.8 Gaya Geser Struktur

Tabel 5.35 Gaya geser tingkat 1 struktur 15 portal tanpa dinding geser

Portal	Gaya Geser (Ton)
A	28,175192
B	30,728426
C	30,41545
D	30,317011
E	30,259561
F	30,223187
G	30,20295
H	30,196445
I	30,20295
J	30,223187
K	30,25956
L	30,317012
M	30,415451
N	30,728426
O	28,175191

Tabel 5.36 Gaya geser tingkat 1 struktur 16 portal tanpa dinding geser

Portal	Gaya Geser (Ton)
A	30,380639
B	33,13418
C	32,79654
D	32,689216
E	32,625256
F	32,583212
G	32,557568
H	32,545391
I	32,545391
J	32,557568
K	32,583212
L	32,625255
M	32,689216
N	32,79654
O	33,134179
P	30,380638

Tabel 5.37 Gaya geser tingkat 1 struktur 16 portal dengan 2 dinding geser

Portal	Gaya Geser (Ton)
A	26,940944
B	28,024342
C	24,661292
D	17,853029
E	128,867298
F	17,343544
G	23,487149
H	25,766402
I	25,766403
J	23,487148
K	17,343544
L	128,867298
M	17,853029
N	24,661292
O	28,024342
P	26,940944

Tabel 5.38 Gaya geser tingkat 1 struktur 15 portal dengan 3 dinding geser

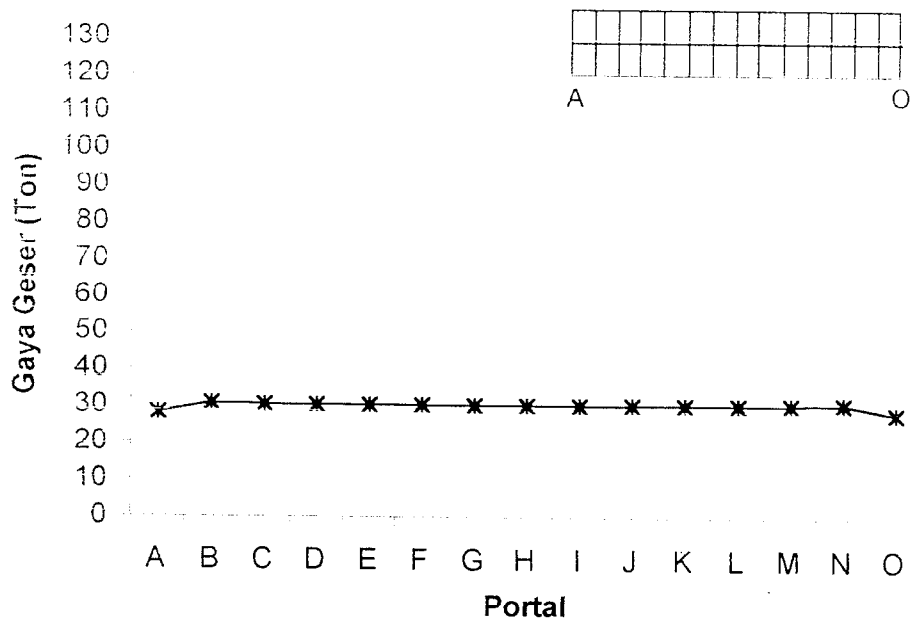
Portal	Gaya Geser (Ton)
A	87,099158
B	15,519656
C	21,256802
D	23,654848
E	23,910611
F	21,935576
G	16,233735
H	119,504224
I	16,233735
J	21,935576
K	23,910611
L	23,654849
M	21,256802
N	15,519656
O	87,099158

Tabel 5.39 Gaya geser tingkat 1 struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

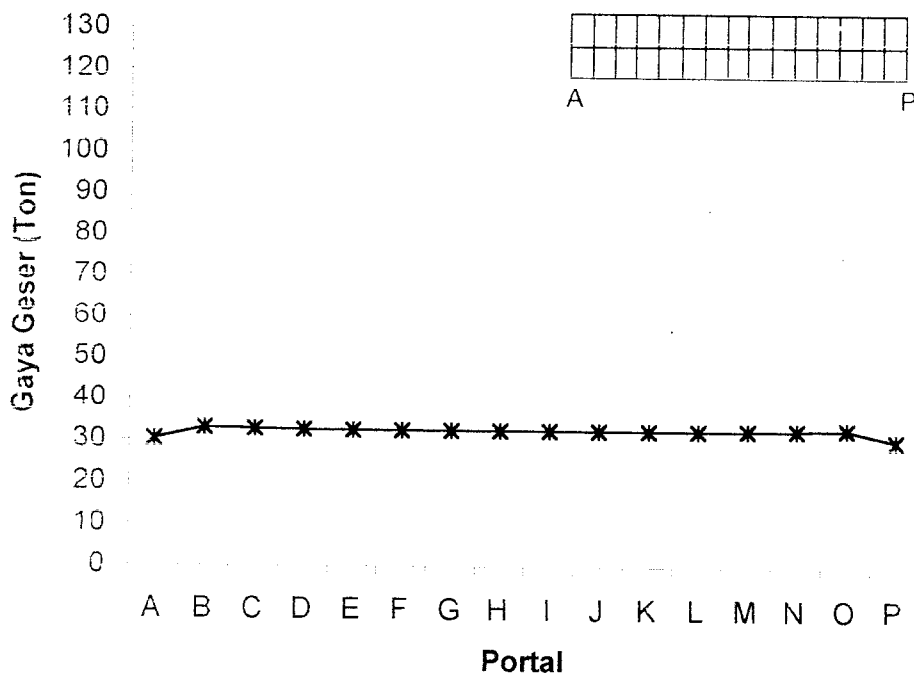
Portal	Gaya Geser (Ton)
A	89,543544
B	15,509243
C	20,338493
D	20,576043
E	15,954231
F	120,499026
G	16,272806
H	21,226611
I	21,226611
J	16,272806
K	120,499026
L	15,954231
M	20,576043
N	20,338494
O	15,509243
P	89,543544

Tabel 5.40 Gaya geser tingkat 1 struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

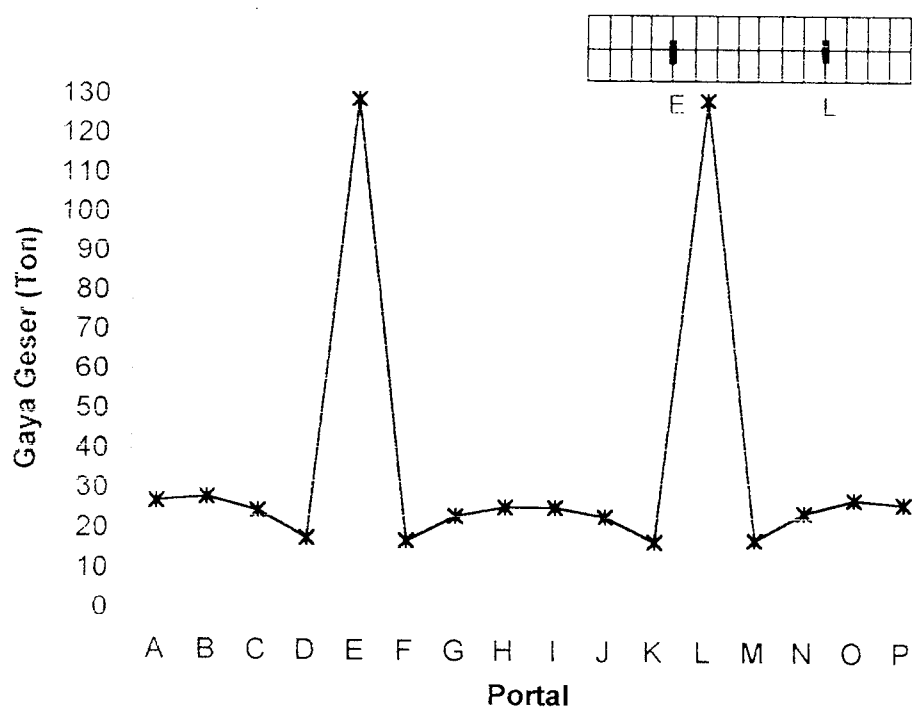
Portal	Gaya Geser (Ton)
A	80,47436
B	13,321043
C	16,259162
D	13,404285
E	99,689179
F	11,918103
G	11,898829
H	96,15508
I	11,898828
J	11,918102
K	99,689178
L	13,404285
M	16,259162
N	13,321043
O	80,47436



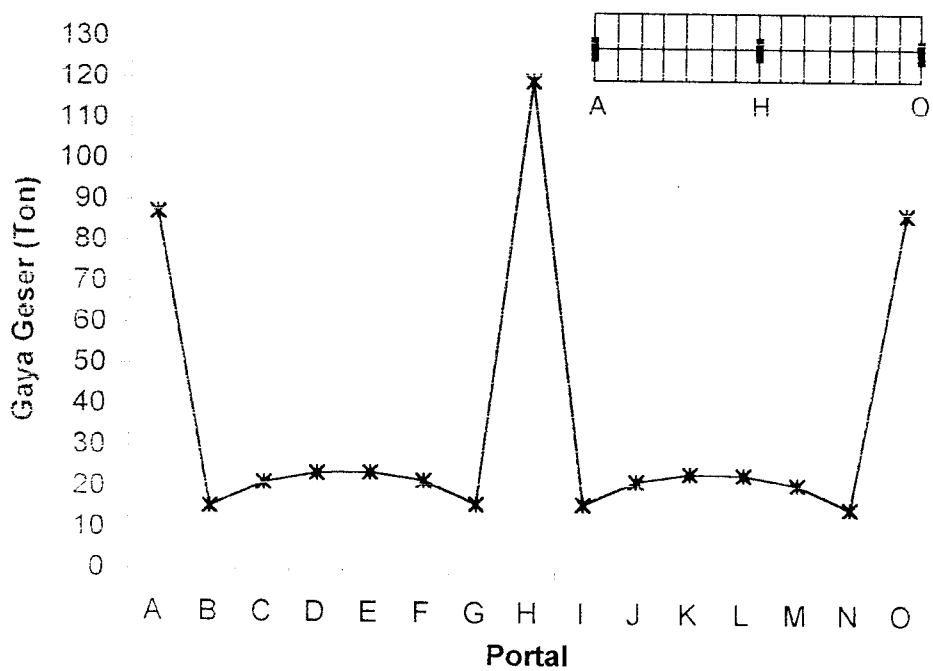
Gambar 5.17 Grafik Gaya Geser struktur 15 portal tanpa dinding geser



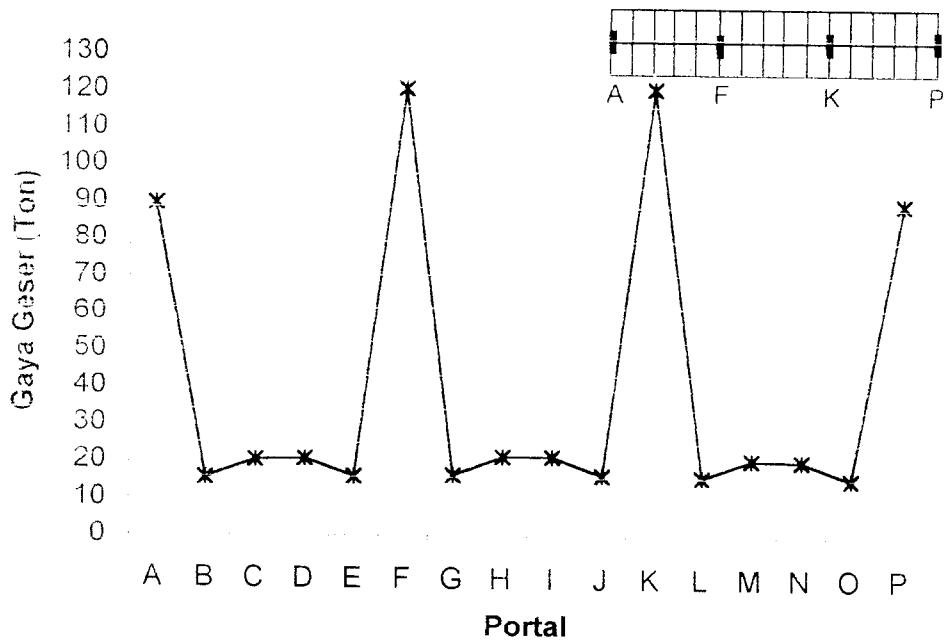
Gambar 5.18 Grafik Gaya Geser struktur 16 portal tanpa dinding geser



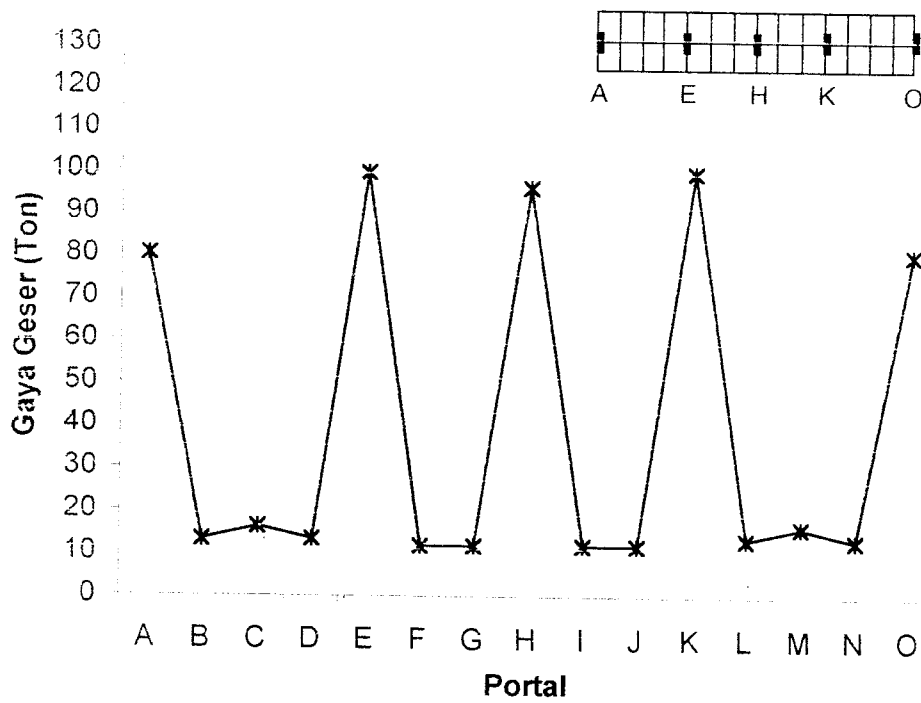
Gambar 5.19 Grafik Gaya Geser struktur 16 portal 2 dinding geser



Gambar 5.20 Grafik Gaya Geser struktur 15 portal 3 dinding geser



Gambar 5.21 Grafik Gaya Geser struktur 16 portal 4 dinding geser



Gambar 5.22 Grafik Gaya Geser struktur 15 portal 5 dinding geser

5.9 Momen Tumpuan Balok

5.9.1 Momen Tumpuan Balok Searah Sumbu Y

Tabel 5.41 Momen tumpuan balok, struktur 15 portal tanpa dinding geser

Balok	Momen Tumpuan (Tm)				
	Portal A	Portal H	Portal K	Portal M	Portal O
1 ki	42,761	54,482	54,539	54,673	42,737
2 ki	40,305	51,254	51,309	51,429	40,267
3 ki	37,692	48,809	48,861	48,961	37,645
4 ki	34,675	45,938	45,984	46,066	34,622
5 ki	31,309	42,160	42,201	42,268	31,251
6 ki	27,979	38,522	38,556	38,609	27,918
7 ki	24,290	34,151	34,177	34,218	24,228
8 ki	21,052	31,032	31,051	31,083	20,994
9 ki	17,651	27,928	27,939	27,956	17,595
10 ki	7,370	10,426	10,422	10,439	7,398
1 ka	44,295	52,409	52,469	52,616	44,316
2 ka	45,668	54,821	54,878	55,007	45,703
3 ka	44,779	53,701	53,754	53,868	44,820
4 ka	42,986	51,475	51,523	51,624	43,032
5 ka	41,581	50,146	50,187	50,275	41,632
6 ka	38,869	47,287	47,322	47,400	38,921
7 ka	35,547	43,954	43,982	44,051	35,600
8 ka	30,734	38,523	38,542	38,606	30,782
9 ka	24,204	30,977	30,987	31,045	24,247
10 ka	11,425	14,581	14,584	14,632	11,453

Tabel 5.42 Momen tumpuan balok, struktur 16 portal tanpa dinding geser

Balok	Momen Tumpuan (Tm)				
	Portal A	Portal F	Portal H	Portal L	Portal P
1 ki	44,706	56,615	56,581	56,652	44,681
2 ki	42,243	53,359	53,325	53,395	42,204
3 ki	39,523	50,825	50,793	50,859	39,476
4 ki	36,370	47,826	47,797	47,856	36,317
5 ki	32,878	43,901	43,875	43,927	32,820
6 ki	29,372	40,059	40,037	40,080	29,312
7 ki	25,379	35,334	35,317	35,350	25,317
8 ki	21,722	31,784	31,771	31,795	21,664
9 ki	17,942	28,283	28,275	28,290	17,887
10 ki	5,922	10,536	10,532	10,538	5,873

Lanjutan tabel 5.42

1 ka	46,466	54,645	54,609	54,684	46,487
2 ka	47,757	56,996	56,962	57,034	47,792
3 ka	46,795	55,794	55,762	55,830	46,836
4 ka	44,892	53,442	53,413	53,474	44,938
5 ka	43,336	51,952	51,927	51,980	43,387
6 ka	40,447	48,913	48,891	48,936	40,499
7 ka	36,795	45,245	45,228	45,264	36,848
8 ka	31,522	39,336	39,324	39,349	31,570
9 ka	24,561	31,344	31,337	31,351	24,604
10 ka	11,544	14,706	14,704	14,709	11,573

Tabel 5.43 Momen tumpuan balok, struktur 16 portal 2 dinding geser

Balok	Momen Tumpuan (Tm)				
	Portal A	Portal F	Portal H	Portal I	Portal P
1 ki	41,616	45,979	50,513	17,813	41,592
2 ki	39,231	46,126	47,585	23,741	39,193
3 ki	36,817	46,750	45,723	27,302	36,773
4 ki	34,078	46,711	43,653	29,211	34,032
5 ki	30,987	45,442	40,668	29,817	30,938
6 ki	27,893	43,710	37,724	29,359	27,844
7 ki	24,284	41,079	33,825	28,397	24,237
8 ki	20,934	39,151	30,808	27,100	20,890
9 ki	17,398	36,857	27,646	26,149	17,358
10 ki	5,629	17,911	10,136	22,315	5,595
1 ka	43,052	40,945	48,306	32,082	43,072
2 ka	44,580	45,081	51,153	39,744	44,615
3 ka	43,913	45,504	50,666	40,851	43,952
4 ka	42,446	44,705	49,324	39,101	42,486
5 ka	41,384	44,396	48,879	38,218	41,426
6 ka	38,960	42,376	46,784	35,067	39,001
7 ka	35,753	39,776	43,985	31,571	35,793
8 ka	30,822	35,277	38,711	26,902	30,857
9 ka	24,137	28,575	31,128	21,682	24,168
10 ka	11,378	12,993	14,751	10,157	11,397

Tabel 5.44 Momen tumpuan balok, struktur 15 portal 3 dinding geser

Balok	Momen Tumpuan (Tm)				
	Portal A	Portal H	Portal K	Portal M	Portal O
1 ki	12,590	16,845	48,842	46,784	13,064
2 ki	17,103	22,375	45,910	44,277	17,834
3 ki	19,956	25,730	44,086	42,956	20,866
4 ki	21,611	27,568	42,083	41,480	22,670
5 ki	22,355	28,173	39,194	39,062	23,520
6 ki	22,258	27,788	36,407	36,689	23,469
7 ki	21,738	26,932	32,737	33,447	22,965
8 ki	20,874	25,762	29,955	30,987	22,073
9 ki	20,187	24,923	27,107	28,332	21,346
10 ki	17,355	21,225	9,928	10,922	18,406
1 ka	22,644	30,697	46,552	44,008	22,014
2 ka	28,750	37,813	49,419	47,051	27,746
3 ka	30,028	38,722	48,961	46,859	28,813
4 ka	29,208	36,963	47,681	45,891	27,847
5 ka	29,003	36,087	47,341	45,781	27,494
6 ka	26,941	33,085	45,380	44,063	25,408
7 ka	24,560	29,775	42,785	41,730	23,036
8 ka	21,131	25,361	37,789	37,046	19,724
9 ka	17,331	20,380	30,568	30,047	16,048
10 ka	8,650	9,327	14,525	14,327	7,812

Tabel 5.45 Momen tumpuan balok, struktur 16 portal 4 dinding geser

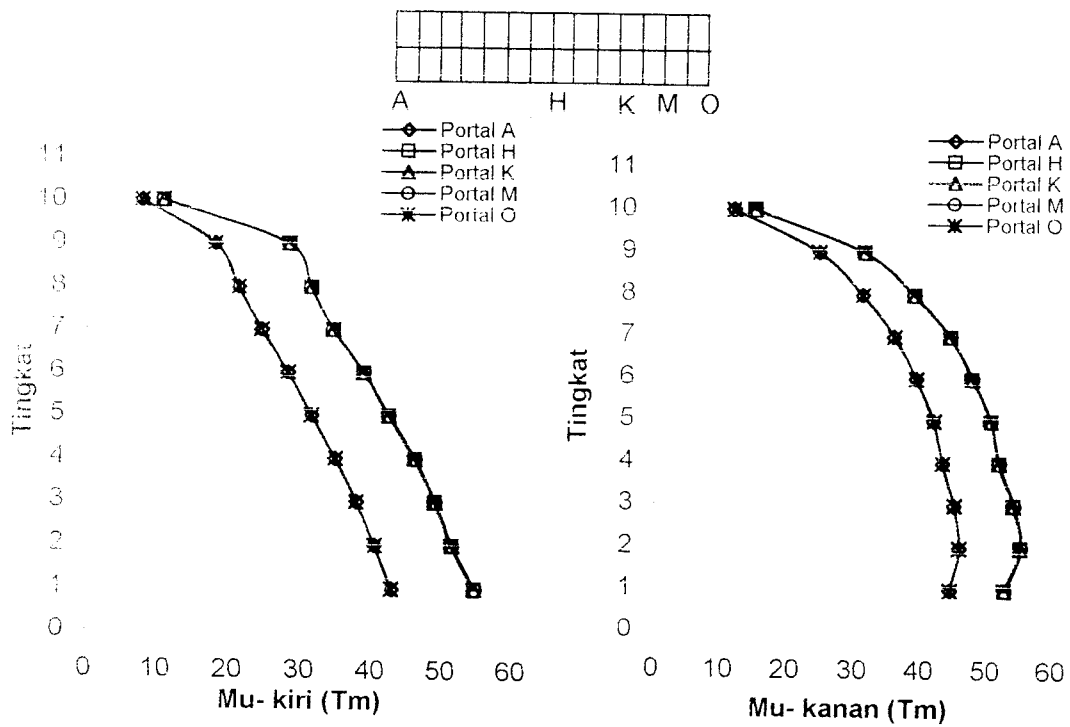
Balok	Momen Tumpuan (Tm)				
	Portal A	Portal F	Portal H	Portal L	Portal P
1 ki	12,869	16,979	46,839	44,587	13,353
2 ki	17,510	22,580	44,596	44,634	18,259
3 ki	20,441	25,985	43,619	45,265	21,372
4 ki	22,136	27,860	42,511	45,319	23,219
5 ki	22,899	28,491	40,352	44,185	24,091
6 ki	22,794	28,114	38,084	42,633	24,033
7 ki	22,250	27,252	34,793	40,202	23,504
8 ki	21,349	26,062	32,155	38,420	22,574
9 ki	20,622	25,196	29,068	36,272	21,806
10 ki	17,739	21,466	11,087	17,578	18,813

Lanjutan tabel 5.45

1 ka	23,045	30,870	44,085	39,519	22,400
2 ka	29,344	38,086	47,445	43,596	28,318
3 ka	30,709	39,049	47,644	44,039	29,466
4 ka	29,922	37,327	47,105	43,350	28,529
5 ka	29,748	36,486	47,294	43,201	28,205
6 ka	27,660	33,486	45,755	41,362	26,092
7 ka	25,233	30,159	43,454	38,955	23,676
8 ka	21,718	25,697	38,582	34,636	20,281
9 ka	17,830	20,657	31,116	28,107	16,520
10 ka	8,957	9,494	14,889	12,784	8,101

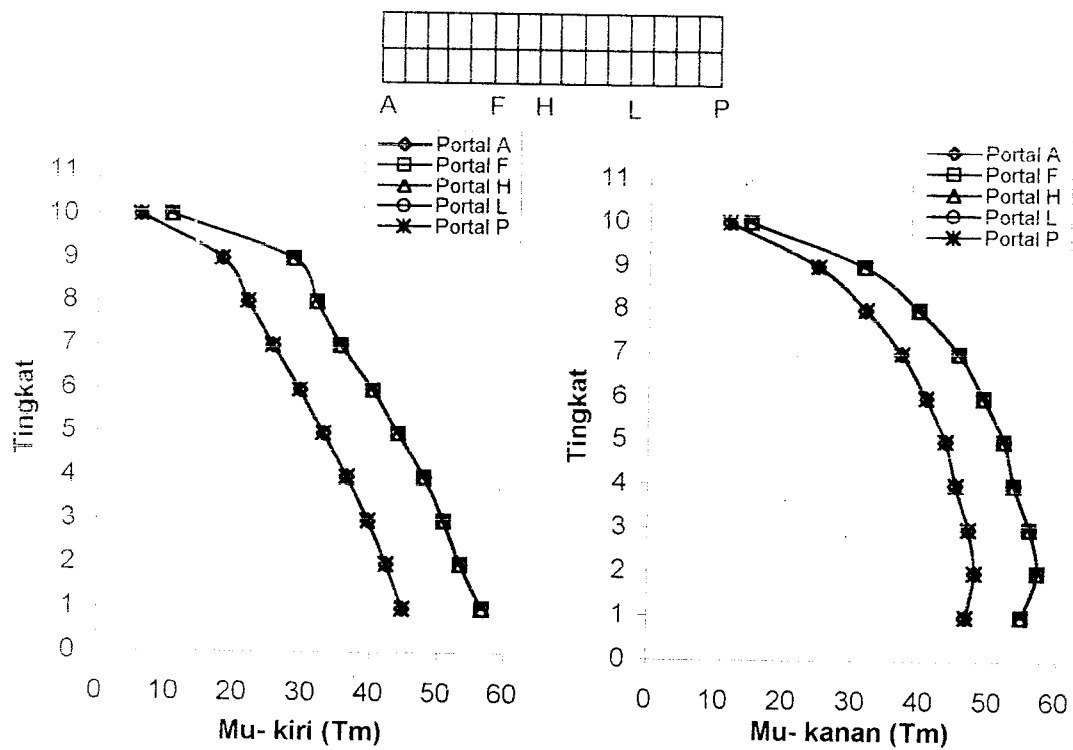
Tabel 5.46 Momen tumpuan balok, struktur 15 portal 5 dinding geser

Balok	Momen Tumpuan (Tm)				
	Portal A	Portal H	Portal K	Portal M	Portal O
1 ki	11,870	14,678	14,958	42,688	12,365
2 ki	16,078	19,419	19,777	40,815	16,843
3 ki	18,768	22,458	22,824	40,338	19,719
4 ki	20,359	24,300	24,627	39,813	21,464
5 ki	21,077	25,045	25,315	38,270	22,292
6 ki	20,994	24,903	25,108	36,667	22,255
7 ki	20,474	24,282	24,430	34,325	21,745
8 ki	19,765	23,386	23,496	31,208	21,029
9 ki	19,208	22,684	22,774	27,455	20,463
10 ki	16,542	19,315	19,404	10,806	17,678
1 ka	21,557	27,495	27,882	39,268	20,897
2 ka	27,205	33,534	33,996	42,715	26,157
3 ka	28,286	34,175	34,602	43,106	27,017
4 ka	27,404	32,604	32,928	42,864	25,983
5 ka	27,113	31,904	32,126	43,360	25,539
6 ka	25,080	29,327	29,437	42,241	23,482
7 ka	22,497	26,175	26,182	40,211	20,927
8 ka	20,850	24,159	24,100	37,956	19,287
9 ka	19,465	22,243	22,160	34,206	17,875
10 ka	10,119	10,528	10,407	17,114	9,022



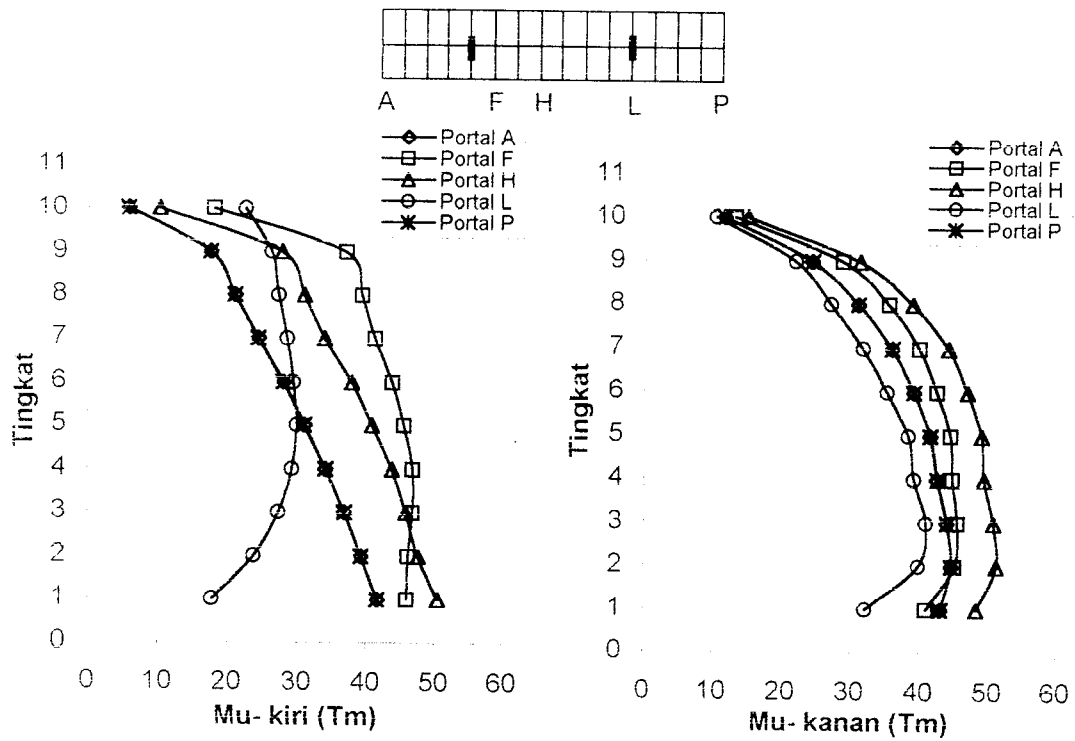
Gb. 5.23 Mu- balok kiri str.15 portal tanpa dinding geser

Gb. 5.24 Mu- balok kanan str.15 portal tanpa dinding geser



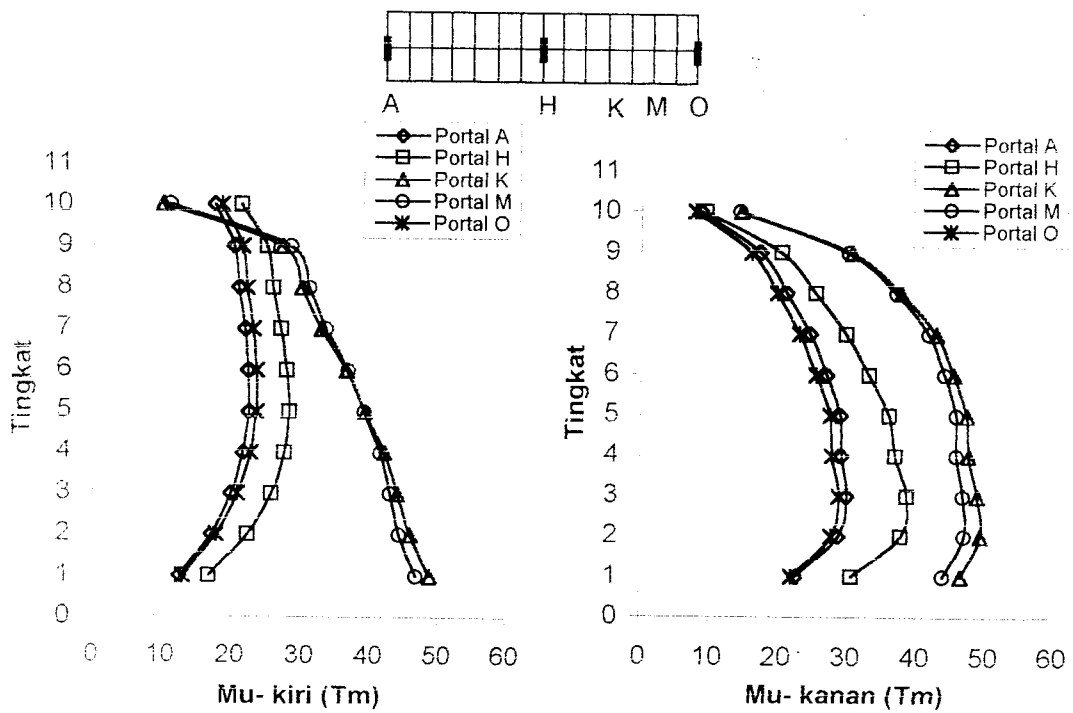
Gb. 5.25 Mu- balok kiri str.16 portal tanpa dinding geser

Gb. 5.26 Mu- balok kanan str.16 portal tanpa dinding geser



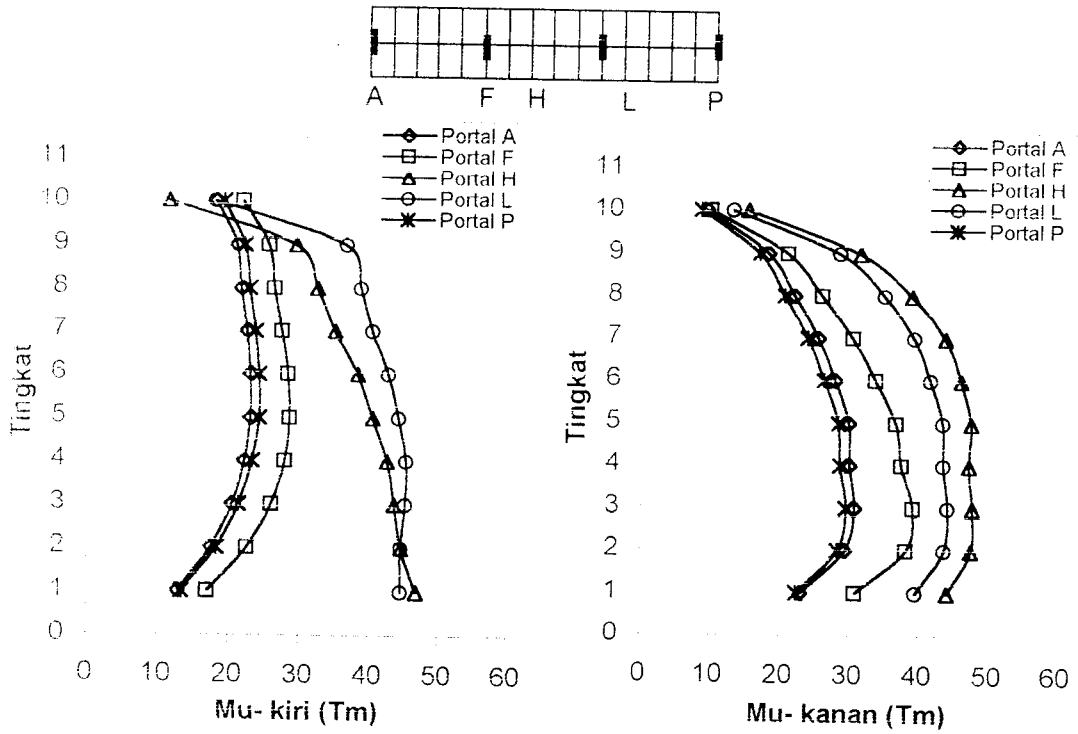
Gb. 5.27 Mu- balok kiri str.16 portal, 2 dinding geser

Gb. 5.28 Mu- balok kanan str.16 portal, 2 dinding geser



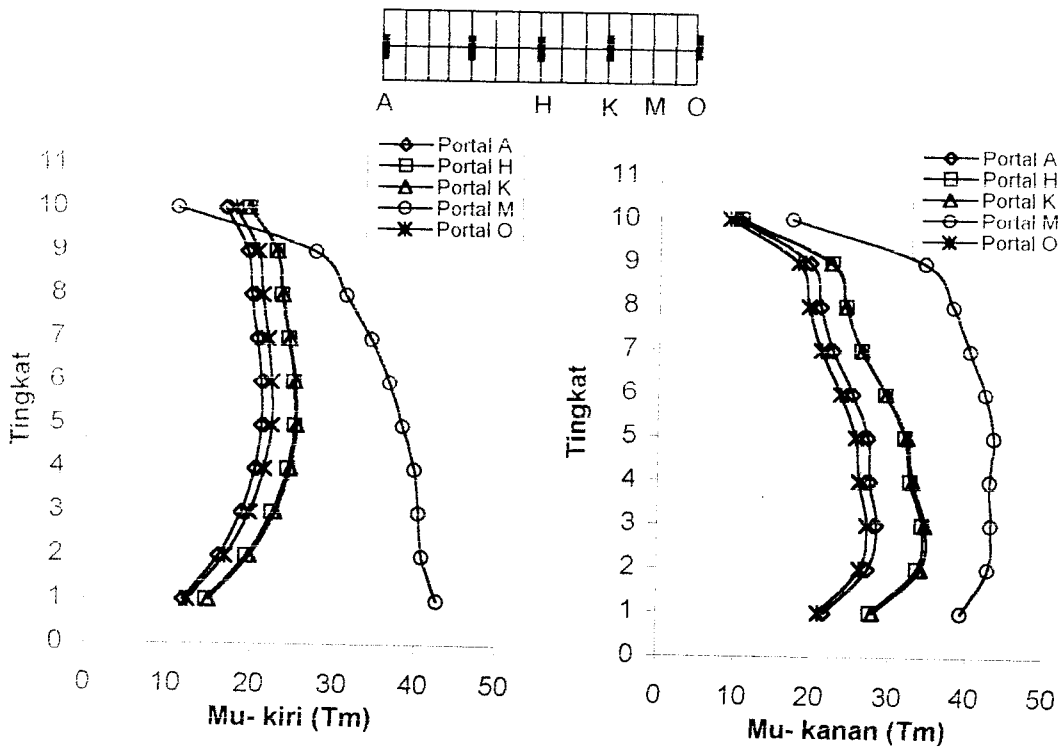
Gb. 5.29 Mu- balok kiri str.15 portal, 3 dinding geser

Gb. 5.30 Mu- balok kanan str.15 portal, 3 dinding geser



Gb. 5.31 Mu- balok kiri str. 6 portal, + dinding geser

Gb. 5.32 Mu- balok kanan str. 16 portal, 4 dinding geser



Gb. 5.33 Mu- balok kiri str. 15 portal, 5 dinding geser

Gb. 5.34 Mu- balok kanan str. 15 portal, 5 dinding geser

5.9.2 Momen Tumpuan Balok Searah Sumbu X

Tabel 5.47 Momen tumpuan as 1, struktur 15 portal tanpa dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	32,764277	18,75728	8,043095	2,491562	5,82656
BC	19,551041	17,169221	12,752764	7,824275	4,508722
CD	20,589204	15,758643	11,026578	6,19027	1,596737
DE	20,164218	15,397998	10,136344	4,946628	0,007147
EF	20,118458	15,238067	9,891873	4,649999	0,254
FG	20,079019	15,196329	9,856904	4,618412	0,228
GH	20,058171	15,174929	9,850002	4,613204	0,201
HI	20,03815	15,152484	9,836392	4,598434	0,195
IJ	20,019712	15,127875	9,815552	4,574994	0,202
JK	20,005321	15,103098	9,790822	4,546356	0,217
KL	19,994132	15,103622	9,807584	4,567508	0,192
LM	20,097911	15,235585	10,085315	4,89903	0,083532
MN	20,103202	16,052378	11,153064	5,904106	0,852146
NO	22,984188	16,94594	11,950007	6,759665	2,515313

Tabel 5.48 Momen tumpuan as 1, struktur 16 portal tanpa dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	33,131837	19,026877	8,439004	2,499221	5,900748
BC	19,778886	17,382747	13,028722	7,844722	4,485654
CD	20,825772	15,956941	11,290378	6,196733	1,568123
DE	20,395733	15,593957	10,387471	4,953259	0,027332
EF	20,347444	15,430893	10,133862	4,658649	0,285831
FG	20,305054	15,386272	10,090826	4,629464	0,257862
GH	20,281335	15,362103	10,076664	4,626185	0,228168
HI	20,258596	15,337573	10,057589	4,614191	0,218552
IJ	20,238465	15,312905	10,035481	4,597302	0,218573
JK	20,22037	15,287931	10,01028	4,575676	0,225833
KL	20,206545	15,263433	9,982903	4,549692	0,239948
LM	20,195769	15,26436	9,997844	4,57344	0,213497
MN	20,300288	15,396119	10,27356	4,905962	0,062089
NO	20,302352	16,212509	11,33347	5,903884	0,821257
OP	23,196374	17,081367	12,107214	6,723043	2,489371

Tabel 5.49 Momen tumpuan as 1, struktur 16 portal dengan 2 dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	35,936326	21,100535	9,779049	2,765234	6,519736
BC	21,662194	19,31336	14,79046	9,218338	5,237227
CD	23,038575	18,496488	14,11628	8,788829	3,149221
DE	22,877857	18,511629	13,321276	7,377464	0,978215
EF	21,077384	14,115777	6,671446	0,171095	0,28889
FG	22,117097	16,860842	10,951905	5,033096	0,500741
GH	22,192951	17,085988	11,555905	5,787102	0,762623
HI	22,124759	17,008068	11,3926	5,537382	0,246425
IJ	22,187837	17,181005	11,710497	5,89398	0,448399
JK	22,398599	17,807824	12,792332	7,111971	1,34008
KL	22,675611	18,167707	12,900554	6,963262	0,805536
LM	20,915073	13,948016	6,538525	0,097135	0,009815
MN	22,113524	16,878428	11,151057	5,334958	0,880063
NO	22,190591	17,942507	12,790611	7,026881	1,810848
OP	25,139285	18,523244	13,027329	7,194544	2,850672

Tabel 5.50 Momen tumpuan as 1, struktur 15 portal dengan 3 dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	37,039612	20,686478	7,98675	6,476986	7,842571
BC	22,283629	19,924695	15,044313	9,285106	5,880068
CD	23,56602	18,423452	13,284911	7,617036	2,522355
DE	23,043713	17,989913	12,192589	6,084382	0,388817
EF	23,089455	18,035963	12,31252	6,211726	0,40528
FG	23,273023	18,641241	13,377396	7,424436	1,330669
GH	23,528232	18,97643	13,470315	7,27225	0,810487
HI	21,788127	14,7935	7,160768	0,45788	0,31975
IJ	22,82361	17,507197	11,396768	5,2656	0,570279
JK	22,907988	17,723308	11,971666	5,97645	0,762431
KL	22,84259	17,651751	11,81398	5,73196	0,230619
LM	23,017541	17,929178	12,345635	6,343125	0,616796
MN	23,206514	19,396379	14,455585	8,472705	2,194461
NO	26,757753	20,850257	15,895911	9,937224	5,090713

Tabel 5.51 Momen tumpuan as 1, struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	38,020787	21,363078	8,378727	6,585509	8,039057
BC	22,902646	20,507885	15,510372	9,595247	5,998199
CD	24,341362	19,276365	14,243565	8,508999	3,088683
DE	24,026397	19,457557	14,187587	8,130768	1,296868
EF	24,224507	19,562963	13,881517	7,49403	0,766829
FG	22,447373	15,322962	7,488505	0,59691	0,313615
GH	23,494373	18,101267	11,854415	5,563138	0,669809
HI	23,695432	18,61625	12,96731	6,899239	1,379911
IJ	23,845273	19,153747	13,846111	7,814178	1,689136
JK	24,06485	19,388696	13,74156	7,409559	0,841424
KL	22,315872	15,157402	7,341265	0,486811	0,227027
LM	23,370826	17,944964	11,706399	5,444677	0,630242
MN	23,694452	18,574378	13,042533	7,044746	1,530446
NO	23,82536	19,96932	14,960237	8,875752	2,531064
OP	27,388923	21,29102	16,157935	10,049863	5,178132

Tabel 5.52 Momen tumpuan as 1, struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	38,931239	22,193878	9,071606	2,903418	8,789585
BC	23,545828	21,291274	16,308693	10,063965	6,171501
CD	25,131499	20,426051	15,685564	10,050053	4,075077
DE	24,868286	20,337892	14,681919	8,421764	1,562485
EF	23,252068	16,328289	8,630041	1,682613	0,645195
FG	24,444236	19,598541	13,866317	7,658807	2,067679
GH	24,812993	20,207112	14,628891	8,434	1,97909
HI	23,191347	16,327915	8,742838	1,868368	0,834663
IJ	24,378514	19,540358	13,851049	7,675327	2,142714
JK	24,726812	20,071024	14,462241	8,264624	1,864064
KL	22,998786	15,94683	8,13707	1,171259	0,406621
LM	24,19726	18,91374	12,889026	6,589541	1,363244
MN	24,481921	20,637388	15,585826	9,59404	3,3075
NO	28,03936	21,853968	16,580404	10,629594	5,700953

Tabel 5.53 Momen tumpuan as 2, struktur 15 portal tanpa dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	31,877856	17,008434	5,958756	1,075976	7,152394
BC	21,000699	18,01244	12,843234	7,645338	4,644956
CD	21,70776	16,443823	11,113173	5,790551	1,370153
DE	21,279563	16,01319	10,106399	4,444567	0,364271
EF	21,223806	15,840956	9,849871	4,123949	0,645747
FG	21,182882	15,79449	9,812461	4,088131	0,627495
GH	21,15972	15,768411	9,8027	4,078084	0,608334
HI	21,13788	15,74201	9,786892	4,059527	0,609414
IJ	21,117963	15,714053	9,764703	4,033263	0,622848
JK	21,101099	15,684131	9,735119	3,998066	0,648024
KL	21,086544	15,672488	9,733599	3,994117	0,65033
LM	21,182154	15,808119	9,994135	4,31555	0,398519
MN	21,275373	16,706536	11,359814	5,664896	0,703652
NO	24,093089	18,564511	13,431059	8,469304	3,916161

Tabel 5.54 Momen tumpuan as 2, struktur 16 portal tanpa dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	32,247224	17,27871	6,346629	6,186333	7,232576
BC	21,256131	18,247604	13,139183	7,6634	4,620177
CD	21,968672	16,663751	11,394709	5,798494	1,339944
DE	21,535282	16,229768	10,374242	4,452993	0,399357
EF	21,476668	16,054036	10,107814	4,1349	0,678079
FG	21,43257	16,004346	10,061695	4,101901	0,656771
GH	21,406291	15,975116	10,044024	4,094051	0,634636
HI	21,381458	15,946127	10,021926	4,078179	0,631979
IJ	21,359604	15,917788	9,997821	4,058477	0,63814
JK	21,340075	15,889589	9,971209	4,034591	0,651376
KL	21,323768	15,859974	9,938787	4,002342	0,675327
LM	21,309623	15,848747	9,935258	4,00116	0,676353
MN	21,40591	15,984261	10,193738	4,323861	0,423963
NO	21,49609	16,881745	11,551868	5,666555	0,670095
OP	24,323475	18,714499	13,598302	8,437235	5,761032

Tabel 5.55 Momen tumpuan as 2, struktur 16 portal dengan 2 dinding geser

Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	34,84974	19,412276	7,378671	7,251921	8,686608
BC	23,627416	21,094754	16,077797	10,427446	6,55741
CD	25,830299	25,081092	23,390892	18,787228	11,794894
DE	37,174684	36,866016	36,410438	30,987581	23,563521
EF	34,986054	14,26748	23,77993	26,645533	23,130644
FG	21,878331	18,839216	13,433425	7,946744	8,45668
GH	24,027485	18,759814	13,374469	7,797455	3,783678
HI	23,325392	18,009619	11,570996	5,219203	0,207307
IJ	23,755384	18,698864	12,855372	6,759621	2,930409
JK	25,140975	24,242766	21,866166	16,926174	9,816215
KL	36,880512	36,42136	35,889044	30,465244	23,130644
LM	34,626661	14,446861	24,059123	27,009312	23,563521
MN	21,839545	18,825543	13,583098	8,222503	10,122929
NO	24,087895	19,716804	14,947741	9,449102	5,272467
OP	26,280034	20,573921	14,826402	9,279386	7,055804

Tabel 5.56 Momen tumpuan as 2, struktur 15 portal dengan 3 dinding geser

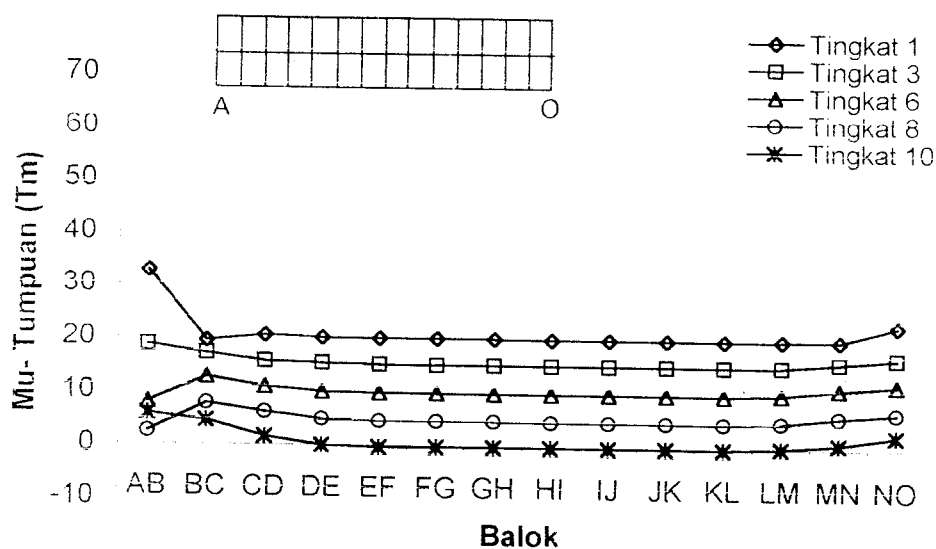
Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	56,680934	18,935657	20,598166	26,420717	23,736244
BC	20,888912	21,30289	16,840062	11,697739	11,907204
CD	25,444902	20,055051	14,592085	8,885418	5,290177
DE	24,245456	19,18496	12,308006	5,622456	0,571537
EF	24,694645	19,811182	13,523972	7,099433	1,570637
FG	26,061857	25,388947	22,578119	17,306555	10,049964
GH	37,943444	37,656135	36,580645	30,767765	19,153662
HI	36,227748	9,920263	14,617289	19,479847	19,642995
IJ	22,572348	19,697514	13,928338	8,200851	8,482706
JK	24,795116	19,613293	13,813863	7,950129	3,609924
KL	24,115736	18,86468	12,003258	5,353745	0,097583
LM	24,67661	19,569961	13,370015	7,026187	3,201212
MN	25,882323	25,863705	23,263145	17,839049	10,120568
NO	42,873885	41,030335	40,689661	35,029046	20,178262

Tabel 5.57 Momen tumpuan as 2, struktur 16 portal dengan 4 dinding geser

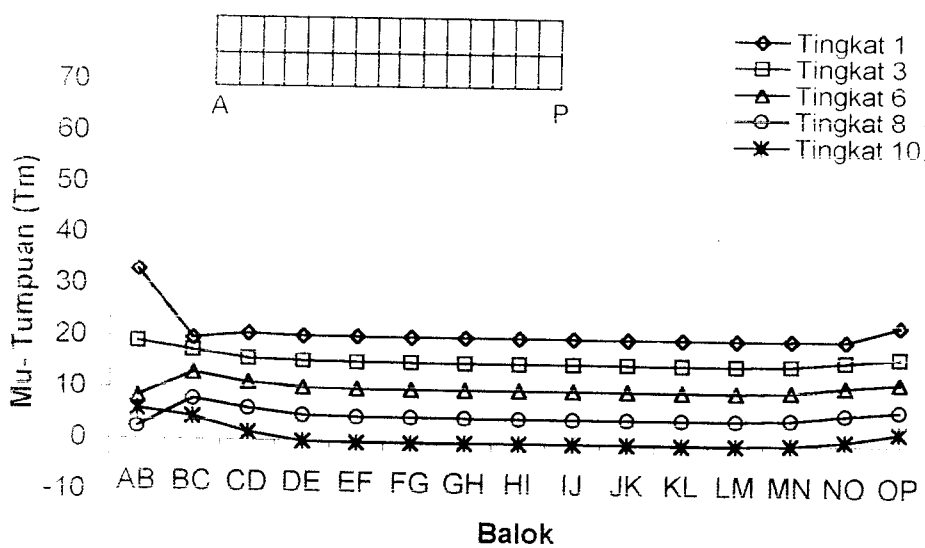
Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	58,181474	20,006451	30,823287	34,601293	25,363178
BC	21,4068	21,858747	17,145885	10,193595	11,920035
CD	26,639785	21,718816	16,885907	11,414636	7,256873
DE	26,864275	26,500064	23,734511	18,42218	11,115452
EF	38,785947	38,399075	36,993002	30,946256	23,711296
FG	37,36594	10,845363	23,930903	26,808429	22,954279
GH	23,132093	20,30118	14,272051	8,389067	9,505021
HI	25,958148	21,320606	16,138302	10,503145	5,845643
IJ	26,702128	26,216708	23,450283	18,159152	10,72592
JK	38,629175	38,193366	36,850815	30,869095	22,954279
KL	37,207446	14,372258	23,892822	26,787255	23,711296
LM	23,058311	20,088842	14,051851	9,432219	10,192914
MN	26,021315	21,148185	16,045353	10,474526	6,403652
NO	26,567899	26,770833	24,2094	18,760725	11,033638
OP	43,660544	41,652728	40,987325	35,119746	25,363178

Tabel 5.58 Momen tumpuan as 2, struktur 15 portal dengan 5 dinding geser

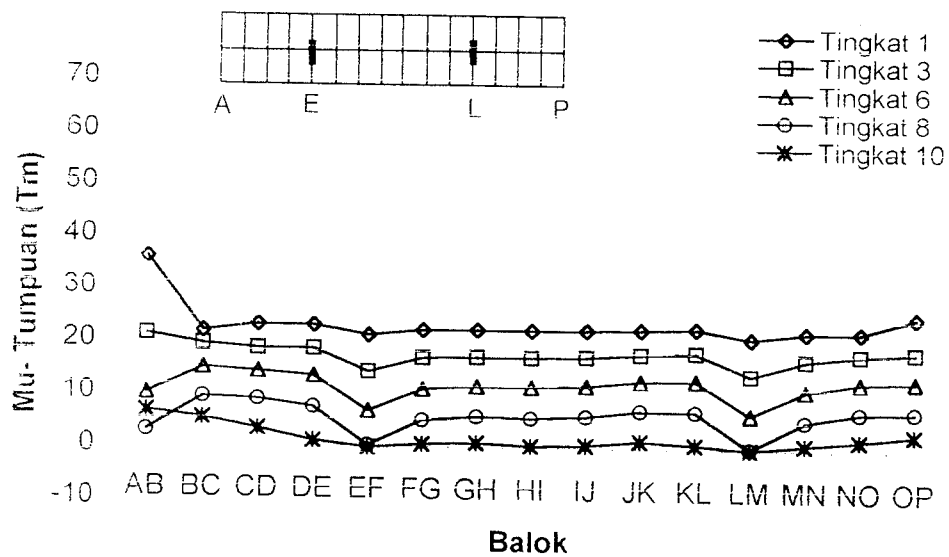
Balok	Tingkat				
	1	3	6	8	10
AB	59,462788	21,345408	21,15083	27,648688	25,543363
BC	22,424506	23,475783	19,316695	13,931644	13,395342
CD	28,59404	27,911481	26,120563	21,719953	15,639752
DE	39,543535	39,526779	37,989151	32,093576	20,621945
EF	39,124709	13,296574	17,124161	23,08477	24,611976
FG	25,648998	27,641014	25,574967	20,942843	18,894099
GH	40,100366	40,044649	39,592904	34,475522	23,868401
HI	38,994587	13,304372	17,154272	23,113195	24,831673
IJ	25,598636	27,564988	25,53758	20,910335	18,741589
JK	40,061714	39,912324	39,485087	34,39005	23,557463
KL	38,274449	11,846127	15,247913	20,754606	21,389398
LM	24,245035	21,784865	16,391332	10,580799	11,865991
MN	27,769113	28,107413	26,180197	21,467754	14,626413
NO	44,44996	42,71593	41,831405	36,092049	21,507898



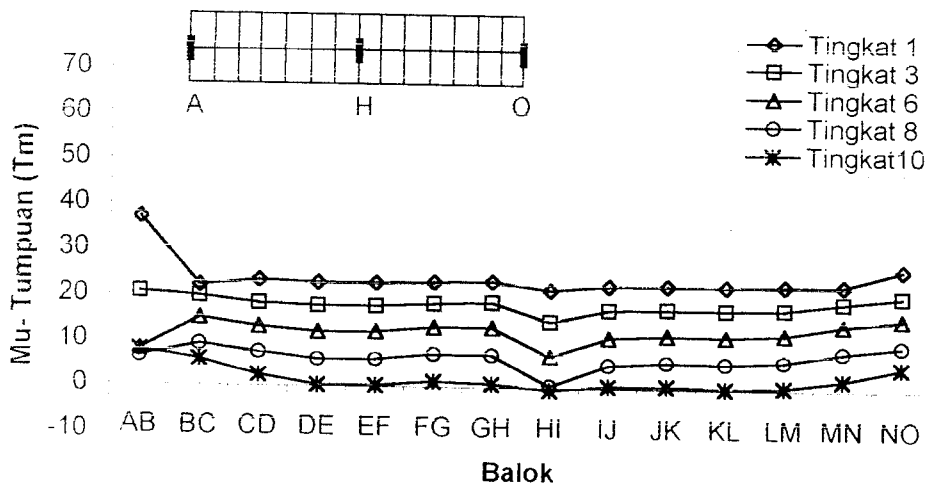
Gambar 5.35 Grafik Mu- balok tumpuan as1 struktur 15 portal tanpa dinding geser



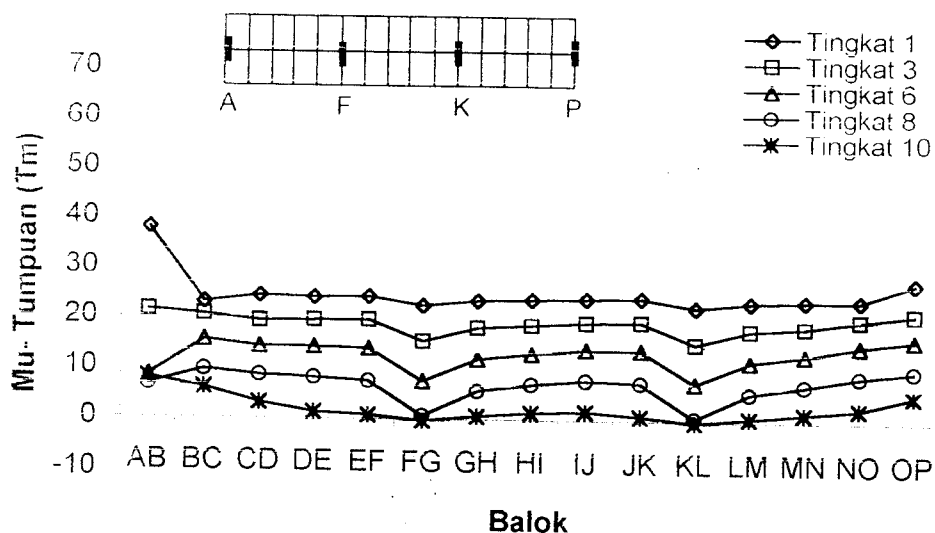
Gambar 5.36 Grafik Mu- balok tumpuan as1 struktur 16 portal tanpa dinding geser



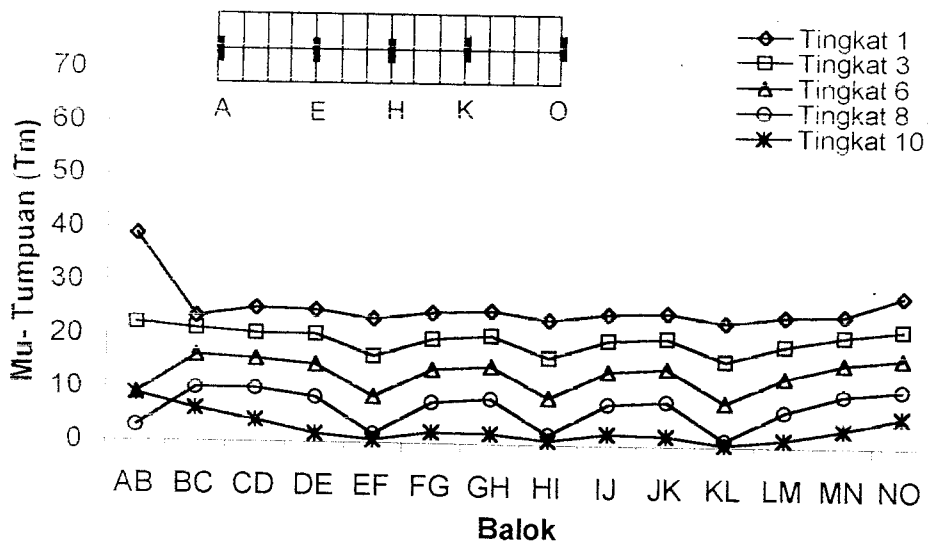
Gambar 5.37 Grafik Mu-balok tumpuan asl struktur 16 portal 2 dinding geser



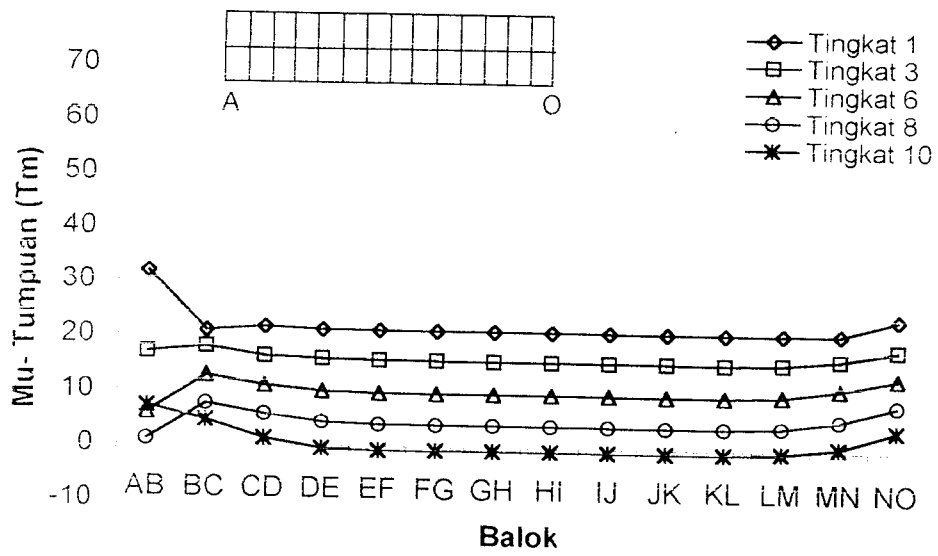
Gambar 5.38 Grafik Mu-balok tumpuan asl struktur 15 portal 3 dinding geser



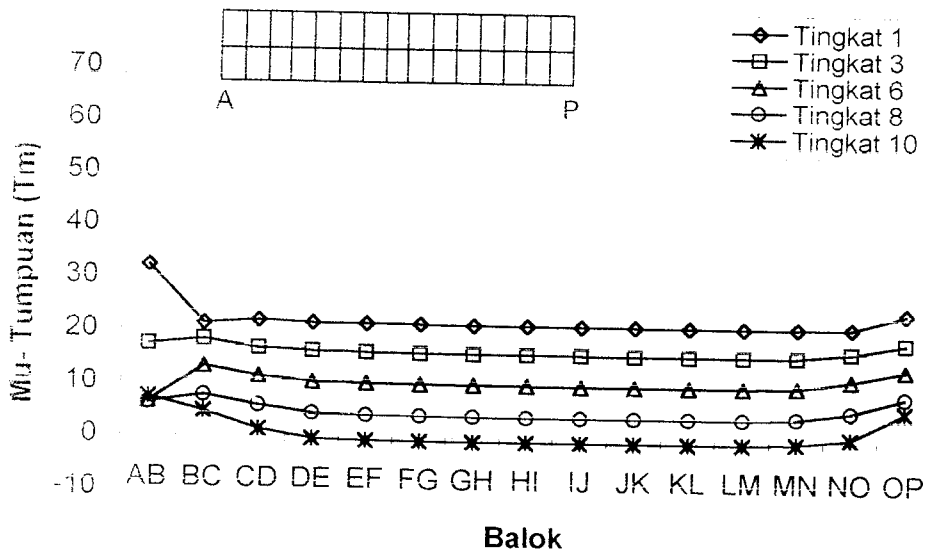
Gambar 5.39 Grafik Mu- balok tumpuan asl struktur 16 portal 4 dinding geser



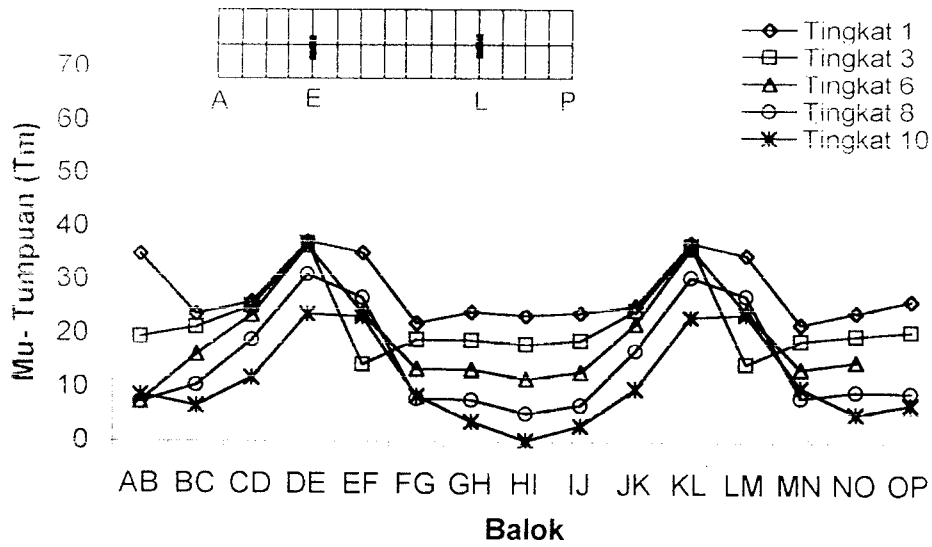
Gambar 5.40 Grafik Mu- balok tumpuan asl struktur 15 portal 5 dinding geser



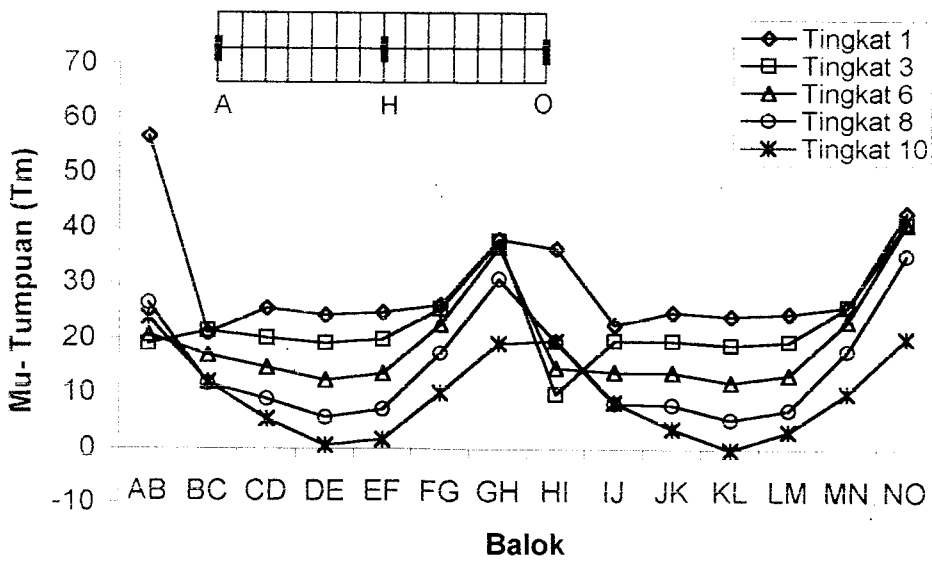
Gambar 5.41 Grafik Mu-balok tumpuan as 2 struktur 15 portal tanpa dinding geser



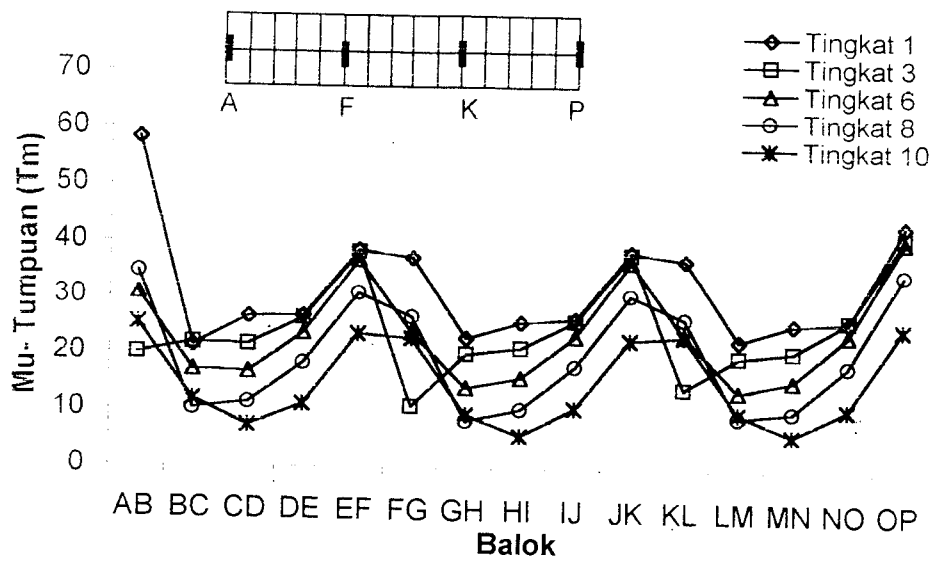
Gambar 5.42 Grafik Mu-balok tumpuan as 2 struktur 16 portal tanpa dinding geser



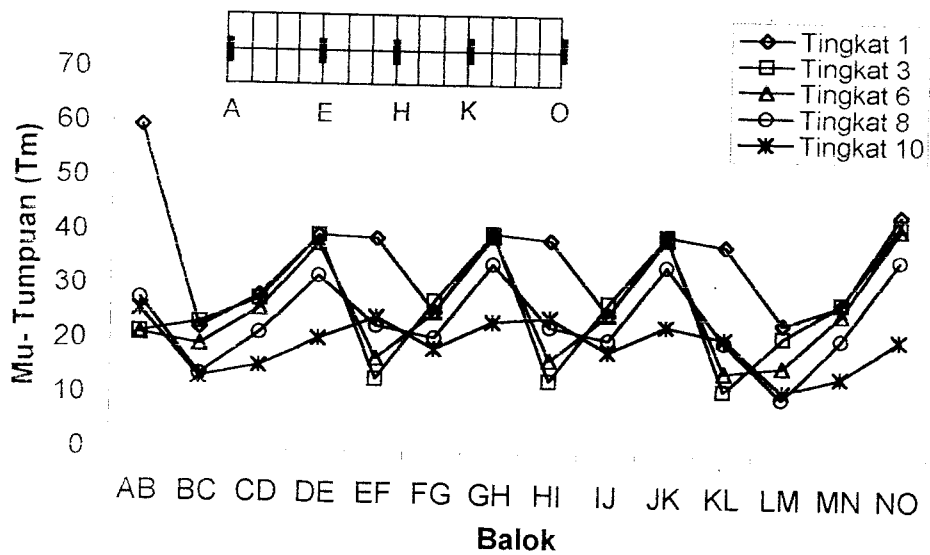
Gambar 5.43 Grafik Mu-balok tumpuan as 2 struktur 16 portal 2 dinding geser



Gambar 5.44 Grafik Mu-balok tumpuan as 2 struktur 15 portal 3 dinding geser



Gambar 5.45 Grafik Mu- balok tumpuan as 2 struktur 16 portal 4 dinding geser



Gambar 5.46 Grafik Mu- balok tumpuan as 2 struktur 15 portal 5 dinding geser

BAB VI

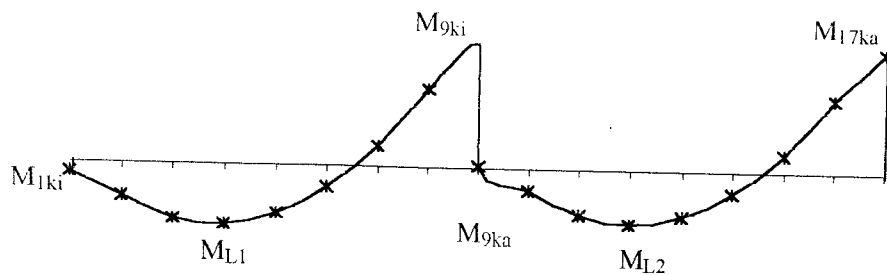
DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG

6.1 Desain Balok

Untuk perencanaan balok yang lebih ekonomis, maka digunakan metode redistribusi momen untuk memperkecil momen negatif tumpuan dan memperbesar momen positif lapangan yang relatif jauh lebih kecil, sehingga didapatkan distribusi yang lebih baik dari pemanfaatan kekuatan sepanjang bentang balok. Selain itu momen balok yang digunakan adalah momen aktual yang terjadi, yaitu momen di muka kolom, yang didapatkan dengan cara interpolasi.

6.1.1 Redistribusi Momen

Dalam perhitungan redistribusi momen ini diambil momen di muka kolom. Sebagai contoh dihitung bentang balok C tingkat 1, struktur 16 portal dengan 2 dinding geser.



$$M_{1ki} = 30,9790 \text{ KNm}$$

$$M_{9ka} = -8,527 \text{ KNm}$$

$$M_{1,1} = 194,852 \text{ KNm}$$

$$M_{1,2} = 174,700 \text{ KNm}$$

$$M_{9ka} = -408,073 \text{ KNm}$$

$$M_{17ka} = -395,09 \text{ KNm}$$

$$\Sigma M_{bi} = M_{1ki} + M_{9ki} + M_{9ka} + M_{17ka}$$

$$= 30,9790 + 408,073 + 8,527 + 395,09 = 842,669 \text{ KNm}$$

a. Untuk balok bentang kiri

Diambil $\Delta M_1 = 21\% \cdot 408,073 = 85,695 \text{ KNm}$ dan $\Delta M_2 = \Delta M_1 = 85,695 \text{ KNm}$.

Dimana nilai ΔM_1 dan $\Delta M_2 < 30\%$. $M_{\text{mak}} = 122,4219 \text{ KNm}$ sehingga diperoleh :

$$M_{1ki}^? = M_{1ki} + \Delta M_1 = 30,974 + 85,695 = 116,674 \text{ KNm}$$

$$M_{9ki}^? = M_{9ki} - \Delta M_1 = 408,073 - 85,695 = 322,378 \text{ KNm}$$

$$M_{L1}^? = M_{L1} + \Delta M_1 = 194,852 + 85,695 = 280,548 \text{ KNm}$$

b. Untuk balok bentang kanan

Diambil $\Delta M_2 = 21\% \cdot 408,073 = 85,695 \text{ KNm}$ dan $\Delta M_3 = \Delta M_2 = 85,695 \text{ KNm}$

Dimana nilai ΔM_2 dan $\Delta M_3 < 30\%$. $M_{\text{mak}} = 122,4219 \text{ KNm}$ sehingga diperoleh :

$$M_{9ka}^? = M_{9ka} + \Delta M_2 = 8,527 + 85,695 = 94,222 \text{ KNm}$$

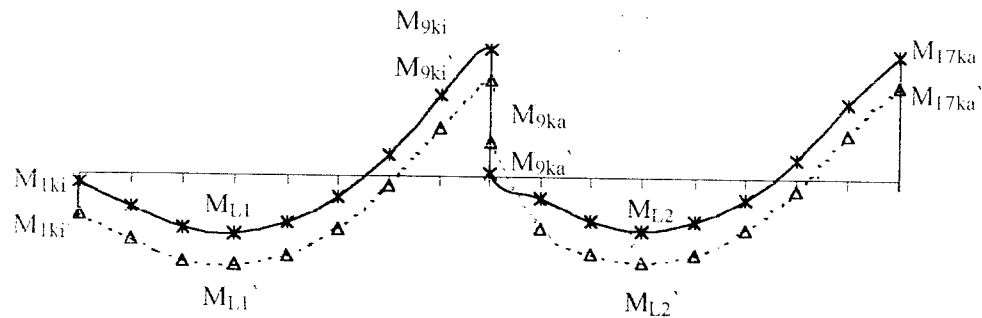
$$M_{17ka}^? = M_{17ka} - \Delta M_2 = 395,09 - 85,695 = 309,395 \text{ KNm}$$

$$M_{1,2}^? = M_{1,2} + \Delta M_2 = 174,700 + 85,695 = 260,395 \text{ KNm}$$

Sehingga $M_{bi}^? = M_{1ki}^? + M_{9ki}^? + M_{9ka}^? + M_{17ka}^?$

$$= 116,674 + 322,378 + 94,222 + 309,395$$

$$= 842,669 = M_{bi}$$



Gambar 6.1 Redistribusi momen balok C tingkat 1

$$M_{1ka}' = 116,674 \text{ KNm}$$

$$M_{9ka}' = -94,222 \text{ KNm}$$

$$M_{1,1}' = 280,548 \text{ KNm}$$

$$M_{1,2}' = 260,395 \text{ KNm}$$

$$M_{9ki}' = -322,378 \text{ KNm}$$

$$M_{17ki}' = -309,395 \text{ KNm}$$

Hasil redistribusi momen untuk balok-balok lain pada struktur 16 portal dengan dua dinding geser dapat dilihat pada tabel 6.1.

6.1.2 Desain Balok

Untuk contoh akan didesain bentang balok C1-2 tingkat 1, sedang untuk balok-balok yang lainnya dapat dilihat pada tabel 6.1. Momen tumpuan positif dan momen tumpuan negatif yang digunakan adalah momen pada sisi muka kolom yaitu momen sejarak $\frac{1}{2}$ tebal kolom dari titik pusat joint yang dapat diperoleh dengan cara interpolasi. Dalam perencanaan ini, ukuran balok yang digunakan adalah 40/80 untuk tingkat 1 hingga tingkat 10.

$$M_u^- = -322,378 \text{ KNm}$$

$$M_u^+ = 166,674 \text{ KNm}$$

a. Tulangan Tumpuan Negatif

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{116,674}{322,378} = 0,3619 \text{ digunakan } \frac{\rho'}{\rho} = 0,5 \text{ (persyaratan gempa)}$$

ds diambil 100 mm, $d = 800 - 100 = 700$ mm

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{322,378}{0,4 \cdot 0,7^2} = 1644,786$$

Dari tabel 4.1 untuk $f'c = 30$ Mpa, $f_y = 400$ Mpa dan $\rho' = 0,5\rho$ didapat $\rho = 0,005473$

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,005473 \cdot 400 \cdot 700 = 1532,357 \text{ mm}^2$$

Dipakai 5D20

$$As' = 0,5 As = 0,5 \cdot 1532,357 = 766,1786 \text{ mm}^2$$

Dipakai 3D20

b. Tulangan Tumpuan Positif

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{322,378}{166,674} = 2,7631, \text{ dipakai } \frac{\rho'}{\rho} = 1$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{166,674}{0,4 \cdot 0,7^2} = 595,2755$$

Dari tabel 4.1 untuk $\rho' = \rho$ didapat $\rho = 0,002067$

$$As = As' = \rho \cdot b \cdot d = 0,002067 \cdot 400 \cdot 700 = 578,643 \text{ mm}^2$$

Dipakai 2D20

Tulangan terpasang diambil berdasarkan nilai maksimum dari 2 jenis tulangan tumpuan yaitu : $As = 5D20$ dan $As' = 3D20$.

$$d_s = \frac{5 \cdot \left(\frac{20}{2} + 10 + 40 \right)}{5}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

$$j_{bd} = \frac{400 - 80 - 20 - 5 \cdot 20}{4}$$

$$= 50 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

$$d' = \frac{20}{2} + 10 + 40 = 60 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 800 - 60 = 740 \text{ mm}$$

$$A_s = 5,0,25 \cdot \pi \cdot 20^2 = 1570,79 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 3,0,25 \cdot \pi \cdot 20^2 = 942,48 \text{ mm}^2$$

$$A_{s1} = A_s - A_s'$$

$$= 1570,79 - 942,48$$

$$= 628,31 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = A_{s2}$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 1570,79 \cdot 400 = 628316 \text{ N}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot a = 10200 \cdot a$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$C_s = 942,48 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30) = 352958,76 \text{ N}$$

$$T = C_c + C_s$$

$$628316 = 10200 \cdot a + 352958,76$$

$$a = 26,996 \text{ mm}$$

$$M_{nak\ b} = M_{n1} + M_{n2}$$

$$\begin{aligned} M_{nak\ b} &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s \cdot (d - d') \\ &= 628,31 \cdot 400 \cdot \left(740 - \frac{26,996}{2} \right) + 352958,76 \cdot (740 - 60) \\ &= 182,58 \text{ kNm} + 240,01 \text{ kNm} \\ &= 422,59 \text{ kNm} > M_u / \phi = 322,378 / 0,8 = 402,972 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{kap\ b} = \phi_o \cdot M_{nak\ b}$$

$$M_{kap\ b} = 1,25 \cdot 422,59 = 528,238 \text{ kNm}$$

$$M_{nak\ b'} = 240,01 \text{ kNm}$$

$$M_{kap\ b'} = 1,25 \cdot 240,01 = 300,013 \text{ kNm}$$

c. Tulangan Lapangan

$$M_u = 280,548 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{280,548}{0,8} = 350,685 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{350,685 \cdot 10^6}{400 \cdot 740^2} = 1,601$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,601}{400}} \right) = 0,004137$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,004137 \cdot 400 \cdot 740 = 1224,485 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4D20.

d. Gaya Geser Balok

$$V_D = 146,835 \text{ KN}$$

$$V_L = 32,165 \text{ KN}$$

$$V_E = 50,371 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_G &= 1,2 \cdot V_D + 1,6 \cdot V_L \\ &= 1,2 \cdot 146,835 + 1,6 \cdot 32,165 \\ &= 227,666 \text{ KN} \end{aligned}$$

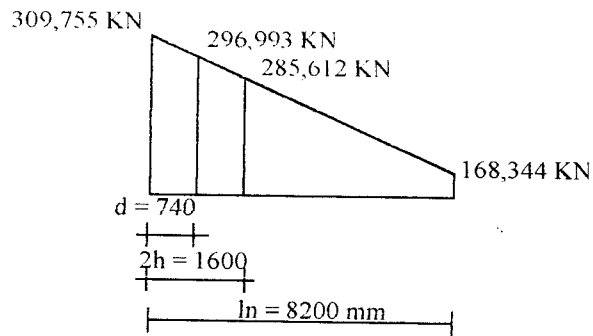
$$l_n = 9 - \left(\frac{0,75 + 0,85}{2} \right) = 8,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,7 \cdot \frac{M_{kaph} + M_{kaph'}}{l_n} + 1,05 \cdot V_G \\ &= 0,7 \cdot \frac{528,238 + 300,013}{8,2} + 1,05 \cdot 227,666 \\ &= 309,755 \text{ KN} \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh lebih dari :

$$\begin{aligned} V_u &= 1,05 \left(V_D + V_L + \frac{4}{K} V_E \right) \\ &= 1,05 (146,385 + 32,165 + 4 \cdot 50,371) \\ &= 399,508 \text{ KN} > 318,238 \text{ KN} \quad (\text{memenuhi syarat}) \end{aligned}$$

$$1,05 \cdot V_G - 0,7 \cdot \frac{M_{kap} + M_{kap'}}{l_n} = 1,05 \cdot 227,666 - 0,7 \cdot \frac{528,238 + 300,013}{8,2} = 168,344 \text{ KN}$$



.Di dalam daerah sendi plastis :

$$V_{u\text{terpakai}} = 296,993 \text{ KN}$$

$$V_c = 0$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} = \frac{296,993}{0,6} = 494,989 \text{ KN}$$

Di pakai sengkang ϕ 10 mm dengan mutu baja $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{F_s} = \frac{2,0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 400 \cdot 740}{494,989 \cdot 10^3} = 93,932 \text{ mm} < d/4 = 185 \text{ mm}$$

Di pakai sengkang ϕ 10-90 mm.

Diluar daerah sendi plastis :

$$V_u = 318,238 - \frac{1,4 \cdot (309,755 - 168,344)}{8,2} = 285,612 \text{ KN}$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot b \cdot d = \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \cdot 400 \cdot 740 = 270,210 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{285,612}{0,6} - 270,210 = 205,809 \text{ KN}$$

$$s = \frac{2,0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 400 \cdot 740}{205,809 \cdot 10^3} = 225,916 \text{ mm} > d/2 = 370 \text{ mm}$$

Di pakai sengkang ϕ 10-225 mm

Dengan cara yang sama dapat dihitung penulangan untuk balok-balok yang lain.

Hasil perhitungan penulangan balok dapat dilihat pada tabel 6.2.

Tabel 6.1 Redistribusi momen struktur 16 portal 2 dinding geser

Section	No. Data	Momen Sebelum dan Sesudah Redistribusi									
		1C	1C'	3C	3C'	5C	5C'	7C	7C'	10C	10C'
C1-1	1	30,979	116,674	-5,541	-81,397	-43,177	-105,904	-90,536	-139,748	-78,545	-63,597
C1-2	2	110,724	196,419	80,577	156,433	55,483	118,210	21,467	70,679	-7,277	7,671
C1-3	3	178,639	264,334	158,052	233,908	142,521	205,248	122,497	171,709	57,597	42,649
C1-4	4	194,852	280,548	183,825	259,681	177,857	240,584	171,826	221,038	95,715	80,766
C1-5	5	159,364	245,059	157,896	233,752	161,491	224,219	169,452	218,664	107,076	92,127
C1-6	6	72,174	157,869	80,266	156,122	93,424	156,151	115,377	164,589	91,680	76,732
C1-7	7	-66,718	18,977	-49,067	26,789	-26,345	36,382	9,600	58,812	49,528	34,580
C1-8	8	-257,312	-171,616	-230,101	-154,245	-197,816	-135,089	-147,878	-98,666	-19,380	-34,328
C1-9	9ki	-408,073	-322,378	-374,914	-299,058	-346,064	-283,337	-296,629	-247,417	-89,534	-104,483
C2-1	9ka	-8,527	-94,222	18,935	94,791	8,699	71,426	-37,512	-86,725	-46,217	-31,269
C2-2	10	71,755	157,451	94,625	170,481	91,490	154,217	58,975	108,187	15,215	0,267
C2-3	11	149,079	234,774	164,568	240,424	163,974	226,701	142,958	192,170	72,229	57,281
C2-4	12	174,700	260,395	182,809	258,665	184,756	247,483	175,239	224,451	102,486	87,538
C2-5	13	148,620	234,315	149,349	225,204	153,837	216,564	155,819	205,031	105,987	91,039
C2-6	14	70,838	156,533	64,186	140,042	71,216	133,943	84,696	133,908	82,732	67,784
C2-7	15	-58,646	27,049	-72,678	3,178	-63,107	-0,380	-38,128	11,084	32,720	17,772
C2-8	16	-239,832	-154,136	-261,243	-185,388	-249,131	-186,404	-212,653	-163,441	-44,049	-58,997
C2-9	17	-395,090	-309,395	-421,422	-345,566	-418,181	-355,454	-378,554	-329,342	-124,568	-139,516

Tabel 6.2 Tulangan longitudinal balok portal C struktur 16 portal 2 dinding geser

Balok	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen nak (KNm)	
		Mu ⁻ (KNm)	Mu ⁺ (KNm)	As Perlu	Jumlah	As Perlu	Jumlah	Mnak, b	Mnak, b'
1C1-2	tumpuan	322,378	116,674	1532,36	5D20	766,18	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	280,548	-	2D20	1224,49	4D20		
1C2-3	tumpuan	309,395	-	1469,98	5D20	734,99	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	260,395	-	2D20	1133,71	4D20		
3C1-2	tumpuan	299,058	-	1420,36	5D20	710,18	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	259,681	-	2D20	1130,50	4D20		
3C2-3	tumpuan	345,566	94,791	1643,83	6D20	821,91	3D20	511,573	240,011
	lapangan	-	258,665	-	2D20	1125,93	4D20		
5C1-2	tumpuan	283,337	-	1344,90	5D20	672,45	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	240,584	-	2D20	1044,92	4D20		
5C2-3	tumpuan	355,454	71,426	1691,41	6D20	845,71	3D20	511,573	240,011
	lapangan	-	247,483	-	2D20	1075,79	4D20		
7C1-2	tumpuan	247,417	-	1172,87	4D20	586,43	2D20	342,696	160,008
	lapangan	-	221,037	-	2D20	957,74	4D20		
7C2-3	tumpuan	329,342	-	1565,83	5D20	782,92	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	224,451	-	2D20	972,94	4D20		
10C1-2	tumpuan	104,482	-	492,84	2D20	246,42	2D16	168,912	102,405
	lapangan	-	92,127	-	2D20	393,15	2D20		
10C2-3	tumpuan	139,516	-	658,90	3D20	329,45	2D16	259,951	102,405
	lapangan	-	91,039	-	2D20	388,45	2D20		

Tabel 6.3 Tulangan longitudinal balok portal C struktur 15 portal 3 dinding geser

Balok	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen nak (KNm)	
		Mu ⁻ (KNm)	Mu ⁺ (KNm)	As Perlu	Jumlah	As Perlu	Jumlah	Mnak, b	Mnak, b'
1C1-2	tumpuan	303,328	76,061	1440,85	5D20	720,43	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	261,762	-	2D20	1139,85	4D20		
1C2-3	tumpuan	289,465	-	1374,31	5D20	687,16	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	243,441	-	2D20	1057,70	4D20		
3C1-2	tumpuan	273,656	-	1298,44	5D20	649,22	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	245,151	-	2D20	1065,35	4D20		
3C2-3	tumpuan	321,248	-	1526,93	5D20	763,46	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	246,182	-	2D20	1069,96	4D20		
5C1-2	tumpuan	254,933	-	1208,84	4D20	604,42	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	232,202	-	2D20	1007,48	4D20		
5C2-3	tumpuan	329,405	-	1566,14	5D20	783,07	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	241,449	-	2D20	1048,79	4D20		

Tabel 6.2 Tulangan longitudinal balok portal C struktur 16 portal 2 dinding geser

Balok	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen nak (KNm)	
		Mu ⁻ (KNm)	Mu ⁺ (KNm)	As Perlu	Jumlah	As Perlu	Jumlah	Mnak, b	Mnak, b'
1C1-2	tumpuan	322,378	116,674	1532,36	5D20	766,18	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	280,548	-	2D20	1224,49	4D20		
1C2-3	tumpuan	309,395	-	1469,98	5D20	734,99	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	260,395	-	2D20	1133,71	4D20		
3C1-2	tumpuan	299,058	-	1420,36	5D20	710,18	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	259,681	-	2D20	1130,50	4D20		
3C2-3	tumpuan	345,566	94,791	1643,83	6D20	821,91	3D20	511,573	240,011
	lapangan	-	258,665	-	2D20	1125,93	4D20		
5C1-2	tumpuan	283,337	-	1344,90	5D20	672,45	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	240,584	-	2D20	1044,92	4D20		
5C2-3	tumpuan	355,454	71,426	1691,41	6D20	845,71	3D20	511,573	240,011
	lapangan	-	247,483	-	2D20	1075,79	4D20		
7C1-2	tumpuan	247,417	-	1172,87	4D20	586,43	2D20	342,696	160,008
	lapangan	-	221,037	-	2D20	957,74	4D20		
7C2-3	tumpuan	329,342	-	1565,83	5D20	782,92	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	224,451	-	2D20	972,94	4D20		
10C1-2	tumpuan	104,482	-	492,84	2D20	246,42	2D16	168,912	102,405
	lapangan	-	92,127	-	2D20	393,15	2D20		
10C2-3	tumpuan	139,516	-	658,90	3D20	329,45	2D16	259,951	102,405
	lapangan	-	91,039	-	2D20	388,45	2D20		

Tabel 6.3 Tulangan longitudinal balok portal C struktur 15 portal 3 dinding geser

Balok	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen nak (KNm)	
		Mu ⁻ (KNm)	Mu ⁺ (KNm)	As Perlu	Jumlah	As Perlu	Jumlah	Mnak, b	Mnak, b'
1C1-2	tumpuan	303,328	76,061	1440,85	5D20	720,43	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	261,762	-	2D20	1139,85	4D20		
1C2-3	tumpuan	289,465	-	1374,31	5D20	687,16	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	243,441	-	2D20	1057,70	4D20		
3C1-2	tumpuan	273,656	-	1298,44	5D20	649,22	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	245,151	-	2D20	1065,35	4D20		
3C2-3	tumpuan	321,248	-	1526,93	5D20	763,46	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	246,182	-	2D20	1069,96	4D20		
5C1-2	tumpuan	254,933	-	1208,84	4D20	604,42	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	232,202	-	2D20	1007,48	4D20		
5C2-3	tumpuan	329,405	-	1566,14	5D20	783,07	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	241,449	-	2D20	1048,79	4D20		

Lanjutan tabel 6.3

10C1-2	tumpuan	234,679	-	1111,91	4D20	555,96	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	208,272	-	2D20	901,04	3D20		
10C2-3	tumpuan	320,014	-	1520,99	5D20	760,50	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	211,343	-	2D20	914,67	3D20		
10C1-2	tumpuan	101,048	-	476,57	2D20	238,29	2D14	168,912	102,405
	lapangan	-	90,833	-	2D20	387,57	2D20		
10C2-3	tumpuan	104,165	-	491,34	2D20	245,67	2D14	168,912	102,405
	lapangan	-	89,980	-	2D20	383,89	2D20		

Tabel 6.4 Tulangan longitudinal balok portal C struktur 16 portal 4 dinding geser

Balok	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen nak (KNm)	
		Mu ⁻ (KNm)	Mu ⁺ (KNm)	As Perlu	Jumlah	As Perlu	Jumlah	Mnak, b	Mnak, b'
10C1-2	tumpuan	297,432	-	1412,55	5D20	706,28	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	257,975	-	2D20	1122,84	4D20		
10C2-3	tumpuan	283,297	-	1344,71	5D20	672,35	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	240,182	-	2D20	1043,12	4D20		
10C1-2	tumpuan	274,487	-	1302,42	5D20	651,21	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	239,620	-	2D20	1040,61	4D20		
10C1-3	tumpuan	322,584	-	1533,35	5D20	766,67	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	241,016	-	2D20	1046,85	4D20		
10C1-2	tumpuan	260,502	-	1235,49	4D20	617,74	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	229,511	-	2D20	995,48	4D20		
10C2-3	tumpuan	336,323	-	1599,39	5D20	799,70	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	238,964	-	2D20	1037,68	4D20		
10C1-2	tumpuan	238,974	-	1132,46	4D20	566,23	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	209,452	-	2D20	906,28	3D20		
10C2-3	tumpuan	326,651	-	1552,90	5D20	776,45	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	213,793	-	2D20	925,54	3D20		
10C1-2	tumpuan	101,355	-	478,03	2D20	239,01	2D14	168,912	102,405
	lapangan	-	90,423	-	2D20	385,80	2D20		
10C2-3	tumpuan	106,705	-	503,36	2D20	251,68	2D14	168,912	102,405
	lapangan	-	89,455	-	2D20	381,63	2D20		

Tabel 6.5 Tulangan longitudinal balok portal C struktur 15 portal 5 dinding geser

Balok	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Momen nak (KNm)	
		Mu ⁻ (KNm)	Mu ⁺ (KNm)	As Perlu	Jumlah	As Perlu	Jumlah	Mnak, b	Mnak, b'
1C1-2	tumpuan	277,374	-	1316,28	5D20	658,14	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	239,240	-	2D20	1038,91	4D20		
1C2-3	tumpuan	256,480	-	1216,24	4D20	608,12	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	221,972	-	2D20	961,90	4D20		
3C1-2	tumpuan	257,056	-	1219,00	4D20	609,50	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	231,254	-	2D20	1003,26	4D20		
3C2-3	tumpuan	292,498	-	1388,87	5D20	694,44	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	230,673	-	2D20	1000,66	4D20		
5C1-2	tumpuan	256,350	-	1215,62	4D20	607,81	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	221,844	-	2D20	961,33	4D20		
5C2-3	tumpuan	313,392	-	1489,16	5D20	744,58	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	227,271	-	2D20	985,50	4D20		
7C1-2	tumpuan	342,634	-	1149,98	4D20	574,99	2D20	342,696	160,007
	lapangan	-	209,219	-	2D20	905,24	3D20		
7C2-3	tumpuan	302,846	-	1438,54	5D20	719,27	3D20	422,601	240,011
	lapangan	-	208,673	-	2D20	902,82	3D20		
10C1-2	tumpuan	107,595	-	497,68	2D20	239,84	2D16	168,912	102,405
	lapangan	-	98,550	-	2D20	420,87	2D20		
10C2-3	tumpuan	141,396	-	695,76	3D20	347,88	2D16	168,912	102,405
	lapangan	-	95,938	-	2D20	409,59	2D20		

Tabel 6.6 Tulangan geser balok portal C struktur 16 portal 2 dinding geser

Balok	Sepanjang Daerah Sendi Plastis				Di luar Daerah Sendi Plastis				
	Vu	Vs	S	Terpakai	Vu	Vc	Vs	S	Terpakai
	(KN)	(KN)	(mm)		(KN)	(KN)	(KN)	(mm)	
1C1-2	309,755	494,989	93,93	D10-90	285,611	270,210	205,809	225,92	D10-225
1C2-3	299,353	477,652	97,34	D10-95	275,209	270,210	188,472	246,70	D10-245
3C1-2	300,060	478,832	97,10	D10-95	275,917	270,210	189,652	245,16	D10-245
3C2-3	318,540	506,774	91,75	D10-90	291,154	270,210	215,047	216,21	D10-215
5C1-2	295,139	471,139	98,69	D10-95	271,574	270,210	182,413	254,89	D10-250
5C2-3	321,646	512,529	90,72	D10-90	294,916	270,210	221,317	210,09	D10-210
7C1-2	276,339	445,096	104,46	D10-100	258,779	270,210	161,089	288,63	D10-285
7C2-3	313,105	501,453	92,72	D10-90	289,960	270,210	213,057	218,23	D10-215
10C1-2	142,627	229,510	202,59	D10-185	133,317	270,210	48,015	968,4	D10-370
10C2-3	161,912	258,900	179,59	D10-175	149,479	270,210	21,079	2205,8	D10-370

Tabel 6.7 Tulangan geser balok portal C struktur 15 portal 3 dinding geser

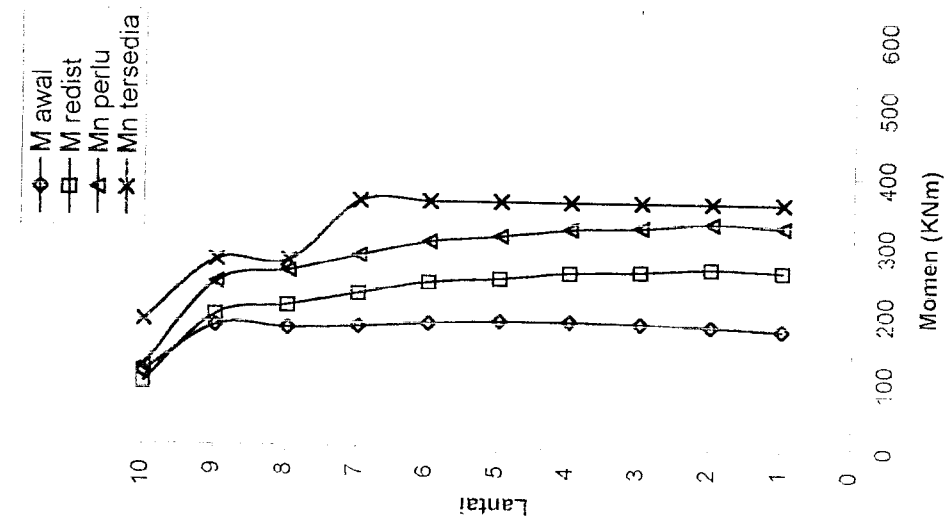
Balok	Sepanjang Daerah Sendi Plastis				Di luar Daerah Sendi Plastis				
	Vu	Vs	S	Terpakai	Vu	Vc	Vs	S	Terpakai
	(KN)	(KN)	(mm)		(KN)	(KN)	(KN)	(mm)	
1C1-2	309,667	494,843	93,96	D10-90	285,524	270,210	205,664	226,08	D10-225
1C2-3	299,438	477,795	97,31	D10-95	275,295	270,210	188,615	246,51	D10-245
3C1-2	299,847	478,475	97,17	D10-95	275,703	270,210	189,295	245,62	D10-245
3C2-3	309,248	494,144	94,09	D10-90	285,105	270,210	204,964	226,85	D10-225
5C1-2	277,945	447,492	103,90	D10-100	260,067	270,210	163,235	284,84	D10-280
5C2-3	312,591	500,226	92,95	D10-90	289,026	270,210	211,501	219,84	D10-215
7C1-2	275,933	444,419	104,62	D10-100	258,373	270,210	160,412	289,85	D10-285
7C2-3	313,510	502,127	92,60	D10-90	290,365	270,210	213,732	217,54	D10-215
10C1-2	142,416	229,158	202,90	D10-185	133,106	270,210	48,367	961,3	D10-370
10C2-3	152,696	246,293	188,78	D10-185	143,387	270,210	31,232	1488,7	D10-370

Tabel 6.8 Tulangan geser balok portal C struktur 16 portal 4 dinding geser

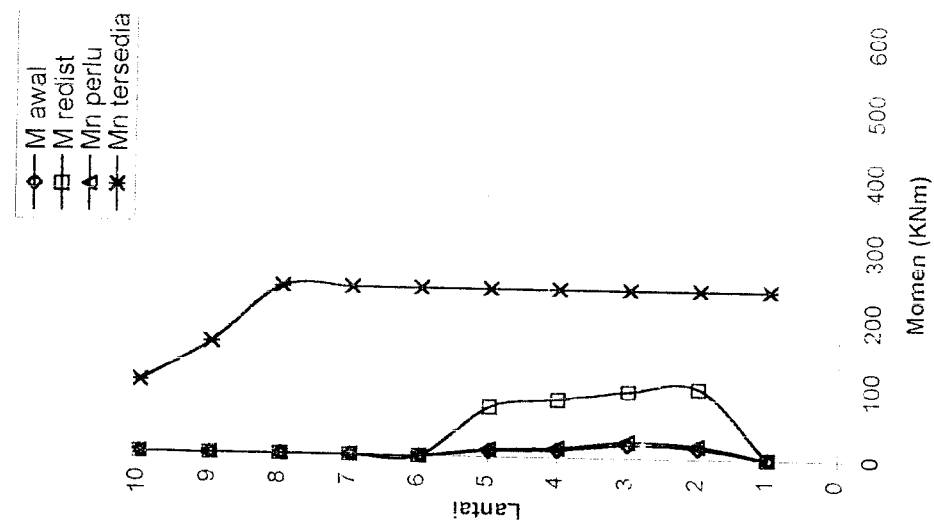
Balok	Sepanjang Daerah Sendi Plastis				Di luar Daerah Sendi Plastis				
	Vu	Vs	S	Terpakai	Vu	Vc	Vs	S	Terpakai
	(KN)	(KN)	(mm)		(KN)	(KN)	(KN)	(mm)	
1C1-2	309,618	494,761	93,98	D10-90	285,475	270,210	205,582	226,17	D10-225
1C2-3	299,489	477,880	97,30	D10-95	275,346	270,210	188,700	246,40	D10-245
3C1-2	299,728	478,278	97,21	D10-95	275,585	270,210	189,098	245,88	D10-240
3C2-3	309,378	494,360	94,05	D10-90	285,234	270,210	205,181	226,61	D10-225
5C1-2	277,756	447,177	103,98	D10-100	259,878	270,210	162,920	285,39	D10-285
5C2-3	312,772	500,526	92,89	D10-90	289,207	270,210	211,801	219,52	D10-215
7C1-2	276,296	445,025	104,48	D10-100	258,737	270,210	161,018	288,76	D10-285
7C2-3	313,778	502,573	92,51	D10-90	290,633	270,210	214,178	217,09	D10-215
10C1-2	142,010	228,482	203,50	D10-185	132,700	270,210	49,043	948,1	D10-370
10C2-3	153,105	246,974	188,26	D10-185	143,795	270,210	30,551	1521,9	D10-370

Tabel 6.9 Tulangan geser balok portal C struktur 15 portal 5 dinding geser

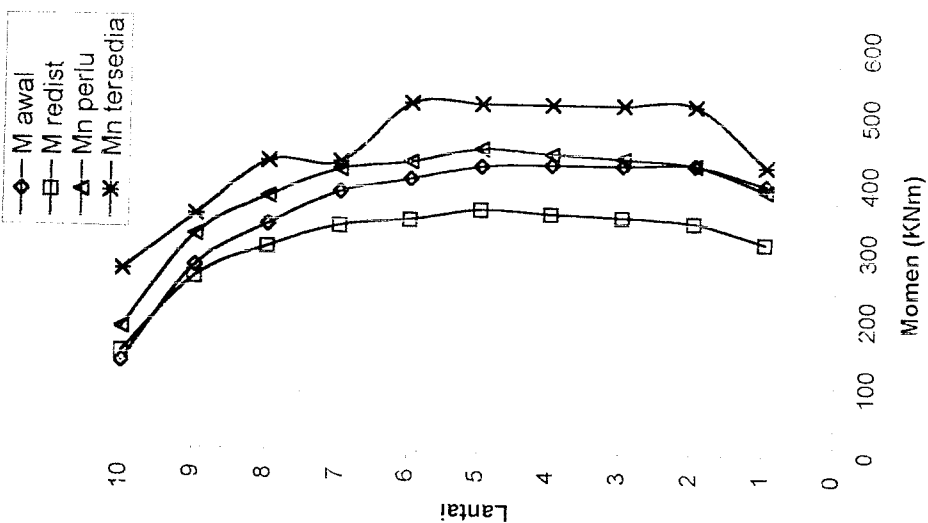
Balok	Sepanjang Daerah Sendi Plastis				Di luar Daerah Sendi Plastis				
	Vu	Vs	S	Terpakai	Vu	Vc	Vs	S	Terpakai
	(KN)	(KN)	(mm)		(KN)	(KN)	(KN)	(mm)	
1C1-2	310,293	495,886	93,76	D10-90	286,150	270,210	206,706	224,94	D10-225
1C2-3	281,750	453,446	102,54	D10-100	263,433	270,210	168,845	275,37	D10-275
3C1-2	284,303	457,702	101,58	D10-100	265,986	270,210	173,100	268,61	D10-265
3C2-3	307,738	491,628	94,57	D10-90	283,595	270,210	202,448	229,67	D10-225
5C1-2	280,313	451,439	102,99	D10-100	262,435	270,210	167,182	278,11	D10-275
5C2-3	310,230	496,290	93,69	D10-90	286,665	270,210	207,564	224,01	D10-220
7C1-2	279,435	450,255	103,26	D10-100	261,875	270,210	166,249	279,67	D10-275
7C2-3	310,008	496,291	93,69	D10-90	286,863	270,210	207,896	223,65	D10-220
10C1-2	138,775	223,090	208,42	D10-185	129,465	270,210	54,435	854,1	D10-370
10C2-3	156,340	252,366	185,24	D10-185	147,031	270,210	25,159	1848,1	D10-370



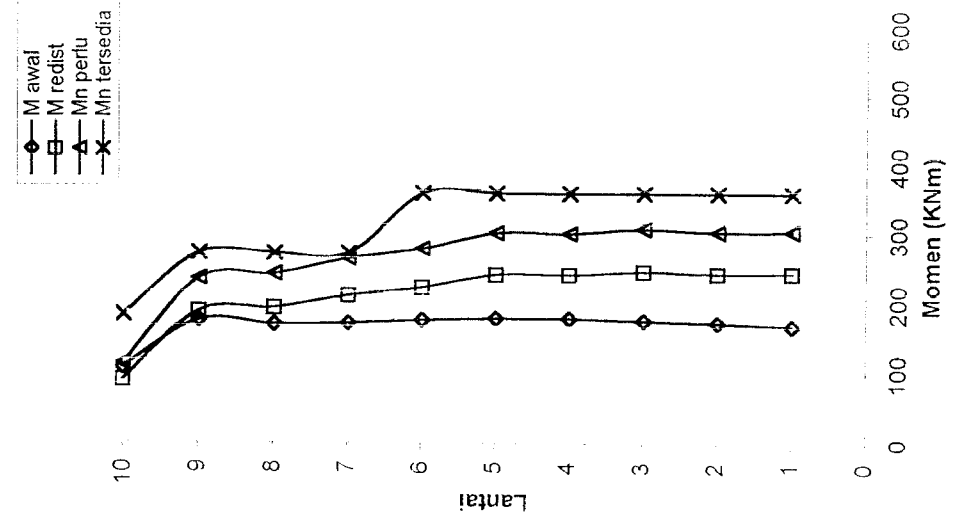
Gb.6.4 M. lapangan 16P-2DG



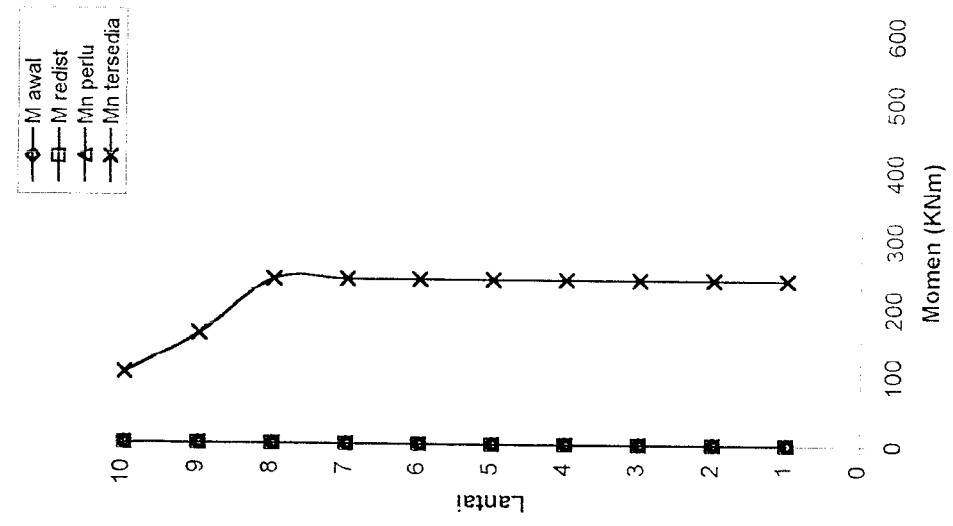
Gb.6.3 M. tump.(+) 16P-2DG



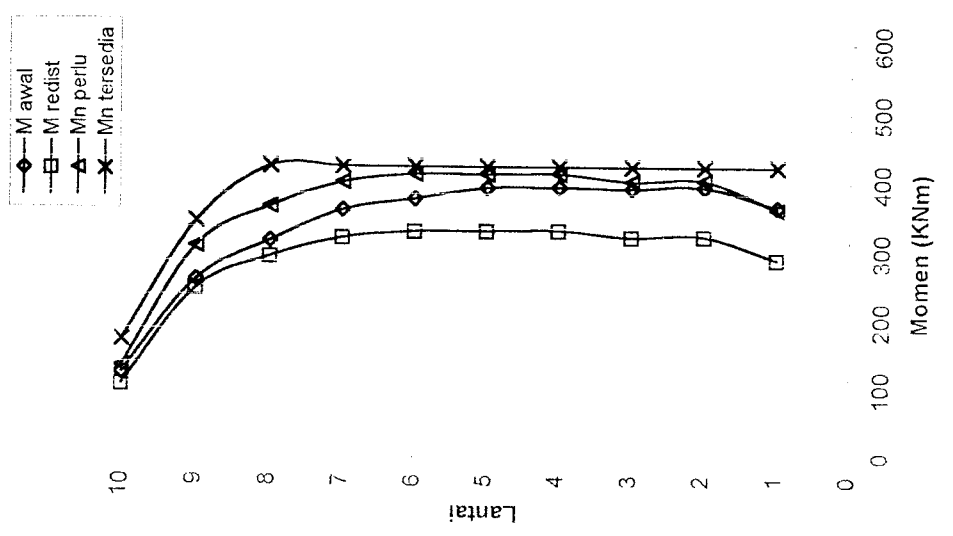
Gb.6.2 M. tump.(-) 16P-2DG



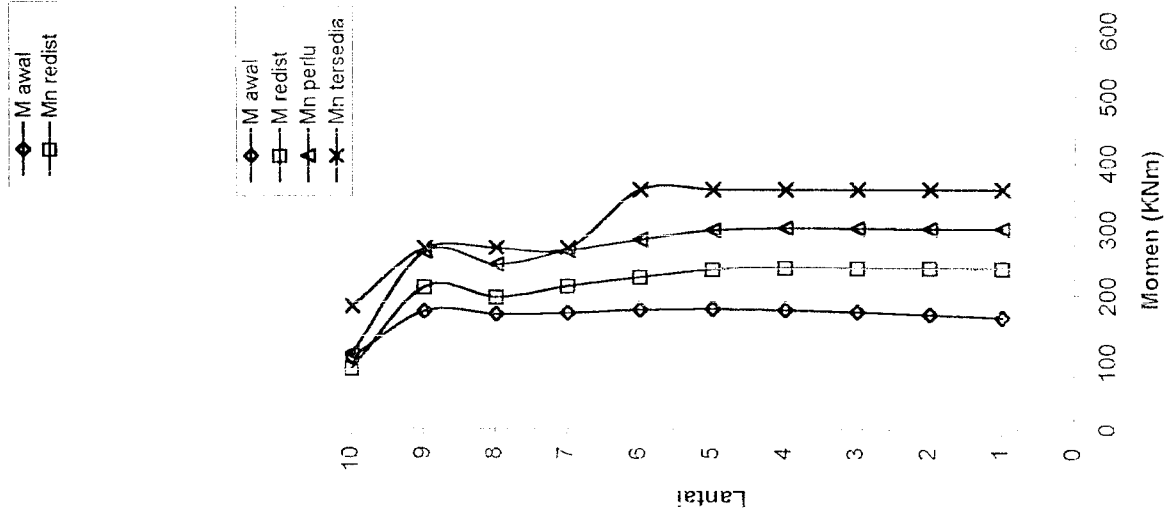
Gb.6.7 M. lapangan 15P-3DG



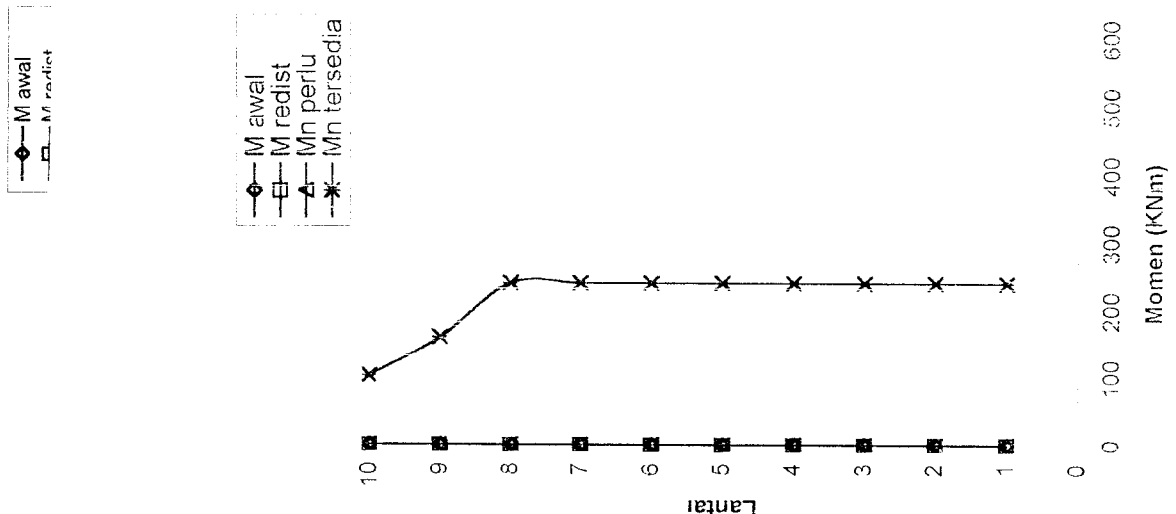
Gb.6.6 M. tump.(+) 15P-3DG



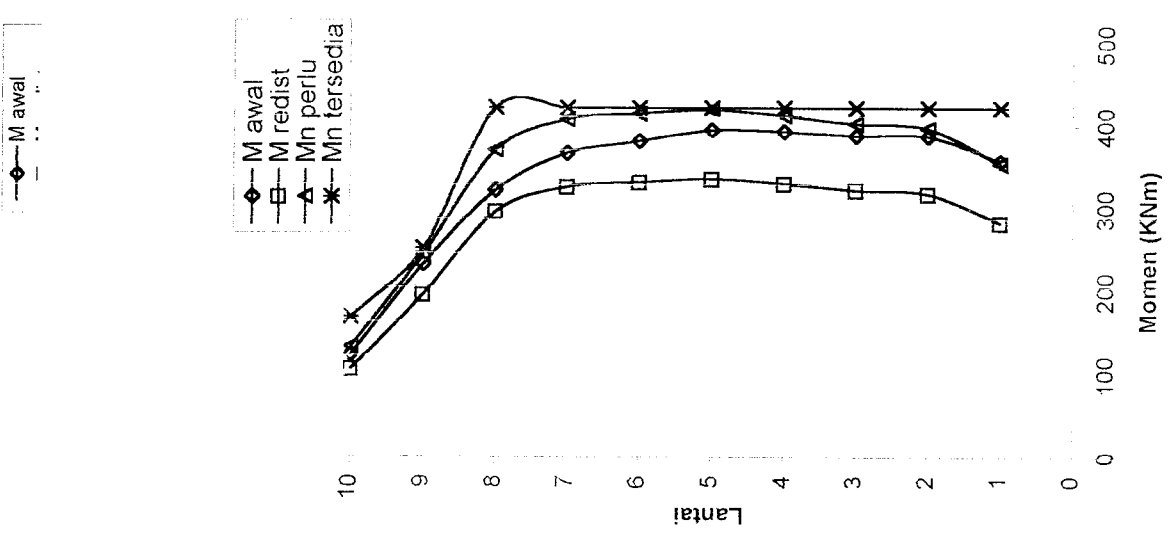
Gb.6.5 M. tump.(-) 15P-3DG



Gb.6.8 M. tump.(-) 16P-4DG



Gb.6.9 M. tump.(+) 16P-4DG



Gb.6.10 M. lapangan 16P-4DG

6.2 Desain Penulangan Kolom Akibat Beban Lentur dan Aksial

6.2.1 Momen Rencana dan Momen Maksimum Kolom

Momen rencana kolom dihitung berdasarkan pada anggapan bahwa sendi plastis terjadi pada muka ujung-ujung balok pada pertemuan antara balok dan kolom. Dalam hal ini momen kapasitas balok diperhitungkan sebagai momen rencana yang bekerja pada kolom setelah sebelumnya dikalikan dengan beberapa faktor. Momen rencana kolom dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini,

$$M_{u_k} = \frac{h}{l_n} \cdot 0.7 \cdot \omega_d \cdot \phi_c \cdot \alpha_k \cdot \left[\frac{l_{ki}}{l_n} M_{n_{ki}} b_{ki} + \frac{l_{ka}}{l_n} M_{n_{ka}} b_{ka} \right] \quad (6.1)$$

$$\text{dimana, } \alpha_k = \frac{M_{ki} k_{ki} + M_{ka} k_{ka}}{M_{ki} k_{ki} + M_{ka} k_{ka}} \quad (6.2)$$

h = tinggi kolom dari titik pertemuan ke titik pertemuan

h_n = tinggi bersih kolom

l_{ki} = bentang balok sebelah kiri diukur dari titik pertemuan ke titik pertemuan

l_{nki} = bentang bersih balok sebelah kiri

l_{ka} = bentang balok sebelah kanan

l_{nka} = bentang bersih balok sebelah kanan

M_{nak} = momen lentur nominal aktual balok

Menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, gaya aksial dan momen rencana untuk kolom harus diperhitungkan terhadap 30 % arah tegak lurus nya. Dalam tugas akhir ini, 30 % arah tegak lurus dari sumbu

utama yang ditinjau dijumlahkan secara aljabar agar dapat memudahkan perhitungan dengan tetap menggunakan rumus-rumus uniaksial (Gideon 1994).

1. Momen rencana kolom

Momen rencana kolom lantai 1 interior

$$\phi_0 = 1,25 \text{ untuk } f_y \leq 400 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$\omega_d = 1,09$$

$$l_{bx} = 4,00 \text{ m}$$

$$l_{nbx} = 3,6 \text{ m}$$

$$l_{bx}/l_{nbx} = 4/3,6 = 1,111$$

$$l_{by} = 9,00 \text{ m}$$

$$l_{nby} = 8,15 \text{ m}$$

$$l_{by}/l_{nby} = 9/8,15 = 1,1043 \text{ m}$$

$$h_{kolom} = 5,25 \text{ m}$$

$$h_{nkolom} = 4,6 \text{ m}$$

$$h_k/h_{nk} = 5,25/4,6 = 1,1413 \text{ m}$$

Contoh hitungan kolom interior lantai 1,

$$M_{E,k} \text{ lantai 1 atas} = 312,88 \text{ kNm}$$

$$M_{F,k} \text{ lantai 2 bawah} = 245,074 \text{ kNm}$$

Nilai distribusi momen kolom portal α_k menurut Gideon (1994)

$$\text{Adalah } \alpha_{katas} = \frac{312,88}{245,074 + 312,88} = 0,5601$$

$$\text{Momen perlu kolom } M_{uk} = \frac{h}{h_u} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \phi_D \cdot \alpha_s \left[\frac{I_{kx}}{I_{ekx}} \cdot M_{max,kx} \cdot b_{kx} + \frac{I_{ky}}{I_{eky}} \cdot 30\% \cdot M_{max,ky} \cdot b_{ky} \right]$$

$$M_{ukx} \text{ lt 1 atas} = 1,1413 \cdot 0,7 \cdot 1,09 \cdot 1,25 \cdot 0,561 \cdot [1,111 \cdot 422,601 + 1,1043 \cdot 0,3 \cdot 511,573] \\ = 389,437 \text{ kNm}$$

$$M_{uky} \text{ lt 1 atas} = 1,1413 \cdot 0,7 \cdot 1,09 \cdot 1,25 \cdot 0,561 \cdot [1,111 \cdot 0,3 \cdot 422,601 + 1,1043 \cdot 501,573]$$

Khusus untuk kolom lantai 1 dimana sendi plastis dimungkinkan terjadi maka $\alpha_{kbawah} = 0$. Untuk itu momen rencana kolom lantai 1 dihitung berdasarkan gaya gempa yang diperoleh dari hasil SAP90.

$$M_{uklt1-bawah-x} = 334,388 + 0,3 \cdot 365,013 = 443,892 \text{ kNm}$$

$$M_{uklt1-bawah-y} = 0,3 \cdot 334,388 + 365,013 = 465,329 \text{ kNm}$$

Perhitungan momen rencana kolom lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya ditabelkan pada tabel 6.10. Apabila momen rencana kolom setelah dihitung hasilnya melebihi momen maksimum maka yang digunakan dalam perhitungan adalah momen maksimum sebagai berikut,

2. Momen maksimum kolom

a. Momen maksimum kolom 1 atas dan bawah arah x

$$M_{uk1-x-atas} = 1,05 \cdot (2,238 + 0,697 + 4 \cdot (334,388 + 0,3 \cdot 365,023)) = 1867,488 \text{ kNm}$$

$$M_{uk1-x-bawah} = 1,05 \cdot (2,238 + 0,697 - 4 \cdot (334,388 + 0,3 \cdot 365,023)) = -1861,2296 \text{ kNm}$$

b. Momen maksimum kolom 1 atas dan bawah arah y

$$M_{uk1-y-atas} = 1,05 \cdot (0 + 0 + 4 \cdot (0,3 \cdot 334,388 + 365,023)) = 1954,425 \text{ kNm}$$

$$M_{uk1-y-bawah} = 1,05 \cdot (0 + 0 - 4 \cdot (0,3 \cdot 334,388 + 365,023)) = -1954,425 \text{ kNm}$$

Perhitungan momen maksimum lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya ditabelkan pada tabel 6.14.

struktur

Tabel 6.10 Momen rencana kolom struktur 16 portal 2 dinding geser

Lantai	Kolom	$M_{E,k}$		α_{ka}	α_{kb}	$M_{nak,bs}$ (kNm)		$M_{nak,bv}$ (kNm)		$M_{u,ks}$ (kNm)		$M_{u,kv}$ (kNm)	
		Atas	Bawah			Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	211,321	-	0,476	~	412,035	422,601	422,601	422,601	624,357	443,892*	624,461	465,329*
	3	119,063	-	0,509	~	332,080	422,601	422,601	~	541,732	380,435*	396,396	332,247*
3	2	223,011	221,795	0,512	0,498	332,080	412,035	422,601	511,573	775,757	753,639	870,788	845,960
	3	114,652	115,763	0,506	0,502	332,080	332,080	511,573	~	612,369	607,247	528,910	524,486
5	2	206,606	199,874	0,533	0,480	332,080	332,080	422,601	511,573	740,776	666,977	877,650	790,215
	3	109,675	103,522	0,545	0,476	332,080	332,080	511,573	~	657,296	574,879	564,072	493,344
7	2	160,275	145,867	0,573	0,426	252,126	332,080	342,696	422,601	685,294	508,978	778,088	577,897
	3	91,809	83,636	0,598	0,460	252,126	252,126	422,601	~	556,204	427,639	496,873	382,022
10	2	44,384	30,502	1,000	0,239	168,912	168,912	168,912	259,951	569,929	136,448	633,320	151,625
	3	23,775	15,122	1,000	0,231	168,912	168,912	259,951	~	509,897	117,812	433,213	100,094

Ket * : $M_{E,k,l,1 \text{ bawah } X} = M_{E,b-X} + 0,3 M_{E,b-Y}$

struktur

Tabel 6.11 Momen rencana kolom struktur 15 portal 3 dinding geser

Lantai	Kolom	$M_{E,k}$		α_{ka}	α_{kb}	$M_{nak,bs}$ (kNm)		$M_{nak,bv}$ (kNm)		$M_{u,ks}$ (kNm)		$M_{u,kv}$ (kNm)	
		Atas	Bawah			Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	182,38	-	0,478	-	412,035	412,035	422,601	422,601	621,276	428,983*	625,657	414,583*
	3	102,949	-	0,512	-	422,601	422,601	422,601	-	600,623	379,028*	415,301	301,476*
3	2	196,58	188,83	0,521	0,496	332,08	412,035	422,601	422,601	768,095	730,938	817,170	777,639
	3	98,199	98,625	0,508	0,499	332,08	332,08	422,601	-	594,540	584,461	464,471	456,596
5	2	175,676	169,965	0,532	0,479	342,696	332,08	342,696	422,601	709,531	639,047	749,361	674,920
	3	93,336	88,137	0,544	0,476	332,08	332,08	422,601	-	635,715	556,169	493,530	431,775
7	2	136,523	124,187	0,574	0,426	252,126	252,126	342,696	422,601	618,457	458,492	759,077	562,740
	3	78,222	71,214	0,600	0,460	252,126	252,126	422,601	-	557,572	427,537	498,095	381,930
10	2	35,599	23,917	1,000	0,227	168,912	168,912	168,912	168,912	537,573	121,973	525,468	119,226
	3	19,091	11,814	1,000	0,218	168,912	168,912	168,912	-	477,541	104,171	325,360	70,974

Ket * : $M_{E,k,l,1 \text{ bawah } X} = M_{E,b-X} + 0,3 M_{E,b-Y}$

Tabel 6.14 Momen maksimum kolom struktur 16 portal 2 dinding geser

Lantai	Kolom	$M_{D,Kx}$ (kNm)	$M_{D,Ky}$ (kNm)	$M_{L,Kx}$ (kNm)	$M_{L,Ky}$ (kNm)	$M_{E,Kx}$ (kNm)	$M_{E,Ky}$ (kNm)	Mu_{Kx} (kNm)		Mu_{Ky} (kNm)	
								Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	2,283	0,000	0,697	0,000	334,388	365,023	1867,488	-1861,230	1954,425	-1954,425
	3	0,440	70,784	0,137	15,732	308,528	239,689	598,432	-1597,220	1486,281	-1304,597
3	2	11,979	0,000	2,078	0,000	237,712	223,011	1294,144	-1264,624	1236,163	-1236,163
	3	0,606	118,747	0,062	26,673	209,514	115,763	1026,522	-1025,119	902,883	-597,501
5	2	17,231	0,000	29,414	0,000	200,696	206,606	1152,224	-1054,270	1120,622	-1120,622
	3	0,520	108,593	0,168	24,553	178,406	109,675	888,218	-886,773	825,230	-545,623
7	2	20,187	0,000	34,269	0,000	143,812	160,274	863,134	-748,777	854,354	-854,354
	3	0,518	106,047	0,236	24,087	131,172	91,809	667,393	-665,810	687,515	-414,234
10	2	24,312	0,000	43,936	0,000	36,669	44,384	281,594	-138,273	232,616	-232,616
	3	2,019	94,604	0,108	20,717	26,682	23,775	144,254	-139,788	254,561	-12,387

Tabel 6.15 Momen maksimum kolom struktur 15 portal 3 dinding geser

Lantai	Kolom	$M_{D,Kx}$ (kNm)	$M_{D,Ky}$ (kNm)	$M_{L,Kx}$ (kNm)	$M_{L,Ky}$ (kNm)	$M_{E,Kx}$ (kNm)	$M_{E,Ky}$ (kNm)	Mu_{Kx} (kNm)		Mu_{Ky} (kNm)	
								Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	5,813	0,000	1,257	0,000	334,734	314,163	1809,152	-1794,305	1741,249	-1741,249
	3	1,905	70,873	0,417	15,757	317,127	206,338	1594,357	-1589,481	1357,161	-1175,238
3	2	15,342	0,000	3,702	0,000	250,225	190,58	1311,072	-1271,080	1115,720	-1115,720
	3	4,912	119,069	1,120	26,760	217,361	98,625	1043,517	-1030,850	841,220	-534,979
5	2	23,069	0,000	4,998	0,000	210,348	175,676	1134,284	-1075,343	1002,878	-1002,878
	3	7,544	109,025	1,715	24,670	185,381	93,336	905,926	-886,482	765,971	-485,212
7	2	27,315	0,000	5,908	0,000	150,973	136,523	840,990	-771,221	763,623	-763,623
	3	27,315	106,613	2,139	24,241	136,376	78,222	702,266	-640,412	637,763	-362,969
10	2	21,83	0,000	4,814	0,000	41,817	35,599	248,462	-192,510	202,205	-202,205
	3	7,739	95,327	1,796	20,920	28,321	19,091	153,015	-132,991	237,926	6,193

Tabel 6.16 Momen maksimum kolom struktur 16 portal 4 dinding geser

Lantai	Kolom	$M_{D,kx}$ (kNm)	$M_{D,ky}$ (kNm)	$M_{L,kx}$ (kNm)	$M_{L,ky}$ (kNm)	$M_{E,kx}$ (kNm)	$M_{E,ky}$ (kNm)	Mu_{kx} (kNm)		Mu_{ky} (kNm)	
								Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	5,304	0,000	1,154	0,000	340,149	300,683	1814,267	-1800,705	1691,456	-1691,456
	3	1,752	70,895	0,385	15,761	342,790	197,549	1690,874	-1686,386	1352,610	-1170,632
3	2	13,502	0,000	2,930	0,000	185,180	257,753	1119,778	-1085,271	1315,889	-1315,889
	3	4,159	119,170	0,965	26,781	222,845	97,118	1063,698	-1652,937	841,929	-535,432
5	2	20,359	0,000	4,433	0,000	215,801	176,283	1154,512	-1102,449	1012,298	-1012,298
	3	6,477	109,139	1,495	27,707	93,479	190,032	640,423	-623,682	1059,606	-772,230
7	2	24,161	0,000	2,256	0,000	154,674	142,479	856,892	-801,416	793,301	-793,301
	3	8,128	106,769	1,872	24,273	139,734	81,387	699,930	-678,930	655,484	-380,296
10	2	18,852	0,000	4,915	0,000	43,824	38,110	257,035	-207,124	215,280	-215,280
	3	6,378	95,405	1,514	20,936	28,236	20,331	152,495	-135,922	243,126	1,190

Tabel 6.17 Momen maksimum kolom struktur 15 portal 5 dinding geser

Lantai	Kolom	$M_{D,kx}$ (kNm)	$M_{D,ky}$ (kNm)	$M_{L,kx}$ (kNm)	$M_{L,ky}$ (kNm)	$M_{E,kx}$ (kNm)	$M_{E,ky}$ (kNm)	Mu_{kx} (kNm)		Mu_{ky} (kNm)	
								Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	2,017	0,000	0,472	0,000	342,359	241,021	1744,208	-1738,981	1443,661	-1443,661
	3	1,137	70,218	0,259	15,624	331,101	158,386	1591,656	-1588,725	1172,543	-992,274
3	2	0,567	0,000	0,262	0,000	268,907	156,885	1327,955	-1326,214	997,740	-997,740
	3	1,921	116,698	0,508	26,280	228,560	82,743	1066,759	-1061,658	785,633	-485,379
5	2	1,173	0,000	0,472	0,000	224,512	153,613	1138,230	-1134,776	928,060	-928,060
	3	3,185	105,833	0,822	24,024	194,990	81,384	925,709	-917,294	723,850	-451,150
7	2	1,499	0,000	0,584	0,000	159,984	129,059	836,734	-832,360	743,628	-743,628
	3	4,090	103,551	1,047	23,654	143,436	73,878	700,911	-696,124	624,582	-357,452
10	2	7,289	0,000	1,207	0,000	50,325	39,604	270,187	-252,345	229,746	-229,746
	3	2,462	109,910	0,743	23,614	30,709	22,153	160,256	-153,525	271,936	8,464

6.2.2 Gaya aksial rencana dan maksimum kolom

Gaya aksial kolom dihitung sama seperti pada perhitungan momen rencana yaitu 100% sumbu utama + 30 % arah tegak lurus sumbu utama.

1. Gaya aksial rencana kolom

Persamaan (3.104) dapat juga ditulis dalam bentuk,

$$N_{uk} = 1,05 \cdot N_{gk} + 0,7 \cdot R_v \cdot \frac{\phi_0}{l_b} \cdot [\Sigma(M_{nak-bxki} - M_{nak-bxka}) + 0,3 \cdot \Sigma(M_{nak-byki} - M_{nak-byka})]$$

$M_{nak-bki}$ = momen nominal aktual balok sebelah kiri yang masuk ke dalam kolom

$M_{nak-bka}$ = momen nominal aktual balok sebelah kanan yang masuk ke dalam kolom

Dimana,

$$\phi_0 = 1,25 \text{ untuk } f_y \leq 400 \text{ Mpa}$$

$$l_{b-x} = 4,00 \text{ m}$$

$$l_{b-y} = 9,00 \text{ m}$$

$$\frac{\phi}{l_{b-x}} = \frac{1,25}{4,00} = 0,3125$$

$$\frac{\phi}{l_{b-y}} = \frac{1,25}{9,00} = 0,1389$$

$$R_v = 1,1 - 0,025 \cdot 9 = 0,875$$

a. Gaya aksial rencana kolom interior lantai 1 arah x

$$N_{gk} = N_{DK} + N_{LK} + \Sigma \text{ berat sendiri kolom}$$

$$= 3793,60 + 726,17 + 268,92 = 4788,69 \text{ kN}$$

$$N_{u,k1-x \max} = (1,05 \cdot 4788,69) + 0,7 \cdot 0,875 \cdot 0,3125 \cdot [(422,6009 - 240,0112) + 0,3 \cdot (422,6009 - 240,0112)] = 5073,5579 \text{ kN}$$

$$N_{u,k1-x \min} = (1,05 \cdot 4788,69) - 0,7 \cdot 0,875 \cdot 0,3125 \cdot [(422,6009 - 240,0112) + 0,3 \cdot (422,6009 - 240,0112)] = 4982,6911 \text{ kN}$$

b. Gaya aksial rencana kolom interior lantai 1 arah y

$$N_{u,k1-y \max} = (1,05 \cdot 4788,69) + 0,7 \cdot 0,875 \cdot 0,1385 \cdot [0,3 \cdot (422,6009 - 240,0112) + (422,6009 - 240,0112)] = 5048,317 \text{ kN}$$

$$N_{u,k1-y \min} = (1,05 \cdot 4788,69) - 0,7 \cdot 0,875 \cdot 0,1385 \cdot [0,3 \cdot (422,6009 - 240,0112) + (422,6009 - 240,0112)] = 5007,932 \text{ kN}$$

2. Gaya aksial maksimum kolom

a. Gaya aksial maksimum kolom interior lantai 1 arah x

$$N_{u,k-x \text{ atas}} = 1,05 \cdot (4788,69 + 4 \cdot (27,04 + 0,3 \cdot (-0,2205))) = 5141,415 \text{ kN}$$

$$N_{u,k-x \text{ bawah}} = 1,05 \cdot (4788,69 - 4 \cdot (27,04 + 0,3 \cdot (-0,2205))) = 4914,834 \text{ kN}$$

b. Gaya aksial maksimum kolom interior lantai 1 arah y

$$N_{u,k-y \text{ atas}} = 1,05 \cdot (4788,69 + 4 \cdot (0,3 \cdot 27,04 + (-0,2205))) = 5061,269 \text{ kN}$$

$$N_{u,k-y \text{ bawah}} = 1,05 \cdot (4788,69 - 4 \cdot (0,3 \cdot 27,04 + (-0,2205))) = 4994,980 \text{ kN}$$

Gaya aksial rencana dan maksimum kolom lainnya dihitung dengan cara yang sama dan ditabelkan pada tabel 6.18 dan 6.22.

Tabel 6.18 Gaya aksial rencana kolom struktur 16 portal 2 dinding geser

Lantai	Kolom	N _{Gk} (kN)	M _{mak,bx} (kNm)		M _{mak,by} (kNm)		N _{u,kx} (kN)		N _{u,ky} (kN)	
			Negatif	Positif	Negatif	Positif	Maks	Min	Maks	Min
1	2	4810,110	422,601	240,011	422,601	240,011	5096,049	5005,182	5070,808	5030,423
	3	2983,540	422,601	240,011	422,601	240,011	3178,150	3087,284	3152,910	3112,524
3	2	3724,900	412,034	320,015	511,573	240,011	3946,249	3876,041	3938,049	3895,543
	3	2335,040	332,080	240,011	511,573	240,011	2486,906	2416,678	2478,698	2436,186
5	2	2701,110	332,080	240,011	511,573	240,011	2873,178	2799,153	2864,526	2819,716
	3	1705,280	332,080	240,011	511,573	240,011	1827,556	1753,532	1818,904	1774,094
7	2	1715,110	332,080	240,011	422,601	240,011	1832,988	1768,743	1821,303	1786,589
	3	1081,830	252,126	160,007	422,601	240,011	1168,055	1103,788	1156,360	1121,640
10	2	268,890	168,912	102,405	259,951	102,405	307,222	257,447	299,591	271,273
	3	174,720	168,912	143,367	259,951	102,405	199,383	167,529	199,518	176,377

Tabel 6.19 Gaya aksial rencana kolom struktur 15 portal 3 dinding geser

Lantai	Kolom	N _{Gk} (kN)	M _{mak,bx} (kNm)		M _{mak,by} (kNm)		N _{u,kx} (kN)		N _{u,ky} (kN)	
			Negatif	Positif	Negatif	Positif	Maks	Min	Maks	Min
1	2	4844,210	412,035	320,015	422,601	240,011	5114,518	5058,323	5104,302	5073,933
	3	2997,450	422,601	240,011	422,601	240,011	3192,756	3101,889	3167,515	3127,130
3	2	3757,800	412,035	320,015	422,601	240,011	3975,393	3915,987	3964,593	3932,488
	3	2348,110	332,080	240,011	422,601	240,011	2495,229	2435,802	2484,420	2452,310
5	2	2729,340	342,696	160,008	422,601	336,016	2910,311	2821,303	2879,210	2846,027
	3	1716,400	332,080	240,011	422,601	336,016	1827,397	1777,043	1813,046	1791,030
7	2	1734,840	252,126	160,008	422,601	336,016	1847,415	1795,749	1832,687	1810,101
	3	1089,830	252,126	160,008	422,601	336,016	1170,154	1118,489	1155,426	1132,840
10	2	268,720	168,912	102,405	168,912	102,405	301,069	263,243	290,562	273,750
	3	176,230	168,912	102,405	168,912	102,405	203,954	166,129	193,447	176,636

Tabel 6.20 Gaya aksial rencana kolom struktur 16 portal 4 dinding geser

Lantai	Kolom	N _{Gk} (kN)	M _{mak,bx} (kNm)		M _{mak,by} (kNm)		N _{u,kx} (kN)		N _{u,ky} (kN)	
			Negatif	Positif	Negatif	Positif	Maks	Min	Maks	Min
1	2	4849,680	412,035	320,015	422,601	240,011	5120,262	5064,066	5110,045	5079,676
	3	2993,870	412,035	320,015	422,601	240,011	3171,661	3115,466	3161,445	3131,076
3	2	3763,970	412,035	320,015	422,601	240,011	3981,872	3922,465	3971,072	3938,967
	3	2345,030	332,080	240,011	422,601	240,011	2491,995	2432,568	2481,186	2449,076
5	2	2736,050	332,080	240,011	422,601	240,011	2904,172	2841,533	2892,779	2858,933
	3	1714,200	332,080	240,011	422,601	240,011	1831,229	1768,591	1819,836	1785,990
7	2	1741,680	252,126	160,008	422,601	240,011	1860,897	1796,631	1849,203	1814,483
	3	1088,770	252,126	160,008	422,601	240,011	1175,342	1111,075	1163,647	1128,927
10	2	273,080	168,912	102,405	168,912	102,405	305,647	267,821	295,140	278,328
	3	176,670	168,912	102,405	168,912	102,405	204,416	166,591	193,909	177,098

Tabel 6.21 Gaya aksial rencana kolom struktur 15 portal 5 dinding geser

Lantai	Kolom	N _{Gk} (kN)	M _{nak,by} (kNm)		M _{nak,bv} (kNm)		N _{ukx} (kN)		N _{uky} (kN)	
			Negatif	Positif	Negatif	Positif	Maks	Min	Maks	Min
1	2	4676,690	412,035	320,015	422,601	240,011	4938,622	4882,427	4928,406	4898,037
	3	2966,100	412,035	320,015	342,696	160,007	3142,509	3086,301	3132,295	3101,915
3	2	3597,550	422,601	240,011	422,601	160,007	3830,314	3724,541	3805,969	3753,923
	3	2320,270	332,080	240,011	422,601	240,011	2465,997	2406,570	2455,188	2423,078
5	2	2590,170	412,035	320,015	422,601	240,011	2750,988	2688,369	2739,603	2705,763
	3	1696,070	332,080	240,011	422,601	240,011	1812,193	1749,554	1800,800	1766,954
7	2	1628,960	332,080	240,011	422,601	240,011	1742,531	1678,285	1730,845	1696,131
	3	1080,940	252,126	160,008	422,601	336,016	1160,820	1109,154	1146,092	1123,506
10	2	249,590	259,951	102,405	168,912	102,405	300,897	223,242	273,131	244,813
	3	178,510	168,912	102,405	168,912	102,405	206,348	168,523	195,841	179,030

Tabel 6.22 Gaya aksial maksimum kolom struktur 16 portal 2 dinding geser

Lantai	Kolom	N _{Gk} (kN)	N _{E,kx} (kN)	N _{E,ky} (kN)	N _{u,kx} (kN)		N _{u,ky} (kN)	
					Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	4810,110	27,040	-0,221	5163,906	4937,325	5083,760	5017,471
	3	2983,540	-2,638	-371,670	2653,333	3612,101	1568,379	4697,055
3	2	3724,900	31,460	-0,078	4043,179	3779,111	3950,457	3871,833
	3	2335,040	-5,227	-270,510	2088,996	2814,588	1309,064	3594,520
5	2	2701,110	29,520	-0,031	2960,111	2712,220	2873,233	2799,098
	3	1705,280	-1,621	-172,130	1566,852	2014,236	1065,556	2515,532
7	2	1715,110	22,620	0,053	1895,936	1705,795	1829,590	1772,141
	3	1081,830	0,590	-85,760	1030,342	1241,501	776,473	1495,370
10	2	268,890	6,210	0,089	308,528	256,141	290,532	274,137
	3	174,720	-1,063	-6,880	170,323	196,589	153,221	213,691

Tabel 6.23 Gaya aksial maksimum kolom struktur 15 portal 3 dinding geser

Lantai	Kolom	N _{Gk} (kN)	N _{E,kx} (kN)	N _{E,ky} (kN)	N _{u,kx} (kN)		N _{u,ky} (kN)	
					Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	4844,210	-43,710	-0,210	4902,574	5270,267	5030,464	5142,377
	3	2997,450	-17,690	-312,120	2679,753	3614,892	1814,129	4480,516
3	2	3757,800	-55,560	-0,110	3712,199	4179,181	3875,222	4016,158
	3	2348,110	-19,910	-225,840	2097,335	2833,696	1491,901	3439,130
5	2	2729,340	-45,800	-0,020	2673,422	3058,192	2808,015	2923,599
	3	1716,400	-13,680	-142,710	1564,949	2039,491	1185,601	2418,839
7	2	1734,840	-31,340	0,050	1690,017	1953,147	1782,304	1860,860
	3	1089,830	-7,870	-69,970	1023,105	1265,538	840,531	1448,112
10	2	268,720	-10,640	0,080	237,569	326,743	269,086	295,226
	3	176,230	-3,040	-4,990	165,986	204,097	160,253	209,830

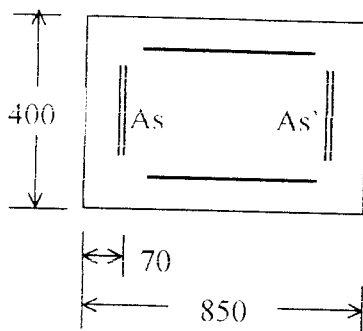
Tabel 6.24 Gaya aksial maksimum kolom struktur 16 portal 4 dinding geser

Lantai	Kolom	$N_{G,K}$ (kN)	$N_{E,KX}$ (kN)	$N_{E,KY}$ (kN)	$N_{U,KX}$ (kN)		$N_{U,KY}$ (kN)	
					Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	4849,680	-39,770	-0,241	4924,826	5259,502	5041,042	5143,286
	3	2993,870	-16,446	-315,389	2677,100	3610,027	1798,208	4488,919
3	2	3763,970	-52,650	-0,128	3730,877	4173,460	3885,292	4019,045
	3	2345,030	-18,840	-232,195	2090,588	2833,975	1463,324	3461,239
5	2	2736,050	-42,240	-0,033	2695,404	3050,301	2819,494	2926,211
	3	1714,200	-12,763	-149,793	1557,566	2042,254	1154,698	2445,122
7	2	1741,680	-27,980	0,059	1711,322	1946,206	1793,757	1863,771
	3	1088,770	-7,033	-74,759	1019,474	1266,943	820,359	1466,058
10	2	273,080	-10,250	0,098	243,807	329,661	274,231	299,237
	3	176,670	-2,912	-5,232	166,681	204,326	159,860	211,117

Tabel 6.25 Gaya aksial maksimum kolom struktur 15 portal 5 dinding geser

Lantai	Kolom	$N_{G,K}$ (kN)	$N_{E,KX}$ (kN)	$N_{E,KY}$ (kN)	$N_{U,KX}$ (kN)		$N_{U,KY}$ (kN)	
					Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	4676,690	-9,315	-0,216	4871,129	4949,920	4897,880	4923,169
	3	2966,100	-11,148	-287,975	2704,735	3524,075	1890,864	4337,946
3	2	3597,550	-14,763	-0,104	3715,292	3839,563	3758,389	3796,466
	3	2320,270	-13,598	-219,735	2102,306	2770,261	1496,263	3376,304
5	2	2590,170	-10,969	-0,008	2673,599	2765,758	2705,824	2733,533
	3	1696,070	-8,144	-147,697	1560,570	2001,177	1150,285	2411,462
7	2	1628,960	-6,627	0,009	1682,585	1738,231	1702,094	1718,722
	3	1080,940	-3,469	-78,363	1021,680	1248,294	801,491	1468,483
10	2	249,590	-2,600	0,126	251,308	272,831	259,323	264,816
	3	178,510	-2,092	-7,299	169,452	205,419	154,144	220,727

6.2.3. Grafik Interaksi Kolom



Mutu bahan dan dimensi kolom tengah adalah

$$b = 400 \text{ mm} \quad f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$h = 850 \text{ mm} \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$d' = 70 \text{ mm}$$

$$d = 780 \text{ mm}$$

Luas tulangan total yang digunakan disebar ke 4 sisi kolom sesuai dengan persyaratan bangunan tahan gempa. Karena kolom menahan beban gempa siklis dari arah x dan y maka $A_s = A_s' = 0,25 A_{st}$. Dicoba luas tulangan minimum 1% dari luas bruto (A_g).

$$A_{st} = 1\% \cdot A_g = 1\% \cdot 400.850 = 3400 \text{ mm}^2.$$

1. Kondisi beban sentris

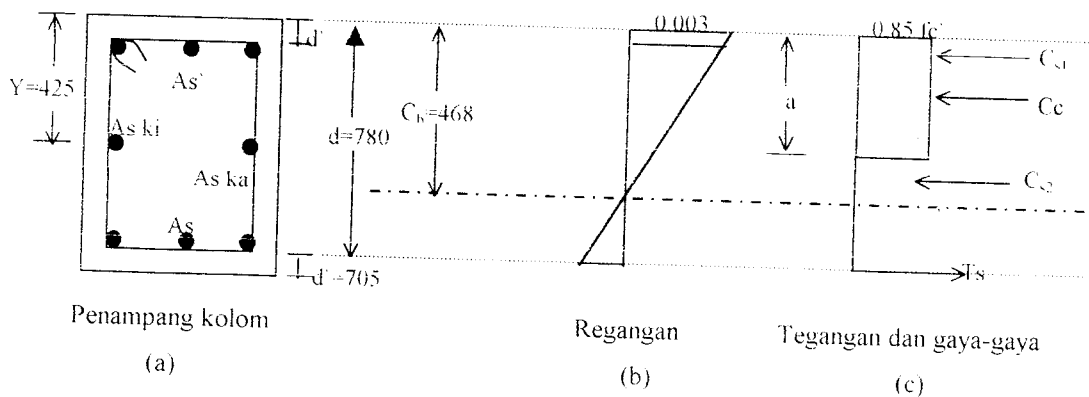
Gaya desak P berhimpit dengan sumbu memanjang kolom sehingga terjadi diseluruh penampang kolom yang mengakibatkan seluruh tulangan mengalami gaya desak. Karena itu luas tulangan yang digunakan adalah luas tulangan total (A_{st}).

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\ &= (0,85 \cdot 30 \cdot (340000 - 3400)) + 400 \cdot 3400 \cdot 10^{-3} = 9943,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n \text{ max} &= 0,8 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\ &= 0,8 \cdot 9943,3 = 7954,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 7954,64 = 5170,516 \text{ kN}$$

2. Kondisi balance



Letak garis netral dalam kondisi seimbang adalah,

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 780}{600 + 400} = 468 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,85 \cdot 468 = 397,8 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

Untuk baja mutu $f_y = 400 \text{ Mpa}$, regangan lelehnya adalah ,

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c_b - d'}{c_b} \cdot 0,003 = \frac{468 - 70}{468} \cdot 0,003 = 0,00255 > \epsilon_y = 0,002, \text{ baja desak leleh}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{c_b - y}{c_b} \cdot 0,003 = \frac{468 - 425}{468} \cdot 0,003 = 0,00028 < \epsilon_y = 0,002, \text{ baja desak belum}$$

leleh

$$\epsilon_{s3} = \frac{d - c_b}{c_b} \cdot 0,003 = \frac{780 - 468}{468} \cdot 0,003 = 0,002 = \epsilon_y = 0,002, \text{ baja tarik leleh}$$

Tegangan pada bagian baja desak yang belum leleh adalah,

$$f_{s2} = E_s \cdot \frac{c_b - y}{c_b} \cdot 0,003 = E_s \cdot \epsilon_{s2} = 200000 \cdot 0,00028 = 56 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b \cdot 10^{-3} = 4057,56 \text{ kN}$$

Tulangan yang berada dekat garis netral mempunyai tegangan-tegangan yang lebih kecil dari tegangan luluh baja, sehingga dari sumbu netral C dapat dicari regangan baja yang terjadi pada penampang kolom tersebut. Berdasarkan gambar diatas maka luas tulangan $A_s = A_s'$.

$$A_s = A_s' = (0,25 + (0,25/2)) \cdot A_{st} = 0,375 \cdot 3400 = 1275 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pada sisi } A_{s_{ki}} = A_{s_{kt}} = 0,25 \cdot A_{st} = 0,25 \cdot 3400 = 850 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tegangan desak baja } C_{s1} = A_s' \cdot f_y = 1275 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$C_{s2} = A_{s_{k1}} = A_{s_{k1}} \cdot f'_{s2} = 850.56 \cdot (10^{-3}) = 47,6 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 1275.400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s$$

$$= 4057,56 + 510 + 47,6 - 510 = 4105,16 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = C_c \cdot (y - a_p/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + C_{s2} \cdot 0 + T_s \cdot (d - y)$$

$$= 4057,56 \cdot (425 - 397,8/2) + 510 \cdot (425 - 70) + 47,6 \cdot (0) + 510 \cdot (780 - 425) \cdot (10^{-3})$$

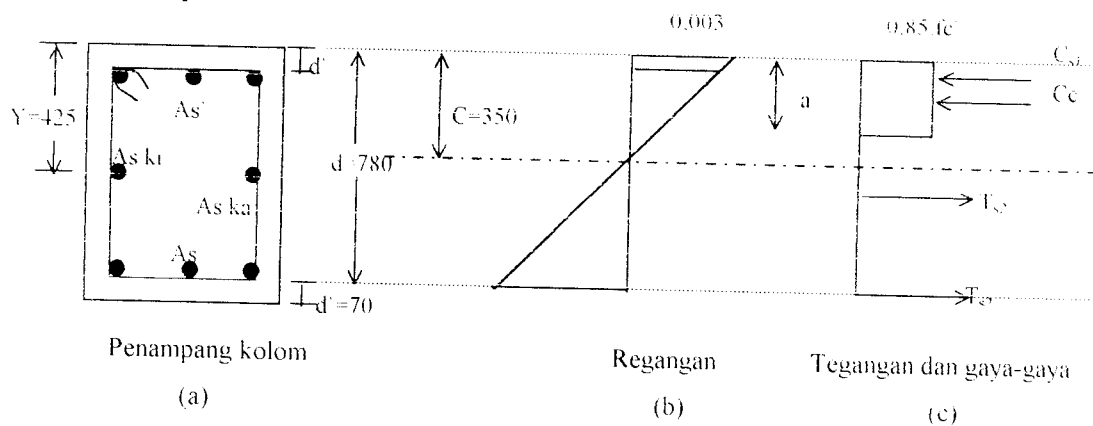
$$= 1279,514 \text{ kN-m}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{1279,514}{4105,16} = 0,3117 \text{ m} = 311,7 \text{ mm}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 4105,16 = 2668,354$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1279,514 = 831,6841 \text{ kN-m}$$

3. Kondisi patah tarik



Syarat keruntuhan tarik $e > e_b$ atau $P_n < P_{nb}$

Diambil $c = 350 \text{ mm} < c_b = 468 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 350 = 297,5 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

$$\epsilon_s = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{350 - 70}{350} \cdot 0,003 = 0,0024 > \epsilon_y = 0,002$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003 = \frac{780-350}{350} \cdot 0,003 = 0,00368 > \epsilon_y = 0,002$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{v-c}{c} \cdot 0,003 = \frac{425-350}{350} \cdot 0,003 = 0,0006 < \epsilon_y = 0,002$$

$$f_{s2} = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 0,0006 \cdot 200000 = 120 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 297,5 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 3034,5 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_{s1} \cdot f_y = 1275 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = A_{sk2} \cdot f_{s2} = 850 \cdot 120 \cdot (10^{-3}) = 102 \text{ kN}$$

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y = 1275 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_{s1} - T_{s1} - T_{s2}$$

$$= 3034,5 + 510 - 102 - 510 = 2932,5 \text{ kN} < P_{nb} = 4105,16 \text{ kN}$$

$$M_n = C_c \cdot (y-a/2) + C_{s1} \cdot (y-d') + T_{s2} \cdot (0) + T_{s1} \cdot (y-d')$$

$$= \{3034,5 \cdot (425 - 297,5/2) + 510 \cdot (425 - 70) + 102 \cdot (0) + 510 \cdot (425 - 70)\} \cdot 10^{-3}$$

$$= 1200,381 \text{ kN-m}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1200,381}{2932,5} = 0,409 \text{ m} = 409 \text{ mm} > e_b = 311,7 \text{ mm}$$

Cek faktor reduksi yang digunakan dengan persamaan $(0,1 \cdot A_g \cdot f_c')$. Bila

$(0,1 \cdot A_g \cdot f_c') > P_n$ maka faktor reduksi (ϕ) yang digunakan $> 0,65$.

$$0,1 \cdot 340000 \cdot 30 \cdot (10^{-3}) = 1020 \text{ kN}$$

$\phi P_n = 0,65 \cdot 2932,5 = 1906,125 \text{ kN} > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c'$ sehingga faktor ϕ tetap = 0,65.

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1200,381 = 780,248 \text{ kN-m.}$$

$$\text{Diambil } c = 300 \text{ mm} < c_b = 468 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 300 = 255 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

$$\varepsilon_{s'} = \frac{c-d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{300-70}{300} \cdot 0,003 = 0,0023 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d'-c}{c} \cdot 0,003 = \frac{780-300}{300} \cdot 0,003 = 0,0048 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{y-c}{c} \cdot 0,003 = \frac{425-300}{300} \cdot 0,003 = 0,00125 < \varepsilon_y = 0,002, \text{ baja tarik belum}$$

luluh

$$f_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 0,00125 \cdot 200000 = 250 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 255 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 2601 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_{s1} \cdot f_y = 1275 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = A_{sk2} \cdot f_{s2} = A_{sk2} \cdot f_{s2} = 850 \cdot 250 \cdot (10^{-3}) = 212,5 \text{ kN}$$

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y = 1275 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_{s1} - T_{s1} - T_{s2}$$

$$= 2601 + 510 - 212,5 - 510 = 2388,5 \text{ kN} < P_{nb} = 4105,16 \text{ kN}$$

$$M_n = C_c \cdot (y-a/2) + C_{s1} \cdot (y-d') + T_{s2} \cdot (0) + T_{s1} \cdot (y-d')$$

$$= \{2601 \cdot (425 - 255/2) + 510 \cdot (425 - 70) + 212,5 \cdot (0) + 510 \cdot (425 - 70)\} \cdot 10^{-3}$$

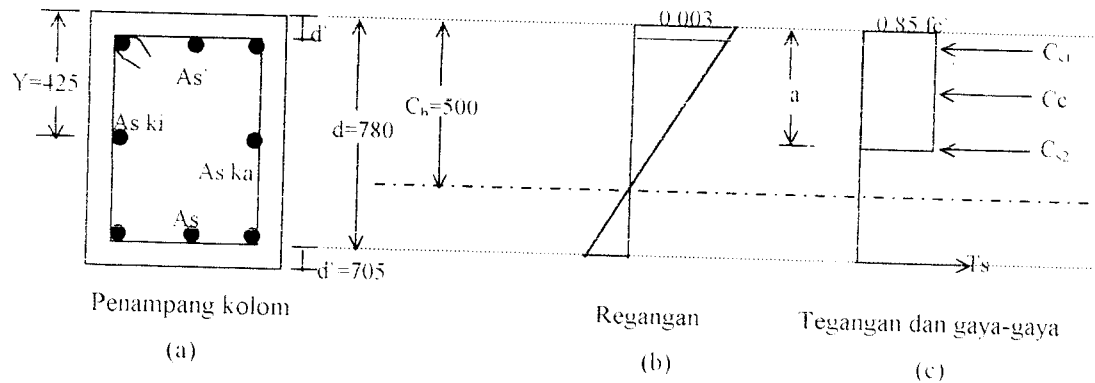
$$= 954,8475 \text{ kN-m}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{954,8475}{2388,5} = 0,40 \text{ m} = 400 \text{ mm} > e_b = 311,7 \text{ mm}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 2388,5 = 1552,525 \text{ kN} > 0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 1020 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 954,8475 = 620,6509 \text{ kN-m}$$

4. Kondisi patah tekan



Syarat keruntuhan tekan $e < e_b$ atau $P_n > P_{nb}$

Diambil $c = 500$ mm $> c_b = 468$ mm

$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 500 = 425$ mm

Cek regangan yang terjadi,

$$\varepsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{500 - 70}{500} \cdot 0,003 = 0,00258 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{c - y}{c} \cdot 0,003 = \frac{500 - 425}{500} \cdot 0,003 = 0,00045 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{780 - 500}{500} \cdot 0,003 = 0,00168 < \varepsilon_y = 0,002$$

$$f_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 0,00045 \cdot 200000 = 90 \text{ Mpa}$$

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,00168 \cdot 200000 = 336 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 425 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 4355 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_{s1} \cdot f_y = 1275 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$C_{s2} = 0,25 \cdot A_{st} \cdot f_{s2} = 850 \cdot 90 \cdot (10^{-3}) = 76,5 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s = 1275 \cdot 336 \cdot (10^{-3}) = 428,4 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s$$

$$= 4335 + 510 + 76,5 - 428,4 = 4493,1 \text{ kN} > P_{nb} = 4105,16 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot (y-a/2) + C_{s1} \cdot (y-d') + C_{s2} \cdot (0) + T_s \cdot (d-y) \\ &= \{4335 \cdot (425 - 425/2) + 510 \cdot (425 - 70) + 76,5 \cdot (0) + 428,4 \cdot (780 - 425)\} \cdot 10^{-3} \\ &= 1254,3195 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1254,3195}{4493,1} = 0,279 \text{ m} = 279 \text{ mm} < e_b = 311,7 \text{ mm}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 4493,1 = 2920,515 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1254,3195 = 815,3077 \text{ kN-m}$$

$$\text{Diambil } c = 550 \text{ mm} > c_b = 468 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 550 = 467,5 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

$$\epsilon_{s1} = \frac{c-d'}{c} \cdot 0,003 = \frac{550-70}{550} \cdot 0,003 = 0,00262 > \epsilon_y = 0,002$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{c-y}{c} \cdot 0,003 = \frac{550-425}{550} \cdot 0,003 = 0,00068 > \epsilon_y = 0,002$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003 = \frac{780-550}{550} \cdot 0,003 = 0,00125 < \epsilon_y = 0,002$$

$$f_{s2} = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 0,00068 \cdot 200000 = 136 \text{ Mpa}$$

$$f_s = \epsilon_s \cdot E_s = 0,00125 \cdot 200000 = 250 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 467,5 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 4768,5 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = A_s' \cdot f_y = 1275 \cdot 400 \cdot (10^{-3}) = 510 \text{ kN}$$

$$C_{s2} = 0,25 \cdot A_{st} \cdot f_{s2} = 850 \cdot 136 \cdot (10^{-3}) = 115,6 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s = 1275 \cdot 250 \cdot (10^{-3}) = 318,75 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s$$

$$= 4768,5 + 510 + 115,6 - 318,75 = 5075,35 \text{ kN} > P_{nb} = 4105,16 \text{ kN}$$

$$M_n = C_{c1} \cdot (y - a/2) + C_{s1} \cdot (y - d') + C_{s2} \cdot (0) + T_s \cdot (d - y)$$

$$= \{4768,5 \cdot (425 - 467,5/2) + 510 \cdot (425 - 70) + 115,6 \cdot (0) + 318,75 \cdot (780 - 425)\} \cdot 10^{-3}$$

$$= 1206,1819 \text{ kN-m}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1206,1819}{5075,35} = 0,238 \text{ m} = 238 \text{ mm} < e_b = 311,7 \text{ mm}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 5075,35 = 3928,9775 \text{ kN}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1206,1819 = 784,018 \text{ kN-m}$$

5. Kondisi momen murni

Pada kondisi momen murni gaya aksial $P = 0$ sehingga kontribusi tulangan desak

A_s' dapat diabaikan dalam perhitungan (Nawy, 1990).

$A_s = 1275 \text{ mm}^2$ dianggap tulangan tarik telah leleh sehingga,

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1275 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 56,67 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{56,67}{0,85} = 66,67 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{780 - 66,7}{66,7} \cdot 0,003 = 0,032 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{y - c}{c} \cdot 0,003 = \frac{425 - 66,7}{66,7} \cdot 0,003 = 0,0161 > \varepsilon_y = 0,002$$

$$M_{n0} = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) + (0,25 \cdot A_{s1}) \cdot f_y \cdot (y - a/2)$$

$$= \{1275 \cdot 400 \cdot (780 - 56,67/2) + 850 \cdot 400 \cdot (425 - 56,67/2)\} \cdot (10^{-6})$$

$$= 518,2152 \text{ kN-m}$$

Perhitungan grafik interaksi kolom selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dengan luas tulangan yang digunakan 1%, 2%, 3%, 4%. Meskipun beberapa peraturan memberikan batas maksimum sebesar 8%, disarankan untuk tidak menggunakan tulangan lebih dari 4% agar tulangan tersebut tidak berdesakan dalam penampang beton terutama pada pertemuan balok-kolom (Nawy, 1990).

Tabel 6.26 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/850

R %	Po (kN)	Pn _{maks} (kN)	Pn _b (kN)	Mn _b (kNm)	Pn _{tarik} (kN)	Mn _{tarik} (kNm)	Pn _{tekan} (kN)	Mn _{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	9943,300	7954,640	4105,160	1279,514	2932,500	1200,381	4493,100	1254,320	518,215
2	11216,600	8973,280	4151,278	1641,614	2830,500	1562,481	4651,200	1587,452	999,600
3	12489,900	9991,920	4198,137	2003,714	2728,500	1924,581	4809,300	1920,584	1435,650
4	13763,200	11010,600	4244,996	2365,814	2626,500	2286,681	4967,400	2253,716	1729,200

Tabel 6.27 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/750

R %	Po (kN)	Pn _{maks} (kN)	Pn _b (kN)	Mn _b (kNm)	Pn _{tarik} (kN)	Mn _{tarik} (kNm)	Pn _{tekan} (kN)	Mn _{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	8773,500	7018,800	3573,760	987,632	2748,520	941,955	4081,500	959,376	401,956
2	9897,000	7917,600	3610,154	1262,132	2679,288	1216,455	4261,500	1201,851	770,824
3	11020,500	8816,400	3646,551	1536,632	2610,058	1490,955	4441,500	1444,326	1106,600
4	12144,000	9715,200	3682,948	1811,132	2540,827	1765,455	4621,500	1686,801	1409,290

Tabel 6.28 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/650

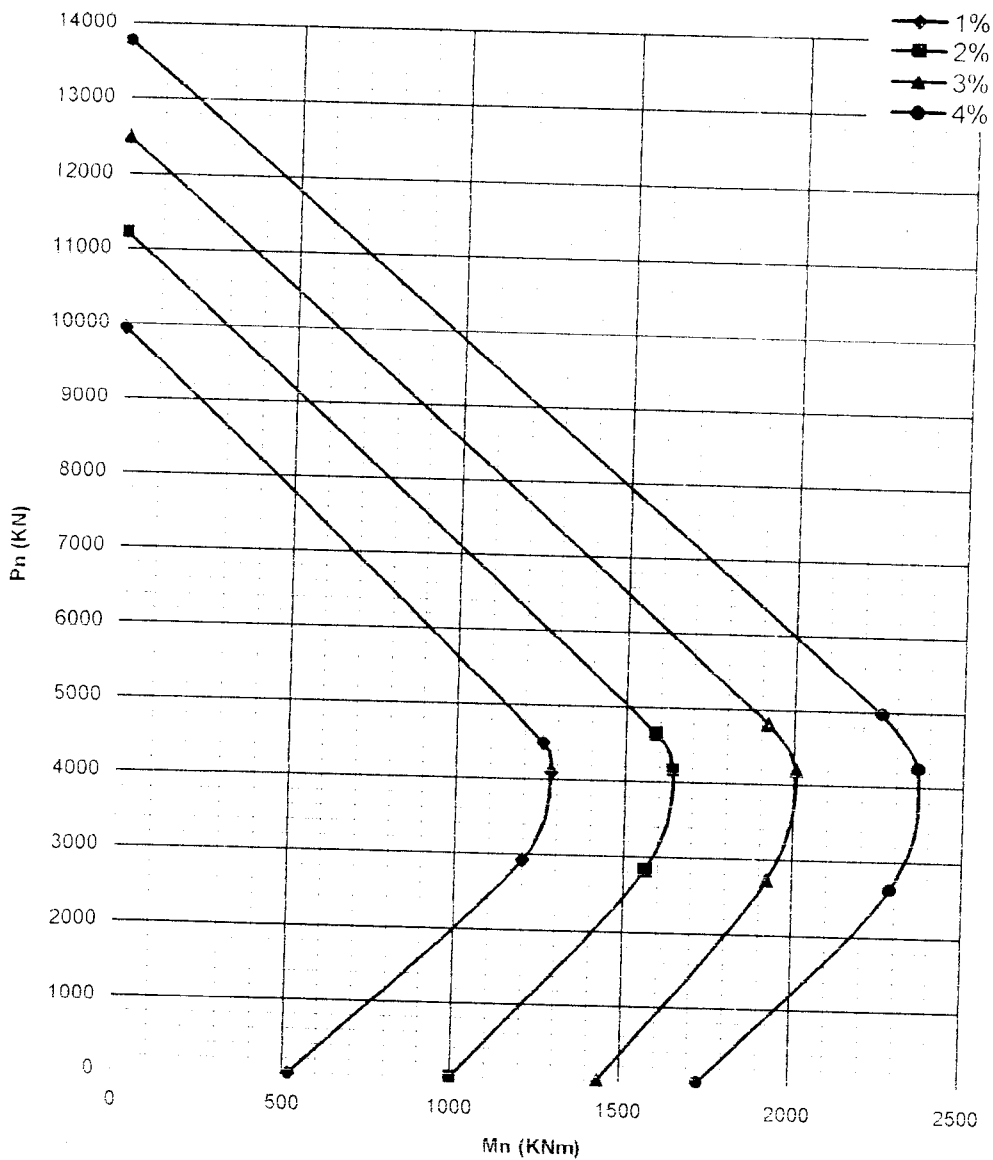
R %	Po (kN)	Pn _{maks} (kN)	Pn _b (kN)	Mn _b (kNm)	Pn _{tarik} (kN)	Mn _{tarik} (kNm)	Pn _{tekan} (kN)	Mn _{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	7603,700	6082,960	3042,940	733,239	2568,500	712,598	3667,875	704,119	298,274
2	8577,400	6861,920	3068,712	932,139	2536,000	911,498	3867,750	870,698	571,694
3	9551,100	7640,880	3094,488	1131,039	2503,500	1110,398	4067,625	1037,276	820,262
4	10524,800	8419,840	3120,263	1329,939	2471,000	1309,298	4267,500	1203,855	1043,980

Tabel 6.29 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/600

R %	Po (kN)	Pn _{maks} (kN)	Pn _b (kN)	Mn _b (kNm)	Pn _{tarik} (kN)	Mn _{tarik} (kNm)	Pn _{tekan} (kN)	Mn _{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	7018,800	5615,040	2777,440	620,101	2095,500	585,553	3168,214	605,642	252,212
2	7917,600	6334,080	2797,815	785,702	2023,500	751,153	3301,929	752,317	483,247
3	8816,400	7053,120	2818,192	951,301	1951,500	916,753	3435,643	898,991	693,106
4	9715,200	7772,160	2838,569	1116,901	1879,500	1082,353	3569,357	1045,665	881,788

Tabel 6.30 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/500

R %	P _o (kN)	P _{nmax} (kN)	P _{n_b} (kN)	M _{n_b} (kNm)	P _{nmin} (kN)	M _{nmax} (kNm)	P _{n_{tekan}} (kN)	M _{n_{tekan}} (kNm)	M _o (kNm)
1	5849,000	4679,200	2246,120	421,943	1659,000	394,110	2756,000	407,723	171,647
2	6598,000	5278,400	2255,460	529,943	1584,000	502,110	2911,000	496,823	328,588
3	7347,000	5877,600	2264,767	637,943	1509,000	610,110	3066,000	585,923	470,824
4	8096,000	6476,800	2274,069	745,943	1434,000	718,110	3221,000	675,023	598,353



Gambar 6.14 Grafik interaksi kolom 400/850

6.2.4 Perhitungan Penulangan Kolom

Contoh perhitungan diambil balok interior lantai 1 dengan ukuran kolom 400.850

$$A_{gr} = 1\%. A_{s_{total}} = 0,01.40.85 = 34 \text{ cm}^2$$

$$\frac{N_{uk-v}}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c'} = \frac{5096,049 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 34 \cdot 0,85 \cdot 30} = 0,904$$

$$\frac{M_{uk-v}}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot h} = \frac{624,461 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 34 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 85} = 0,130$$

dari grafik interaksi untuk kolom dengan tulangan pada empat sisi (Gideon,1994)

didapatkan nilai $r = 0,014 = 1,4\%$.

$$\beta = 1,2 \text{ untuk } f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\rho = r \cdot \beta = 1,4 \cdot 1,2 = 1,68 \%$$

$A_{s \text{ total}} = \rho \cdot A_{gr} = 1,68 \cdot 34 = 5712 \text{ mm}^2$. digunakan tulangan 16D22.

Dengan cara yang sama dihitung penulangan untuk kolom yang lain dan hasilnya ditabelkan pada Tabel 6.31.

Tabel 6.31 Tulangan kolom, struktur 16 portal 2 dinding geser

Lantai	Kolom	N_{uk} (kN)	M_{uk} (kNm)	$(N_{uk}/\phi)'$ ($A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c'$)	$(M_{uk}/\phi)'$ ($A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot h$)	r pada Grafik (%)	$\rho = r \cdot \beta$	$A_{s \text{ total}}$ (mm^2)	Tulangan Terpasang
1	2	5096,049	624,461	0,904	0,130	1,400	1,680	5712	16D22
	3	3178,150	396,396	0,639	0,106	1,000	1,200	3600	10D22
3	2	3946,249	870,788	0,700	0,182	1,600	1,920	6528	18D22
	3	2486,906	528,910	0,500	0,142	1,000	1,200	3600	10D22
5	2	2873,178	877,650	0,578	0,235	2,200	2,640	7920	20D22
	3	1827,556	564,072	0,424	0,201	1,250	1,500	3900	12D22
7	2	1832,988	778,088	0,425	0,278	2,700	3,240	8424	22D22
	3	1168,055	496,875	0,294	0,208	1,600	1,920	4608	14D22
10	2	307,222	633,320	0,077	0,265	3,000	3,600	8640	22D22
	3	170,323	433,213	0,051	0,261	2,950	3,540	7080	20D22

Tabel 6.32 Tulangan kolom struktur 15 portal 3 dinding geser

Lantai	Kolom	N_{uk} (kN)	M_{uk} (kNm)	$(N_{uk}/\phi)'$ (Ag,0,85 f _c)	$(M_{uk}/\phi)'$ (Ag,0,85 f _c . h)	r pada Grafik (%)	$\rho = r.B$	As total (mm ²)	Tulangan Terpasang
1	2	4902,574	625,657	0,870	0,131	1,200	1,440	4896	14D22
	3	2679,753	415,301	0,539	0,111	1,000	1,200	3600	10D22
3	2	3712,199	817,170	0,659	0,171	1,200	1,440	4896	14D22
	3	2097,335	464,471	0,422	0,125	1,000	1,200	3600	10D22
5	2	2673,422	749,361	0,538	0,201	1,400	1,680	5040	14D22
	3	1564,949	493,530	0,363	0,176	1,000	1,200	3120	10D22
7	2	1690,017	759,077	0,392	0,271	2,650	3,180	8268	22D22
	3	1023,105	498,095	0,257	0,209	1,500	1,800	4320	12D22
10	2	237,569	525,468	0,060	0,220	2,500	3,000	7200	20D22
	3	165,986	325,360	0,050	0,196	2,100	2,520	5040	14D22

Tabel 6.33 Tulangan kolom struktur 16 portal 4 dinding geser

Lantai	Kolom	N_{uk} (kN)	M_{uk} (kNm)	$(N_{uk}/\phi)'$ (Ag,0,85 f _c)	$(M_{uk}/\phi)'$ (Ag,0,85 f _c . h)	r pada Grafik (%)	$\rho = r.B$	As total (mm ²)	Tulangan Terpasang
1	2	4924,826	622,148	0,874	0,130	1,150	1,380	4692	14D22
	3	2677,100	408,445	0,538	0,110	1,000	1,200	3600	10D22
3	2	3730,877	792,823	0,662	0,166	1,150	1,380	4692	14D22
	3	2090,588	456,103	0,420	0,122	1,000	1,200	3600	10D22
5	2	2695,404	736,029	0,542	0,197	1,200	1,440	4320	12D22
	3	1557,566	485,602	0,361	0,173	1,000	1,200	3120	10D22
7	2	1711,322	752,314	0,397	0,269	2,500	3,000	7800	20D22
	3	1019,474	492,697	0,256	0,206	1,500	1,800	4320	12D22
10	2	243,807	525,468	0,061	0,220	2,500	3,000	7200	20D22
	3	166,681	325,360	0,050	0,196	2,100	2,520	5040	20D22

Tabel 6.34 Tulangan kolom struktur 15 portal 5 dinding geser

Lantai	Kolom	N_{uk} (kN)	M_{uk} (kNm)	$(N_{uk}/\phi)'$ (Ag,0,85 f _c)	$(M_{uk}/\phi)'$ (Ag,0,85 f _c . h)	r pada Grafik (%)	$\rho = r.B$	As total (mm ²)	Tulangan Terpasang
1	2	4871,129	566,905	0,864	0,118	1,000	1,200	4080	12D22
	3	2704,735	278,121	0,544	0,075	1,000	1,200	3600	10D22
3	2	3715,292	737,517	0,659	0,154	1,000	1,200	4080	12D22
	3	2102,306	442,143	0,423	0,119	1,000	1,200	3600	10D22
5	2	2673,599	743,106	0,538	0,199	1,200	1,440	4320	12D22
	3	1560,570	477,631	0,362	0,171	1,000	1,200	3120	10D22
7	2	1682,585	759,088	0,390	0,271	2,600	3,120	8112	22D22
	3	1021,680	484,383	0,257	0,203	1,500	1,800	4320	12D22
10	2	251,308	592,975	0,063	0,248	2,900	3,480	8352	22D22
	3	169,452	325,360	0,051	0,196	2,150	2,580	5160	14D22

6.2.5 Gaya Geser Rencana dan Gaya Geser Maksimum Kolom

1. Momen kapasitas kolom

Untuk mencari momen kapasitas kolom dilakukan interpolasi linier berdasarkan luas tulangan yang terpasang pada kolom. Setelah momen kapasitas kolom diperoleh maka momen nominal aktual kolom dikalikan dengan faktor penambah kekuatan,

$$M_{\text{kapasitas kolom}} = \phi \cdot M_{\text{nak kolom}}$$

Tulangan yang digunakan pada kolom interior lantai 1 adalah 16D22 dengan luas $A_s \text{ total} = 6082,123 \text{ mm}^2$.

$$\text{Rasio tulangan } \rho = A_s \text{ total} / A_g = 6082,123 / (400 \cdot 850) = 1,79 \%.$$

$$N_{\text{uk}} \text{ yang bekerja} = 5096,049 / \phi = 5096,049 / 0,65 = 7840,075 \text{ kN}$$

Dari grafik interaksi kolom diperoleh nilai untuk rasio penulangan sebagai berikut,

$$\diamond \text{ Rasio } 1 \% = 88,21 \text{ kNm}$$

$$\diamond \text{ Rasio } 2 \% = 905,3 \text{ kNm}$$

Dengan interpolasi didapatkan momen untuk rasio 1,79 % sebesar 832,145 kNm.

$$M_{\text{nak kolom}} = 832,145 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{kap kolom}} = 1,25 \cdot 832,145 = 1040,181 \text{ kNm.}$$

2. Gaya geser rencana kolom

Untuk kolom lantai atas,

$$V_{\text{uk}} = \frac{M_{u, \text{atas}} + M_{u, \text{bawah}}}{h_k}$$

Untuk lantai bawah,

$$V_{uk} = \frac{M_{u,katas} + M_{kapasitaskolom}}{h_c}$$

Untuk kolom lantai 1 interior, $V_{uk} = \frac{624,461 + 1040,181}{4,6} = 361,879 \text{ kN}$

.3. Gaya geser maksimum kolom

Gaya geser maksimum adalah penjumlahan dari gaya geser akibat beban mati, beban hidup dan beban gempa yang dikalikan dengan faktor daktilitas yang direncanakan.

a. Gaya geser maksimum kolom lantai 1 interior arah x

$$V_{uk-x} = 1,05.(0,625 + 0,079 + 4.(123,289 + 0,3.109,778)) = 656,874 \text{ kN}$$

b. Gaya geser maksimum kolom lantai 1 interior arah y

$$V_{uk-y} = 1,05.(0,625 + 0,079 + 4.(0,3.123,289 + 109,778)) = 617,150 \text{ kN}$$

Gaya geser rencana kolom yang lain dihitung dengan cara yang sama dan ditabelkan dalam tabel 6.35.

Tabel 6.35 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 16 portal 2 dinding geser

Lantai	Kolom	$M_{u,katas}$ (kNm)	$M_{u,k.bwh}$ (kNm)	$V_{D,k}$ (kN)	$V_{L,k}$ (kN)	$V_{E,kx}$ (kN)	$V_{E,ky}$ (kN)	V_{uk} (kN)	$V_{ukx,maks}$ (kN)	$V_{uky,maks}$ (kN)
1	2	624,461	1040,181*	0,625	0,079	123,289	109,778	361,879	656,874	617,150
	3	396,396	999,925*	0,162	0,050	114,244	68,334	303,548	566,146	431,171
3	2	870,788	845,960	6,022	1,046	126,243	118,602	581,949	687,079	664,614
	3	528,910	524,486	0,308	0,030	111,453	61,444	357,084	545,876	398,851
5	2	877,650	790,215	8,896	1,519	106,506	108,395	565,378	594,838	600,392
	3	564,072	493,344	0,281	0,086	94,775	56,853	358,446	470,072	358,581
7	2	778,088	577,897	10,532	1,788	76,040	81,638	459,656	435,166	451,624
	3	496,873	382,022	0,273	0,123	69,449	46,785	297,931	351,052	284,420
10	2	1056,893*	1056,893*	12,771	2,308	18,761	19,969	716,538	119,792	123,344
	3	756,480*	756,480*	1,065	0,057	13,680	10,373	512,868	71,701	61,979

Ket * : $M_{kapasitaskolom} = \phi_c \cdot M_{nak\ kolom}$

Tabel 6.36 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 15 portal 3 dinding geser

Lantai	Kolom	M _{uk atas} (kNm)	M _{uk bwh} (kNm)	V _{DK} (kN)	V _{TL} (kN)	V _{TLK} (kN)	V _{TRK} (kN)	V _{uk} (kN)	V _{uk maks} (kN)	V _{ukv maks} (kN)
1	2	625,657	1061,672*	1,874	0,406	94,580	123,292	366,811	554,976	639,392
	3	415,301	1044,948*	0,609	0,133	58,912	117,426	317,445	396,164	568,195
3	2	817,170	777,639	7,721	1,665	101,176	132,758	540,613	602,070	694,921
	3	464,471	456,596	2,469	0,563	52,487	115,622	312,226	369,310	554,927
5	2	749,361	674,920	11,892	2,572	92,171	111,589	482,807	542,908	599,998
	3	493,530	431,775	3,889	0,884	48,393	98,470	313,663	332,335	479,563
7	2	759,077	562,740	14,261	3,085	69,523	79,800	448,073	410,759	440,973
	3	498,095	381,930	4,929	1,119	39,850	72,197	298,314	264,687	359,789
10	2	966,854*	966,854*	11,296	2,491	15,871	21,472	655,494	108,188	124,654
	3	590,887*	590,887*	4,039	0,937	8,242	14,531	400,601	58,149	76,640

Tabel 6.37 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 16 portal 4 dinding geser

Lantai	Kolom	M _{uk atas} (kNm)	M _{uk bwh} (kNm)	V _{DK} (kN)	V _{TL} (kN)	V _{TLK} (kN)	V _{TRK} (kN)	V _{uk} (kN)	V _{uk maks} (kN)	V _{ukv maks} (kN)
1	2	622,148	1038,284*	1,725	0,375	90,447	125,288	360,963	539,946	642,378
	3	408,445	1034,094*	20,253	4,503	56,377	120,267	313,595	414,313	602,150
3	2	792,823	787,562	6,790	1,474	98,500	136,697	535,724	594,616	706,916
	3	456,103	463,531	60,674	13,625	51,152	118,534	311,740	442,203	640,307
5	2	736,029	683,764	10,492	2,285	93,063	114,474	481,286	548,516	611,465
	3	485,602	440,086	58,189	13,173	48,878	100,937	313,793	407,399	560,451
7	2	752,314	571,396	12,614	2,744	72,816	81,658	448,715	424,844	450,837
	3	492,697	388,554	55,942	12,717	41,705	73,971	298,729	340,454	435,317
10	2	935,020*	935,020*	9,719	2,162	16,980	22,521	633,912	112,168	128,456
	3	561,934*	561,934*	50,540	10,729	8,756	14,472	380,972	119,342	136,149

Tabel 6.38 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom struktur 15 portal 5 dinding geser

Lantai	Kolom	M _{uk atas} (kNm)	M _{uk bwh} (kNm)	V _{DK} (kN)	V _{TL} (kN)	V _{TLK} (kN)	V _{TRK} (kN)	V _{uk} (kN)	V _{uk maks} (kN)	V _{ukv maks} (kN)
1	2	566,905	1053,148*	0,745	0,172	72,276	126,020	352,186	463,306	621,313
	3	278,121	1046,183*	20,058	4,464	45,067	122,597	287,892	369,502	597,440
3	2	737,517	771,826	0,294	0,134	82,337	142,518	511,642	525,837	702,768
	3	442,143	478,592	59,479	13,383	42,767	121,575	312,113	409,309	641,005
5	2	743,106	713,636	0,597	0,242	81,649	119,054	493,811	493,814	603,787
	3	477,631	449,660	56,376	12,806	42,947	103,569	314,336	383,518	561,746
7	2	759,088	571,167	0,789	0,306	66,324	84,531	450,934	386,220	439,747
	3	484,383	421,871	54,053	12,345	38,139	75,934	307,205	325,578	436,696
10	2	1046,746*	1046,746*	3,781	0,619	17,431	25,804	709,659	110,344	134,961
	3	559,509*	559,509*	57,879	12,255	8,325	15,631	379,328	128,299	149,781

6.2.6 Tulangan Geser Kolom

a. Tulangan geser kolom interior lantai 1 bawah

Gunakan sengkang D12 dengan mutu baja 400 Mpa dengan luas sengkang,

$$A_{sv} = 2 \cdot (0,25 \cdot 7 \cdot 12^2) = 226,2 \text{ mm}^2$$

Pada lantai bawah $V_c = 0$ sehingga seluruh gaya geser ditahan oleh tulangan geser sehingga V_{tik} desain tidak direduksi dengan nilai V_c .

$$V_{tik} \text{ desain} = V_{tik} \cdot \phi = 361,879 \cdot 0,6 = 603,131 \text{ kN}$$

$$\text{Jarak sengkang perlu adalah } s = \frac{226,2 \cdot 400 \cdot 780}{603,131 \cdot 10^3} = 117,013 \approx 100 \text{ mm}$$

Gunakan jarak spasi sengkang = 100 mm sehingga gaya geser yang mampu ditahan oleh sengkang adalah,

$$V_{tik} = \frac{226,2 \cdot 400 \cdot 780}{100} = 705,744 = V_{tik} \cdot \phi = 603,131 \text{ kN}$$

Berarti jarak sengkang telah memenuhi syarat.

b. Tulangan geser kolom lantai 1 atas

Pada kolom lantai 1 atas kontribusi V_c diperhitungkan dalam memberikan tahanan geser. Kemampuan beton dalam menahan geser V_c dihitung dengan persamaan,

$$V_c = (1 + N_u / 14 \cdot A_g) \cdot (\sqrt{f_c'} / 6) \cdot b \cdot d$$

N_u diambil dari nilai terkecil dari Tabel 6.18 dan Tabel 6.22 sehingga diperoleh nilai $N_u = 4937,325 \text{ kN}$.

$$V_c = (1 + (4937,325 / 14 \cdot 400 \cdot 850)) \cdot (\sqrt{30} / 6) \cdot 400 \cdot 780 \cdot 10^3 = 285,111 \text{ kN}$$

Gaya geser yang digunakan adalah gaya geser yang didapat dari pengurangan gaya geser rencana (V_{tik}) dengan gaya geser yang mampu disumbangkan oleh beton (V_c),

$$V_{u,k} = 603,131 + 285,111 = 318,020 \text{ kN}$$

$$\text{Jarak sengkang perlu adalah } s = \frac{226,240,780}{318,020 \cdot 10^3} = 221,918 \approx 220 \text{ mm}$$

Gaya geser yang mampu ditahan adalah,

$$V_k = \frac{226,240,780}{220} = 320,793 \text{ kN}$$

Sehingga gaya geser aktual yang mampu ditahan oleh sengkang dan beton adalah,

$$V_c = V_k - V_{u,k} \cdot \phi$$

$$285,115 = 320,793 - 605,904 \text{ kN} \cdot V_{u,k} \cdot \phi = 603,131 \text{ kN}$$

Dengan cara yang sama didapatkan sengkang dan jarak antar sengkang untuk kolom yang lain dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini,

Tabel 6.39 Tulangan geser struktur 16 portal 2 dinding geser

Panel	Kolom	$V_{u,k}$ (kN)	$N_{u,k}$ (kN)	V_c (kN)	Tul. Geser (kN)	V_s (kN)	Cek $V_c + V_s - V_{u,k} / \phi$
1	2a	361,879	4937,325	285,115	D12-220	320,793	605,904 > 603,131
	2b	361,879	4937,325	0,000	D12-100	705,744	705,744 > 603,131
2	3a	303,548	1568,379	248,483	D12-235	261,814	541,377 > 505,914
	3b	303,548	1568,379	0,000	D12-100	615,264	585,966 > 505,914
3	2	581,949	3779,111	285,048	D12-100	705,744	990,786 > 969,914
	3	357,084	1309,064	248,444	D12-175	351,579	599,958 > 595,139
4	2	565,378	2712,220	248,466	D12-85	723,840	972,301 > 942,297
	3	358,446	1065,556	211,888	D12-135	388,729	600,577 > 597,410
5	2	459,656	1705,795	211,889	D12-90	583,093	794,979 > 766,093
	3	297,931	776,473	193,592	D12-155	369,383	502,957 > 495,551
6	2	716,538	256,141	193,543	D12-40	1065,653	1259,197 > 1194,230
	3	812,868	153,221	157,923	D12-50	707,389	864,411 > 854,780

Tabel 6.42 Tulangan geser struktur 15 portal 5 dinding geser

Lantai	Kolom	V_u (kN)	N_{uk} (kN)	V_e (kN)	Tul. Geser	V_s (kN)	Cek
							$V_e + V_s$
1	2a	352,186	4871,129	285,107	D12-230	306,845	591,952 > 586,976
	2b	352,186	4871,129	0,000	D12-100	705,744	705,744 > 586,976
	3a	287,892	1890,864	248,413	D12-265	232,175	480,588 > 479,820
	3b	287,892	1890,864	0,000	D12-100	615,264	615,264 > 479,820
3	2	511,642	3715,292	285,038	D12-120	588,120	873,158 > 852,736
	3	312,113	1496,263	248,389	D12-225	273,451	521,840 > 520,189
5	2	493,811	2673,599	248,459	D12-105	585,966	834,425 > 823,018
	3	314,336	1150,285	211,853	D12-165	318,051	529,904 > 523,893
7	2	450,934	1678,285	211,884	D12-95	552,404	764,288 > 751,556
	3	307,205	801,491	193,575	D12-150	319,696	513,271 > 512,008
10	2	709,659	223,242	193,541	D12-45	1065,653	1259,195 > 1182,764
	3	379,328	154,144	157,022	D12-80	486,330	643,352 > 632,213

6.3 Desain Dinding Geser

Sebagai contoh dihitung dinding geser pada struktur 16 portal dengan 2 dinding geser. Batas ketebalan dinding geser (b) diambil berdasarkan ketentuan seperti berikut:

$$b \geq b_c \quad b \geq 300 \text{ mm}$$

$$b \geq b_c \quad b \geq 310 \text{ mm}$$

$$b \geq \frac{h_w}{16} \quad b \geq \frac{5250}{16} = 328,12 \text{ mm}$$

b diambil 350 mm.

Batas tebal dinding geser kritis (b_c) dihitung dengan persamaan,

$$b_c = 0,0171 \lambda_w \sqrt{f_c} = 0,0171 \lambda_w \sqrt{11} = 0,0571 \lambda_w$$

λ_w = rasio daktilitas dengan anggapan perencanaan daktilitas penuh ($\mu_A = 4$)

(dari gambar 3.4)

Dari gambar 3.5 untuk nilai $b_c / h_w = 0,057$ dengan $\mu_A = 4$ didapat nilai $h_w / l_w = 7,5$.

Lebar dinding geser $l_w = \frac{39}{7,5} = 5,2$ m diambil $l_w = 5500$ mm dan

b) $0,057 \cdot 5500 = 310$ mm.

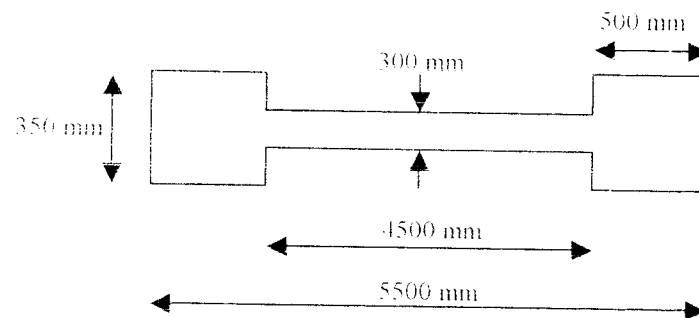
Janjang boundary element (l_c) dihitung dengan persamaan :

$$l_c \geq \frac{h_c \cdot l_w}{10 \cdot b} = l_c \geq \frac{310 \cdot 5500}{10 \cdot 350} = 487,143 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \frac{h_c^2}{b} = l_c \geq \frac{310^2}{350} = 274,571 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \frac{h_c}{16} = l_c \geq \frac{5250}{16} = 328,12 \text{ mm}$$

l_c diambil 500 mm.



Gambar 6.15 Dimensi dinding geser

Titik berat dinding geser $\frac{l_w}{2} = \frac{5500}{2} = 2750$ mm

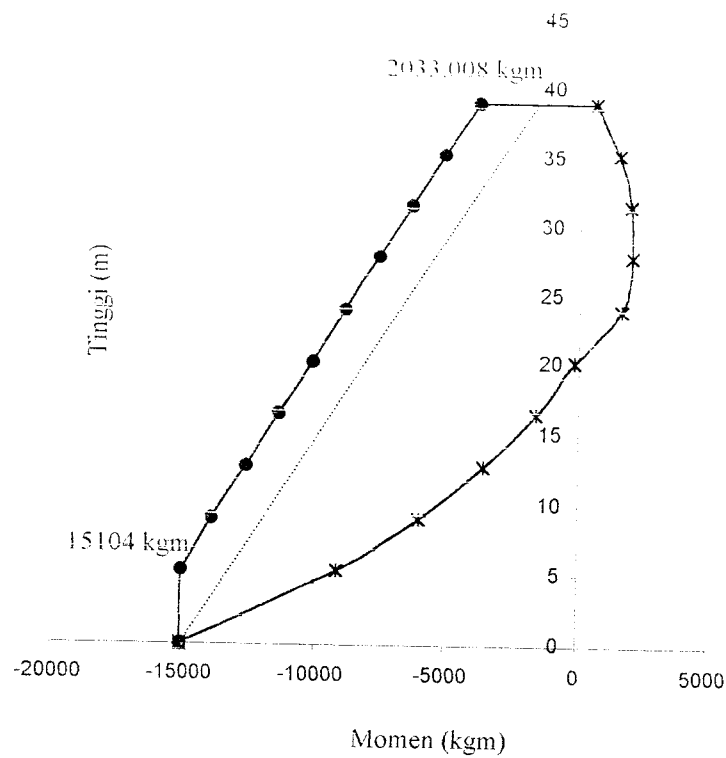
Dari hasil analisis dengan SAP90 didapat $P_u = 9710,895$ kN dan $M_u = 15104$ kNm.

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{9710,895}{0,65} = 14939,838 \text{ kN}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{15104}{0,65} = 23236,923 \text{ kNm}$$

Tabel 6.43 Momen hasil interpolasi yang digunakan dalam perancangan

Tinggi (m)	M dari SAP (kNm)	Momen Hasil interpolasi (kNm)
0	-15104,000	-15104,000
5,25	-9173,830	-15104,000
9	-5981,206	-13930,962
12,75	-3531,335	-12674,136
16,5	-1546,412	-11417,310
20,25	144,340	-10160,484
24	1605,515	-8903,658
27,75	2033,008	-7646,831
31,5	1921,491	-6390,005
35,25	1485,889	-5133,179
39	544,272	-3876,353



Gambar 6.16 Bidang momen yang digunakan dalam perancangan dinding geser

3.3.1 Penulangan Lentur

a. Pada badan dinding geser (daerah II)

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,7}{f_y} = \frac{0,7}{400} = 0,0018$$

diambil yang terbesar yaitu $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_s = 0,0025 \cdot 300 \cdot 4500 = 3375 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan maksimum

$$D_{\max} = \frac{b_w}{10} = \frac{300}{10} = 30 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D12 dan dipakai 2 lapis tulangan.

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{2.113}{0,0025 \cdot 300} = 301,33 \text{ mm}$$

Dipakai jarak antar tulangan 300 mm.

$$n = \frac{4500}{300} = 15$$

Dipakai tulangan 16D12

$$A_s \text{ aktual} = 2 \cdot 16 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 = 3619 \text{ mm}^2 > 3375 \text{ mm}^2$$

Dianggap semua tulangan telah leleh, maka besar gaya aksial yang bekerja,

$$T_2 = A_s \text{ aktual} \cdot f_y = 3619 \cdot 400 = 1447,60 \text{ kN}$$

b. Pada daerah ujung (daerah I)

$$D_{\max} = \frac{b}{10} = \frac{500}{10} = 50 \text{ mm}$$

$$A_{s \min} = 0,001 \cdot b_w \cdot l_w = 0,001 \cdot 300 \cdot 5500 = 1650 \text{ mm}^2$$

Statis momen terhadap T1

$$14939,838.2,75 + 1447,60.2,75 + T3.(5,5 - 0,25) - 23236,923 = 0$$

$$T3 = 4157,815 \text{ kN}$$

$$A_{s3} = \frac{4157,815.10^3}{400} = 10394,539 \text{ mm}^2$$

$$D = 28 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

$$A_{v \text{ ujung}} = 18.0,25.\pi.28^2 = 11083,589 \text{ mm}^2 > A_{s3}$$

6.3.2 Kapasitas lentur dinding geser

a. Desak daerah I

Dengan cara coba-coba garis netral dinding geser dari tulangan yang terpasang dapat ditentukan, sehingga gaya desak dikurangi gaya tarik akan kira-kira sama dengan P_n . Kemudian momen yang didapat berdasarkan tulangan tampang dapat ditentukan.

$$\text{Dicoba } e = 0,3.5500 = 1650 \text{ mm}$$

Dengan menganggap seluruh tulangan D12 luluh maka tulangan D12 memberikan

$$\text{sumbangan gaya sebesar } = \frac{2.0,25.\pi.12^2.400}{300} = 301,593 \text{ N/mm}$$

$$\text{Desak : } C_e = 0,85.30.0,85.1650.350 = 12517,313 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = 18.0,25.\pi.28^2.400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$C \text{ total} = 16950,728 \text{ kN}$$

$$\text{Tarik : } T_{s1} = 18.0,25.\pi.28^2.400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = (5500-500-1650).301,593 = 1010,327 \text{ kN}$$

$$T \text{ total} = 5443,742 \text{ kN}$$

$$C-T = 16950,728-5443,742 = 11506,986 \text{ kN} < 14939,838 \text{ kN}$$

$$A = \frac{(14939,838 - 11506,986).10^3}{0,85.30.300} = 448,739 \text{ mm}$$

Daesak harus ditambah sebesar 448,739 mm

$$e = 1650 + \frac{448,739}{0,85} = 2177,928 \text{ mm}$$

$$\text{Desak : } C_e = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 2177,928 \cdot 350 = 16522,306 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = 18,0 \cdot 25 \cdot \pi \cdot 28^2 \cdot 400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$C_{\text{total}} = 20955,721 \text{ kN}$$

$$\text{Tarik : } T_{s1} = 18,0 \cdot 25 \cdot \pi \cdot 28^2 \cdot 400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = (5500 - 500 - 2177,928) \cdot 301,593 = 851,117 \text{ kN}$$

$$T_{\text{total}} = 5284,532 \text{ kN}$$

$$C - T = 20955,721 - 5284,532 = 15671,189 \text{ kN} > 14939,838 \text{ kN}$$

$$\Delta = \frac{(15671,189 - 14939,838) \cdot 10^3}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} = 95,601 \text{ mm}$$

Daesak harus dikurangi sebesar 95,601 mm

$$e = 2177,928 - \frac{95,601}{0,85} = 2065,456 \text{ mm}$$

$$\text{Desak : } C_e = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 2065,456 \cdot 350 = 15669,067 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = 18,0 \cdot 25 \cdot \pi \cdot 28^2 \cdot 400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$C_{\text{total}} = 20102,482 \text{ kN}$$

$$\text{Tarik : } T_{s1} = 18,0 \cdot 25 \cdot \pi \cdot 28^2 \cdot 400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = (5500 - 500 - 2065,456) \cdot 301,593 = 885,038 \text{ kN}$$

$$T_{\text{total}} = 5318,453 \text{ kN}$$

$$C - T = 20102,482 - 5318,453 = 14784,029 \text{ kN} < 14939,838 \text{ kN}$$

$$\Delta = \frac{(14939,838 - 14784,029) \cdot 10^3}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} = 20,365 \text{ mm}$$

daerah desak harus ditambah sebesar 20,365 mm

$$e = 1650 + \frac{20,365}{0,85} = 2089,416 \text{ mm}$$

$$C_{desak} = C_c = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 2089,416 \cdot 350 = 15850,831 \text{ kN}$$

$$C_{s1} = 18 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 28^2 \cdot 400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$C_{total} = 20284,246 \text{ kN}$$

$$T_{s1} = T_{s1} = 18 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 28^2 \cdot 400 = 4433,415 \text{ kN}$$

$$T_{s2} = (5500 - 500 - 2089,416) \cdot 301,593 = 877,812 \text{ kN}$$

$$T_{total} = 5311,226 \text{ kN}$$

$$C - T = 20284,246 - 5311,226 = 14973,02 \text{ kN} \approx 14939,838 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{in} = 15830,831 \cdot (2,75 - 0,5 \cdot 0,85 \cdot 2,089) = 29517,021 \text{ kNm}$$

$$4433,415 \cdot (2,75 - 0,5 \cdot 0,5) = 11083,537 \text{ kNm}$$

$$4433,415 \cdot (5,5 - 2,75 - 0,5 \cdot 0,5) = 11083,537 \text{ kNm}$$

$$51684,095 \text{ kNm} > 23236,923 \text{ kNm}$$

b. Desak daerah III

Karena bentuk dinding geser dan tulangan yang digunakan pada dinding geser simetris maka perhitungan untuk desak pada daerah III sama dengan desak daerah I.

6.3.3 Perencanaan Geser

$$V_u = V_{wall} + \omega_v \cdot \phi_v \cdot V_f$$

$$\omega_v = 1,3 + \frac{10}{30} = 1,63$$

$$\omega = \frac{M_{kap,w}}{M_{sw}} = \frac{1,25 \cdot 51681,294}{15104} = 4,277$$

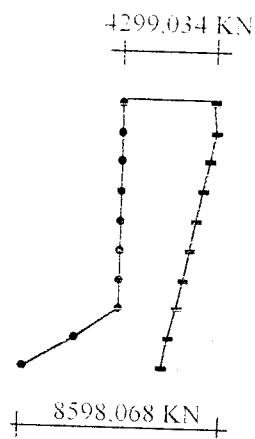
$$V_u = V_{wall} = 1,63 \cdot 4,277 \cdot 1233,315 = 8598,068 \text{ kN}$$

$$V_i = \frac{V_{wall}}{b_w \cdot d} = \frac{8598,068 \cdot 10^3}{300 \cdot 0,8 \cdot 5500} = 6,51 \text{ MPa}$$

Tetapi tidak lebih besar dari

$$V_i \text{ maks} = \left(\frac{0,22 \cdot 4,277}{4} + 0,03 \right) \cdot 30 = 7,957 \text{ MPa} > 0,16 \cdot f_c' = 4,8 \text{ MPa}$$

Maka digunakan $V_i = 4,8 \text{ MPa}$



Gambar 6.17 Gaya geser dinding geser yang digunakan dalam perencanaan

Kontribusi beton didalam dinding geser sebesar

$$V_c = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{P_i}{A_g}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{14939,84 \cdot 10^3}{170 \cdot 10^4}} = 1,779 \text{ MPa}$$

Digunakan sengkang 2D12, $A_v = 226,19 \text{ mm}^2$

$$V_s = V_i - V_c = 4,8 - 1,779 = 3,022 \text{ MPa}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s \cdot b_w}{f_y}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y}{V_s \cdot b_w} = \frac{226,19 \cdot 400}{3,022 \cdot 300} = 99,797 \text{ mm}^2$$

digunakan sengkang D12-95 untuk tulangan geser horisontal.

Kontrol terhadap daktilitas yang tersedia

$$\alpha_c = \frac{1,25 \cdot 51681,294}{15104} \cdot 1,1 \cdot \frac{5500}{8} = 2940,52 \text{ mm} > 2089 \text{ mm}$$

Jadi daerah desak beton tidak perlu dikekang, karena daktilitas yang tersedia terpenuhi untuk regangan 0,004. Bila digunakan regangan 0,003 maka daerah yang harus dikekang selebar α_c .

$$\alpha_c = \left(1 - \frac{0,7 \cdot 2940,52}{2089} \right) \cdot 0,015 = 0,5$$

Sehingga daerah yang harus dikekang selebar $0,5 \cdot 2089 = 1044,5 \text{ mm}$

$$s_h \leq 6 \cdot d_b = 6 \cdot 28 = 168 \text{ mm}$$

$$s_h \leq 150 \text{ mm}$$

$$s_h \leq 0,5 \cdot b_1 = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ mm}$$

dipakai sengkang D12-150 mm

Kontrol efek tekuk pada tulangan daerah II

$$f_c = \frac{\sum A_b}{b \cdot s_v} = \frac{2}{300 \cdot 300}$$

$$\frac{2 \cdot 113,09}{300 \cdot 300} = 0,00025 < \frac{2}{f'_c} = 0,005$$

sehingga tulangan pada daerah II tidak perlu dikekang.

Dengan cara yang sama penulangan dinding geser untuk struktur-struktur yang lain dapat dihitung dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6.44 Penulangan pada dinding geser, struktur 16 portal 2 dinding geser

Tingkat	Tulangan lentur	Tulangan geser vertikal	Tulangan boundary element	Rasio P_n	Rasio M_n
1	16D12	D12-150	18D28	1,002	2,224
2	16D12	D12-150	16D28	1,002	2,061
3	16D12	D12-150	14D28	1,001	2,047
4	16D12	D12-150	14D28	1,003	2,158
5	16D12	D12-150	10D28	1,000	1,990
6	16D12	D12-150	10D28	1,001	2,076
7	16D12	D12-150	6D28	1,002	1,802
8	16D12	D12-150	6D28	1,001	1,825
9	16D12	D12-150	6D28	1,001	1,821
10	16D12	D12-150	6D28	1,002	1,851

Tabel 6.45 Penulangan pada dinding geser, struktur 15 portal 3 dinding geser

Tingkat	Tulangan lentur	Tulangan geser vertikal	Tulangan boundary element	Rasio P_n	Rasio M_n
1	16D12	D12-150	18D28	1,002	2,398
2	16D12	D12-150	16D28	1,002	2,222
3	16D12	D12-150	14D28	1,001	2,208
4	16D12	D12-150	14D28	1,003	2,327
5	16D12	D12-150	12D28	1,000	2,297
6	16D12	D12-150	10D28	1,001	2,238
7	16D12	D12-150	10D28	1,002	2,330
8	16D12	D12-150	6D28	1,001	1,967
9	16D12	D12-150	6D28	1,001	1,963
10	16D12	D12-150	6D28	1,002	1,909

Tabel 6.46 Penulangan pada dinding geser, struktur 16 portal 4 dinding geser

Tingkat	Tulangan lentur	Tulangan geser vertikal	Tulangan boundary element	Rasio P_n	Rasio M_n
1	16D12	D12-150	18D28	1,002	2,374
2	16D12	D12-150	16D28	1,002	2,201
3	16D12	D12-150	14D28	1,001	2,186
4	16D12	D12-150	14D28	1,000	2,302
5	16D12	D12-150	10D28	1,000	2,125
6	16D12	D12-150	10D28	1,001	2,216
7	16D12	D12-150	6D28	1,002	1,924
8	16D12	D12-150	6D28	1,001	1,948
9	16D12	D12-150	6D28	1,001	1,944
10	16D12	D12-150	6D28	1,002	1,891

BAB VII

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan dua tipe struktur yaitu frame dan shear wall secara bersama-sama dalam menahan gaya lateral akibat gempa yang terjadi umum disebut dual system atau hybrid structure. Pada saat terjadi beban lateral maka frame dan wall akan bekerja bersama-sama, dimana frame berdeformasi akibat gaya geser sedangkan wall akan berperilaku sebagai kantilever vertikal dengan deformasi lentur. Semakin banyak dinding geser yang digunakan maka struktur akan mempunyai perilaku yang berbeda. Setelah dilakukan perhitungan dengan program SAP90 maka dapat dibandingkan perilaku dari struktur dengan jumlah 2,3,4 dan 5 dinding geser, dengan mengamati beberapa parameter yang digunakan sebagai pembanding berikut ini.

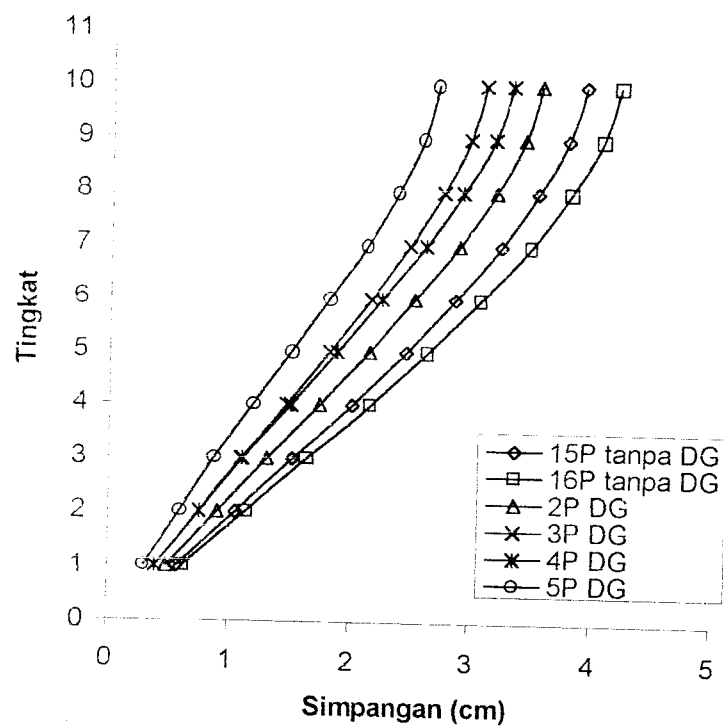
7.1 Simpangan Horisontal Struktur

Berdasarkan bentuk struktur yang digunakan dalam tugas akhir ini maka gempa arah Y menunjukkan perilaku yang lebih signifikan untuk diamati sehingga pembahasan difokuskan pada perilaku struktur akibat gempa arah Y saja. Pada struktur tanpa dinding geser seperti ditunjukkan pada gambar 5.11 dan 5.12 menunjukkan terjadinya simpangan horisontal yang relatif sama pada tiap portalnya, sedangkan untuk struktur yang menggunakan dinding geser, seperti terlihat pada gambar 5.13-5.16, pada portal yang terdapat dinding geser

mempunyai simpangan horisontal yang lebih kecil daripada portal yang tidak terdapat dinding gesernya.

Tabel 7.1 Simpangan Horisontal Struktur Arah Y

Tingkat	Simpangan (cm)					
	15P tanpa DG	16P tanpa DG	16P 2DG	15P 3DG	16P 4DG	15P 5DG
1	0,5624	0,6023	0,4762	0,3932	0,3941	0,302
2	1,0529	1,1272	0,8958	0,7444	0,7498	0,58
3	1,5244	1,6328	1,3051	1,0913	1,1076	0,8646
4	2,0139	2,1589	1,7397	1,465	1,5013	1,1841
5	2,4649	2,6445	2,1521	1,8247	1,888	1,5042
6	2,867	3,0788	2,5311	2,1595	2,2543	1,8127
7	3,2409	3,484	2,8938	2,4838	2,6155	2,1231
8	3,5441	3,8098	3,1922	2,7553	2,9221	2,3886
9	3,7848	4,0649	3,4277	2,9741	3,1739	2,5854
10	3,9204	4,2079	3,5574	3,0961	3,3146	2,7027



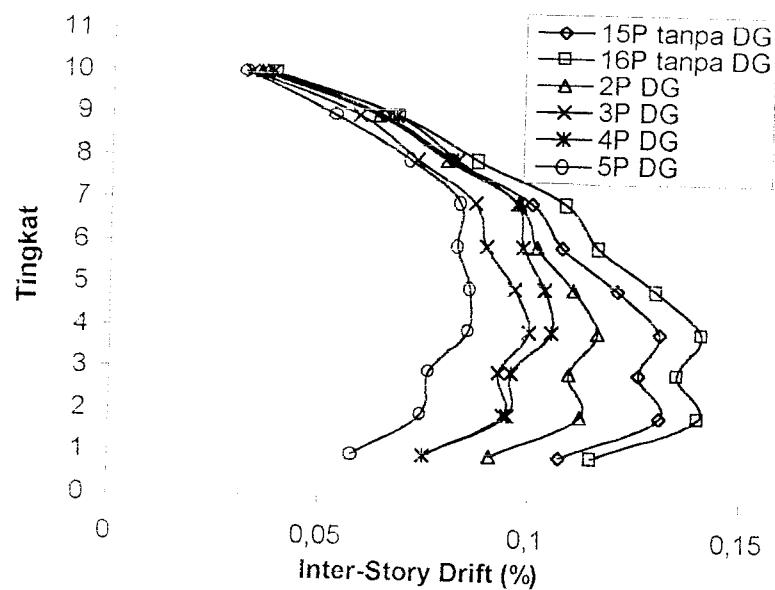
Gambar 7.1 Simpangan horisontal arah Y

Dari gambar diatas dapat dilihat simpangan yang terjadi pada tiap struktur .
Semakin banyak dinding geser yang digunakan, terjadi penurunan simpangan

horizontal pada struktur tersebut. Pada struktur dengan 16 portal 2 dinding geser, simpangan berbentuk cembung karena jumlah frame masih mendominasi. Pada struktur dengan 3,4 dan 5 dinding geser, simpangan jauh berkurang dan bentuk simpangan tidak cembung lagi karena mulai dipengaruhi oleh adanya dominasi dari dinding geser.

Tabel 7.2 Inter-story drift

Tingkat	Inter-Story Drift (%)					
	15P tanpa DG	16P tanpa DG	16P 2DG	15P 3DG	16P 4DG	15P 5DG
1	0,1071	0,1147	0,0907	0,0749	0,0751	0,0575
2	0,1308	0,1400	0,1119	0,0937	0,0949	0,0741
3	0,1257	0,1348	0,1091	0,0925	0,0954	0,0759
4	0,1305	0,1403	0,1159	0,0997	0,1050	0,0852
5	0,1203	0,1295	0,1100	0,0959	0,1031	0,0854
6	0,1072	0,1158	0,1011	0,0893	0,0977	0,0823
7	0,0997	0,1081	0,0967	0,0865	0,0963	0,0828
8	0,0809	0,0869	0,0796	0,0724	0,0818	0,0708
9	0,0642	0,0680	0,0628	0,0583	0,0671	0,0525
10	0,0362	0,0381	0,0346	0,0325	0,0375	0,0313



Gambar 7.2 Inter-story drift tiap struktur

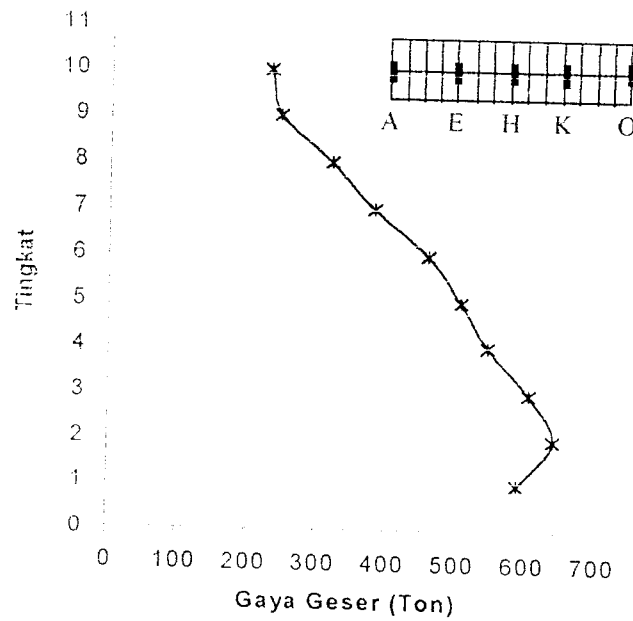
Inter-story drift atau simpangan antar tingkat tiap lantai tidak boleh melampaui 0,5 % dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan tersebut tidak boleh lebih dari 2 cm. Penggunaan dinding geser akan mengurangi simpangan antar tingkat seperti terlihat pada gambar 7.2. Namun, penurunan *inter-story drift* ini terlihat secara jelas pada tingkat-tingkat bawah, sedang pada tingkat-tingkat atas, pengaruh penggunaan dinding geser tidak begitu terlihat.

7.2 Gaya Geser Struktur

Salah satu fungsi utama dari dinding geser adalah menahan gaya geser yang terjadi akibat beban lateral gempa. Pada gambar 5.17 dan 5.18 gaya geser pada tingkat 1 struktur tanpa dinding geser terlihat merata pada setiap portal. Sedangkan pada gambar 5.19 – 5.22, struktur yang menggunakan dinding geser, pada portal yang terdapat dinding geser terjadi peningkatan gaya geser kira-kira lima kali lebih besar daripada portal tanpa dinding geser. Untuk melihat bagaimana distribusi gaya geser yang terjadi pada tiap tingkat bangunan, sebagai contoh akan dilihat distribusi gaya geser yang terjadi di setiap tingkat pada struktur 15 portal dengan 5 dinding geser berikut ini,

Tabel 7.3 Gaya geser tiap tingkat struktur 15 portal 5 dinding geser

Tingkat	Gaya Geser (Ton)
1	590,084999
2	641,291893
3	606,340434
4	545,450085
5	507,549313
6	460,123605
7	381,371786
8	319,297397
9	245,010174
10	229,033672



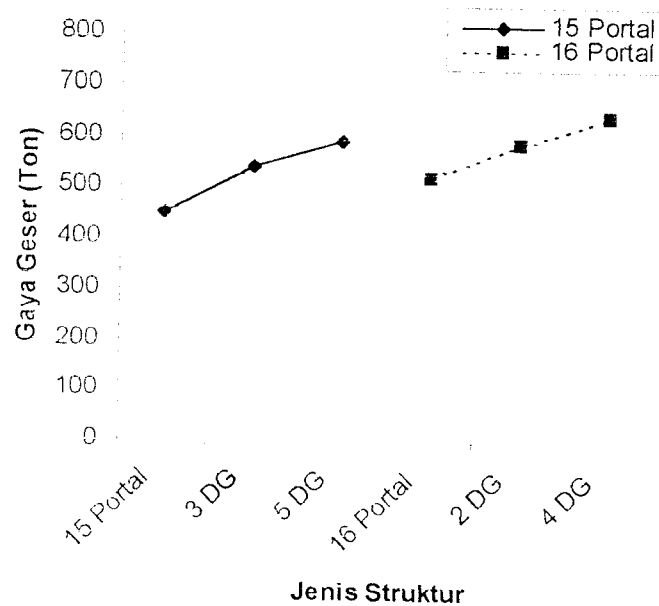
Gambar 7.3 Grafik gaya geser tiap tingkat struktur 15 portal 5 dinding geser

Dari gambar 7.3 terlihat bahwa pada tingkat 1 gaya geser yang terjadi lebih kecil daripada gaya geser pada tingkat 2. Hal ini dikarenakan struktur menggunakan asumsi jepit. Gaya geser terbesar terjadi di tingkat 2 dan kemudian berangsur-angsur berkurang sampai ke tingkat atas.

Pada tabel 7.4 akan dilihat gaya geser total yang terjadi pada tingkat 1 masing-masing struktur yang merupakan penjumlahan dari gaya geser pada seluruh kolom dan dinding geser pada tingkat 1 struktur tersebut.

Tabel 7.4 Gaya geser total tingkat 1

Struktur	Gaya Geser (Ton)
15 Portal	450,8399
16 Portal	518,624
2 DG	585,888
3 DG	538,7249
4 DG	639,8399
5 DG	590,0849

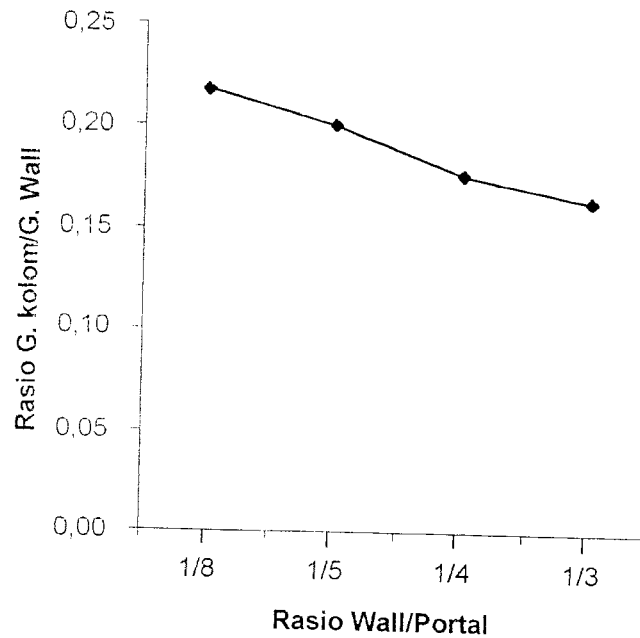


Gambar 7.4 Grafik gaya geser total tingkat 1

Dari gambar 7.4 terlihat bahwa bila pada suatu struktur diberi dinding geser maka gaya geser yang terjadi akan meningkat, dan semakin banyak dinding geser maka gaya geser yang terjadi juga akan semakin besar. Tetapi gaya geser terbesar tidak terjadi pada struktur dengan lima dinding geser, melainkan pada struktur dengan empat dinding geser.

Tabel 7.5 Rasio jumlah wall/portal dengan gaya geser kolom/wall

Struktur	Rasio Jumlah Wall / Portal	G. Geser kolom Terbesar (Ton)	G. Geser 1 Wall Terbesar (Ton)	Rasio G Geser kolom / Wall
15 Portal	0/15	30,728	0	-
16 Portal	0/16	33,134	0	-
2 Shear Wall	1/8	28,024	128,867	0,217
3 Shear Wall	1/5	23,911	119,504	0,200
4 Shear Wall	1/4	21,227	120,499	0,176
5 Shear Wall	1/3	16,259	99,689	0,163



Gambar 7.5 Grafik Rasio jumlah wall/portal dengan gaya geser kolom/wall

Dari tabel dan gambar 7.5 terlihat bahwa semakin banyak dinding geser yang dipakai maka gaya geser yang terjadi pada kolom akan semakin kecil sehingga rasio antara gaya geser pada wall dan pada kolom juga semakin kecil. Sementara pada dinding geser juga terjadi penurunan besarnya gaya geser, kecuali pada struktur dengan empat dinding geser yang mengalami sedikit kenaikan daripada struktur dengan tiga dinding geser.

7.3 Desain Balok dan Kolom

Momen rencana yang digunakan dalam perhitungan tulangan longitudinal dan tulangan geser balok adalah momen di muka kolom yang didapatkan dari hasil interpolasi momen as kolom. Pada gambar 5.23 – 5.26 terlihat perbandingan momen tumpuan negatif balok kiri dan kanan struktur tanpa dinding geser. Portal-portal ujung (A dan P atau A dan O) momen-momennya relatif sama, begitu juga

momen pada portal-portal dalam. Sedangkan pada gambar 5.27 – 5.34 pada portal yang terdapat dinding geser terjadi penurunan besarnya momen dibandingkan portal yang tidak terdapat dinding geser. Penurunan besarnya momen balok pada portal yang terdapat dinding geser untuk as 1 dan 2 juga dapat dilihat pada gambar 5.37 – 5.46. Pada desain struktur tahan gempa, mekanisme keruntuhan yang digunakan adalah keruntuhan pada balok, sehingga momen rencana kolom harus lebih besar daripada momen kapasitas balok atau disebut juga *strong coloumn weak beam*.

Tabel 7.6 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 2DG

Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	528,251	528,251	832,145	799,940
2	528,251	639,467	1224,619	1145,636
3	528,251	639,467	1224,619	1145,636
4	528,251	639,467	1339,456	1270,838
5	528,251	639,467	1339,456	1270,838
6	428,370	639,467	1339,456	1270,838
7	428,370	528,251	1164,512	768,334
8	428,370	528,251	1164,512	768,334
9	428,370	428,370	845,515	605,184
10	211,139	324,938	845,515	605,184

Tabel 7.7 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 3DG

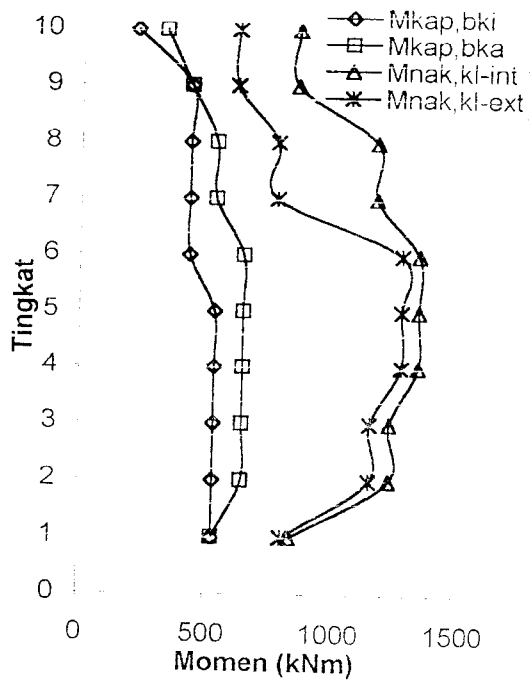
Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	528,251	528,251	849,338	835,958
2	528,251	528,251	1168,191	1054,837
3	528,251	528,251	1168,191	1054,837
4	528,251	528,251	1153,618	782,762
5	428,370	528,251	1153,618	782,762
6	428,370	528,251	1153,618	782,762
7	428,370	528,251	1166,680	673,349
8	428,370	528,251	1166,680	673,349
9	428,370	428,370	773,483	472,709
10	211,139	211,139	773,483	472,709

Tabel 7.8 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 4DG

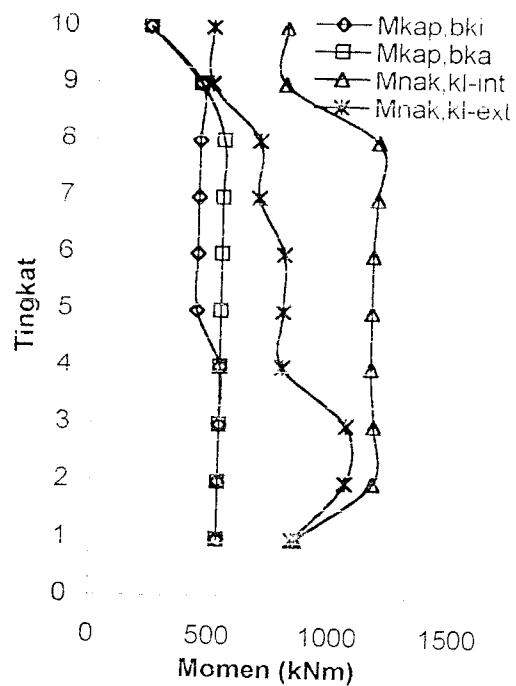
Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	528,251	528,251	830,627	827,275
2	528,251	528,251	1162,360	1057,775
3	528,251	528,251	1162,360	1057,775
4	528,251	528,251	1091,178	754,094
5	428,370	528,251	1091,178	754,094
6	428,370	528,251	1091,178	754,094
7	428,370	528,251	1105,115	682,796
8	428,370	528,251	1105,115	682,796
9	428,370	428,370	748,016	449,547
10	211,139	211,139	748,016	449,547

Tabel 7.9 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str. 5DG

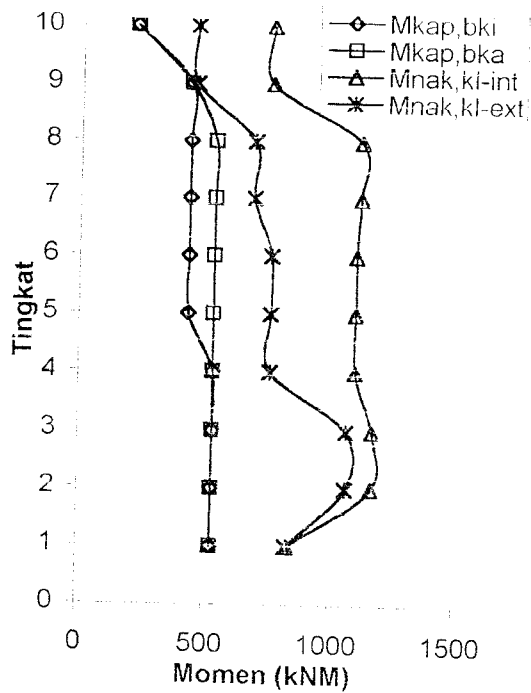
Tingkat	Mkap,bki	Mkap,bka	Mnak,k-int	Mnak,k-ext
1	428,370	428,370	842,518	836,946
2	428,370	528,251	1079,872	1062,446
3	428,370	528,251	1079,872	1062,446
4	428,370	528,251	1061,630	779,860
5	428,370	528,251	1061,630	779,860
6	428,370	528,251	1061,630	779,860
7	428,370	528,251	1163,218	662,326
8	428,370	528,251	1163,218	662,326
9	428,370	528,251	837,397	529,072
10	211,139	211,139	837,397	529,072



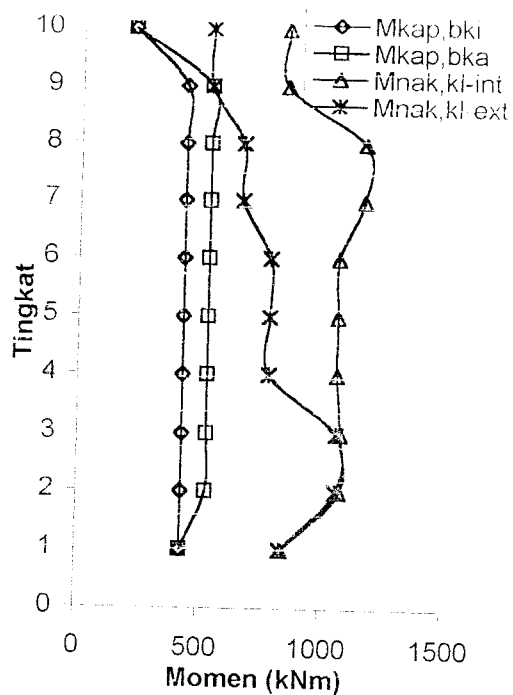
Gambar 7.6 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 2 DG



Gambar 7.7 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 3 DG



Gambar 7.8 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 4 DG



Gambar 7.9 Perbandingan Mkap,b dengan Mnak,k str 5 DG

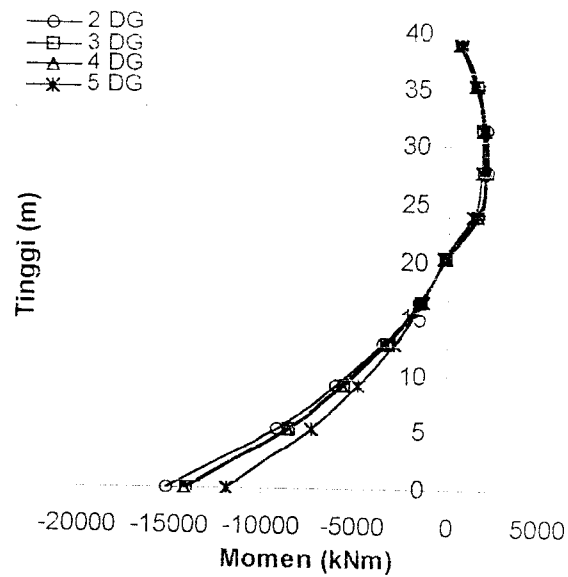
Dari gambar perbandingan antara momen kapasitas balok dengan momen nominal aktual pada kolom diatas, terlihat bahwa momen nominal kolom lebih besar. Dengan demikian diharapkan bahwa dalam desain struktur tahan gempa ini mekanisme keruntuhan di balok atau sendi-sendi plastik yang diharapkan terjadi di ujung-ujung balok dapat terpenuhi. Selain itu nilai M_{nak} untuk kolom interior lebih besar daripada nilai M_{nak} kolom eksterior, ini dikarenakan kolom interior menerima beban yang lebih besar daripada kolom eksterior.

7.4 Dinding Geser

Data berikut diambil dari hasil output SAP 90, yang memperlihatkan perbedaan momen-momen yang terjadi pada dinding geser untuk tiap struktur dari dasar hingga ke puncak struktur.

Tabel 7.10 Momen dinding geser

Tinggi (m)	Momen (kNm)			
	2 DG	3 DG	4 DG	5 DG
0,000	-15104,000	-13999,000	-14147,000	-11808,000
5,250	-9173,830	-8499,137	-8604,371	-7230,027
9,000	-5981,206	-5538,996	-5623,866	-4771,355
12,750	-3531,335	-3267,671	-3335,895	-2872,886
16,500	-1546,412	-1427,383	-1477,565	-1307,067
20,250	-144,340	-127,301	-158,840	-164,103
24,000	1605,515	1494,497	1494,773	1289,207
27,750	2033,008	1890,563	1908,206	1710,613
31,500	1921,491	1786,235	1812,962	1720,417
35,250	1485,889	1379,856	1405,674	1311,135
39,000	544,272	503,480	512,297	453,200



Gambar 7.10 Grafik momen dinding geser

Dari gambar diatas, terlihat perbedaan dari perilaku masing-masing struktur. Semakin banyak dinding geser pada suatu struktur maka momen negatif dan momen positif yang terjadi akan semakin kecil. Struktur dengan lima dinding geser mempunyai momen negatif dan momen positif yang terkecil dibandingkan dengan struktur-struktur yang lain.

7.5 Perbandingan Volume Penulangan

Salah satu parameter yang dapat menunjukkan sampai sejauh mana efektifitas penggunaan dinding geser pada suatu struktur adalah segi ekonomisnya. Tabel berikut akan memperlihatkan perbandingan volume penulangan yang dibutuhkan oleh tiap struktur.

Tabel 7.11 Tabel penulangan longitudinal tiap struktur

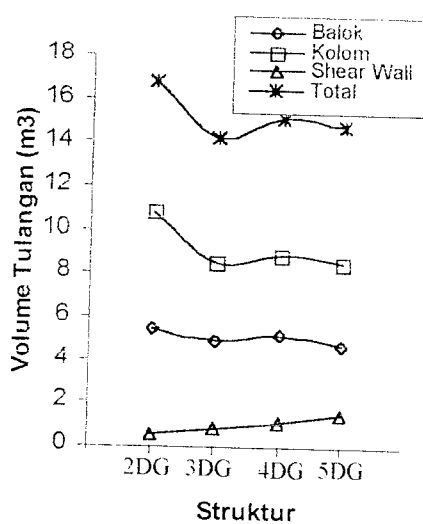
Struktur	Frame (m ³)		Shear Wall	Total
	Balok	Kolom		
2 DG	5,4296	10,8374	0,5316	16,7987
3 DG	4,8681	8,5266	0,8390	14,2337
4 DG	5,2112	8,8670	1,0632	15,1414
5 DG	4,6982	8,5180	1,5229	14,7391

Tabel 7.12 Tabel penulangan geser tiap struktur

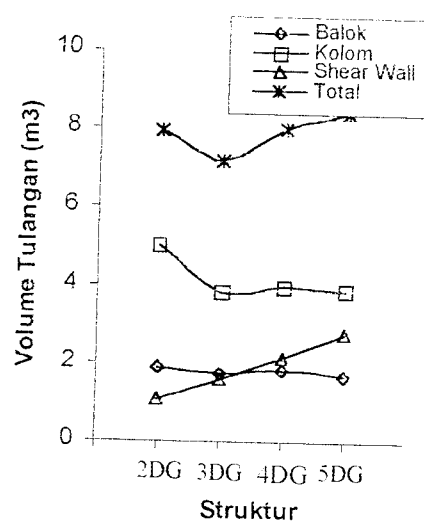
Struktur	Frame (m ³)		Shear Wall	Total
	Balok	Kolom		
2 DG	1,8872	5,0054	1,0684	7,9610
3 DG	1,7325	3,8582	1,6102	7,2008
4 DG	1,8480	3,9989	2,1368	7,9837
5 DG	1,7153	3,8845	2,7859	8,3858

Tabel 7.13 Tabel penulangan total tiap struktur

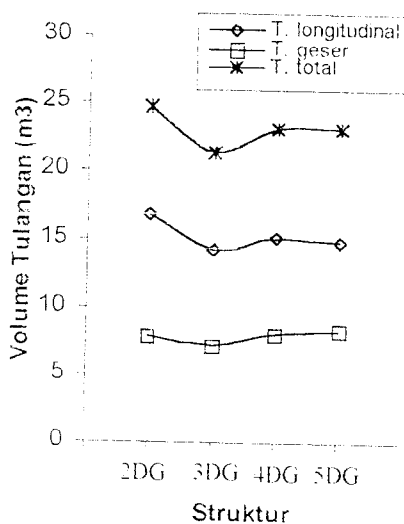
Struktur	Tulangan Longitudinal	Tulangan Geser	Total
2 DG	16,7987	7,9610	24,7596
3 DG	14,2337	7,2008	21,4345
4 DG	15,1414	7,9837	23,1251
5 DG	14,7391	8,3858	23,1249



Gambar 7.11 Tulangan longitudinal



Gambar 7.12 Tulangan geser



Gambar 7.13 Tulangan total

Pada struktur 16 portal terlihat bahwa penambahan jumlah dinding geser dari dua menjadi empat memberikan volume penulangan yang lebih sedikit. Namun pada struktur 15 portal, penambahan jumlah dinding geser dari tiga menjadi lima ternyata membutuhkan volume penulangan yang lebih banyak. Dari keempat struktur yang diteliti, terlihat bahwa struktur dengan tiga dinding geser menghasilkan volume penulangan yang paling kecil. Ini berarti dari segi ekonomisnya struktur dengan tiga dinding geser atau 20% dari jumlah portal adalah yang paling menguntungkan.

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dari struktur tanpa dinding geser dan struktur dengan variasi jumlah dinding geser maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut,

1. Pemakaian dinding geser akan mengurangi simpangan horisontal yang terjadi akibat beban lateral gempa tetapi baru akan berpengaruh cukup besar bila digunakan dinding geser dengan rasio jumlah wall / frame lebih dari $1/8$,
2. Pada struktur dengan rasio jumlah wall / frame $1/4$ dan $1/3$ perilaku struktur dalam menahan simpangan horisontal dan gaya geser sangat dipengaruhi oleh keberadaan dinding geser,
3. Pemakaian dinding geser akan mempengaruhi gaya geser yang terjadi pada struktur tersebut dengan sebagian besar gaya geser ditahan oleh dinding geser,
4. Penulangan balok dengan menggunakan metode redistribusi momen akan menghasilkan penulangan yang lebih merata sepanjang balok karena momen didistribusikan secara merata dan tidak terjadi perbedaan yang

terlalu jauh antara momen-momen negatif di tumpuan dengan momen positif lapangan.

5. Momen yang terjadi pada portal yang terdapat dinding geser lebih kecil daripada momen pada portal yang tanpa dinding geser,
6. Momen perlu yang digunakan untuk desain balok semakin berkurang dengan semakin bertambahnya jumlah dinding geser yang digunakan, sehingga tulangan yang diperlukan juga semakin berkurang,
7. Setelah membandingkan parameter-parameter yang digunakan pada penelitian ini, termasuk dari segi ekonomisnya dapat disimpulkan bahwa pemakaian dinding geser dengan rasio wall / frame 1/5, atau 20% adalah yang paling efektif.

8.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hasil-hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini dan juga keterbatasan-keterbatasan yang ada maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut,

1. Pada penelitian ini digunakan rasio 1/3, 1/4, 1/5 dan 1/8, untuk itu perlu diteliti lebih lanjut dengan menggunakan rasio 1/2, 1/6 dan lainnya sehingga didapatkan rasio yang paling efektif,
2. Letak dinding geser pada masing-masing struktur yang digunakan dalam tugas akhir ini hanya diambil berdasarkan posisi simetris dan belum diteliti bagaimana pengaruhnya apabila digunakan posisi yang berbeda-beda,

3. Pada penelitian ini, desain diambil bukan dari portal dengan momen maksimum, sehingga perlu penelitian lanjutan dengan desain pada portal dengan momen yang maksimum,
4. Perlu diteliti lebih lanjut efektifitas jumlah dinding geser dengan memperhitungkan tinggi efektif dinding geser (tidak menerus sampai ke tingkat paling atas),
5. Penelitian dilakukan pada struktur-struktur dengan ketinggian yang sama dan perlu diteliti bagaimana pengaruhnya apabila ketinggian bangunan ikut divariasikan,
6. Pada penelitian ini, digunakan dinding geser tunggal, belum diketahui bagaimana pengaruhnya jika digunakan dinding geser ganda (*couple*),
7. Apabila pemodelan rotasi pondasi dilakukan (bukan dalam keadaan jepit murni), belum diketahui bagaimana pengaruhnya terhadap struktur yang diteliti pada penelitian ini,
8. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menggunakan analisa dinamik dan memvariasikan daerah gempa yang ditinjau,
9. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan membandingkan antara penggunaan dinding geser dengan peredam gaya lateral yang lain pada struktur yang sama dengan analisa dinamik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agus T. Haryono dan Husnaidi, 1995, **STUDI KOMPARATIF PEMAKAIAN STRUKTUR DINDING GESER PADA GEDUNG HOTEL MELIA PUROSANI YOGYAKARTA**, Laporan Tugas akhir, UII, Yogyakarta.
2. A.K Maliki dan R. Sukrisno , 1997, **ANALISIS SRUKTUR DENGAN SAP 90**, Jilid 1-2, Andi Offset, Yogyakarta.
3. Istimawan Dipohusodo, 1996, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia, Jakarta.
4. Kusuma, Gideon dan Vis, W.C, 1993, **GRAFIK DAN TABEL PERHITUNGAN BETON BERTULANG** , Erlangga, Jakarta.
5. Muto, Kiyoshi, 1993, **ANALISIS PERANCANGAN GEDUNG TAHAN GEMPA**, Erlangga, Jakarta.
6. M. Syafruddin dan S.A.Iryawan, 1999, **ANALISIS DAN DESAIN PENULANGAN UNTUK LENTUR DAN GESER PADA STRUKTUR DINDING GESER**, Laporan Tugas Akhir, UII, Yogyakarta.
7. Navy, Edward G, 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, Frasco, Bandung.
8. Takim Andriono dan Gideon H. Kusuma, 1994, **DESAIN STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DI DAERAH RAWAN GEMPA**, Erlangga, Jakarta.
9. Toto Aji Nugroho dan Imam Prinardi, 2000, **DESAIN STRUKTUR FRAME-WALL DAKTAIL 3D**, Laporan Tugas Akhir UII, Yogyakarta.
10. Paulay, T., dan Priestley, M.J.N., 1992, **SEISMIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE AND MASONRY BUILDINGS**, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
11. Wang, Chu Kia, dan Salmon. Charles G, 1993, **DESAIN BETON BERTULANG**, Edisi 4, Erlangga, Jakarta.
12. Widodo, 1998, **Diktat Perkuliahan Teknik Gempa**, UII, Yogyakarta.

13. _____, 1983. **PEDOMAN PERENCANAAN UNTUK STRUKTUR BETON BERTULANG BIASA DAN STRUKTUR TEMBOK BERTULANG UNTUK GEDUNG**, P.U, Bandung.
14. _____, 1983. **PERATURAN PERENCANAAN TAHAN GEMPA INDONESIA UNTUK GEDUNG**, P.U, Bandung
15. _____, 1991. **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, SKSNI-T-15-1991-03, LPMB, Bandung.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kallurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

Program 101
 TA 3/2/14

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

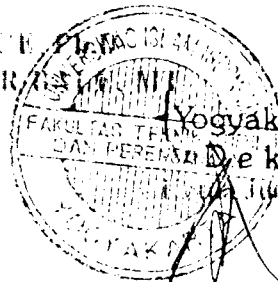
Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
ARMAN EFFENDI S.	94 310 093		TSS.
NIR USGIRANI	95 310 031		TSS

JL TUGAS AKHIR : ANALISIS DAN DESAIN PENGARUH RASIO
 CRAME WALL PADA BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK METODEFA

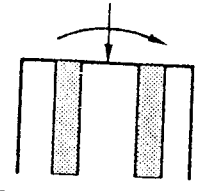
Pen Pembimbing I : IR. WIDODO, MSCE
 Pen Pembimbing II : IR. HELMI AKBAR

1

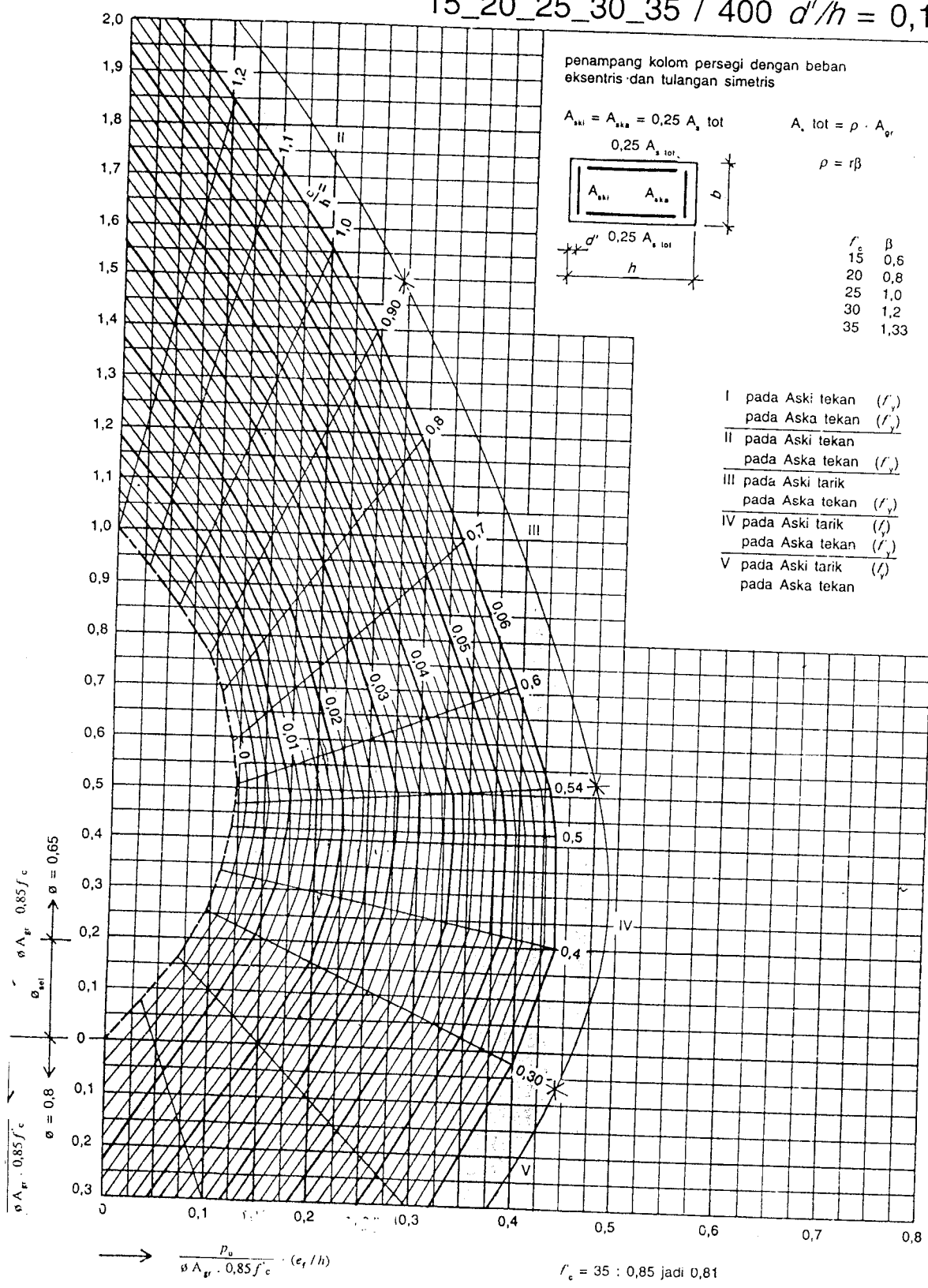
2



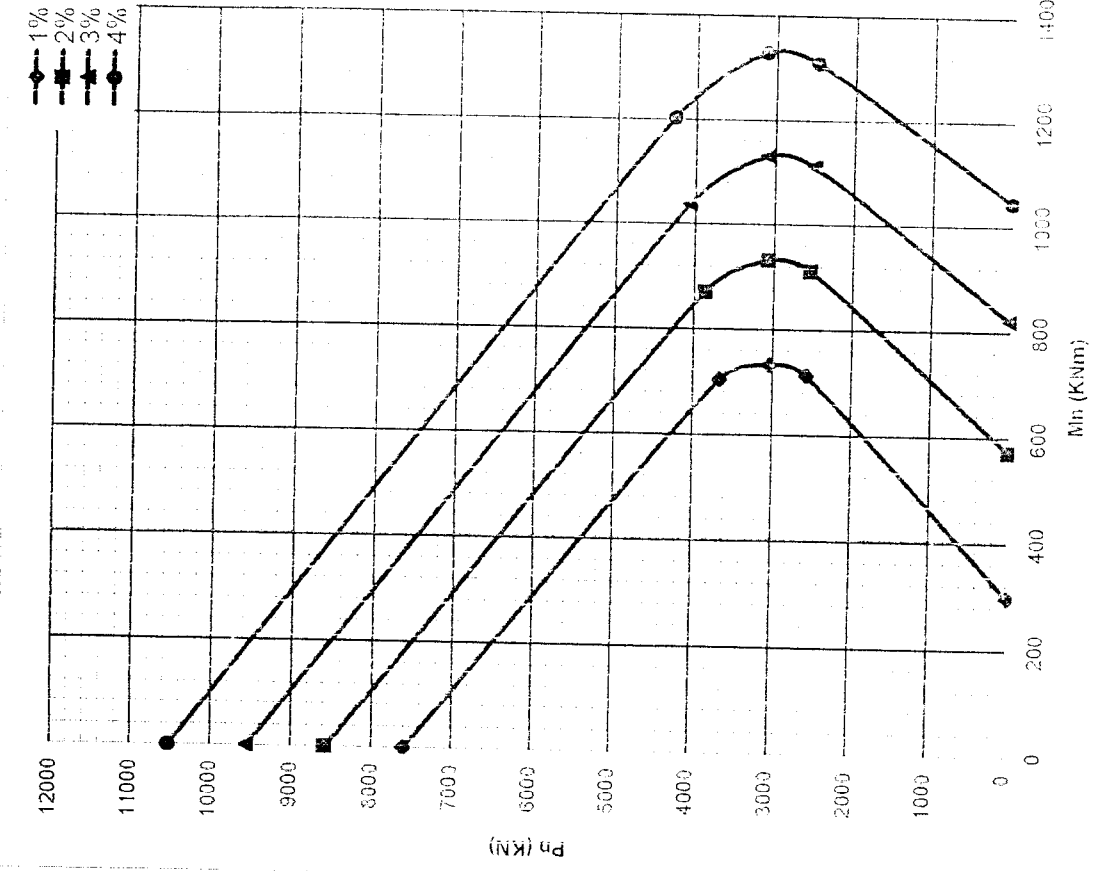
Yogyakarta, 16 Feb 2014
 Dekan,
 Jurusan Teknik Sipil
 IR. H. LAJUDDIN BM ARIS, MS



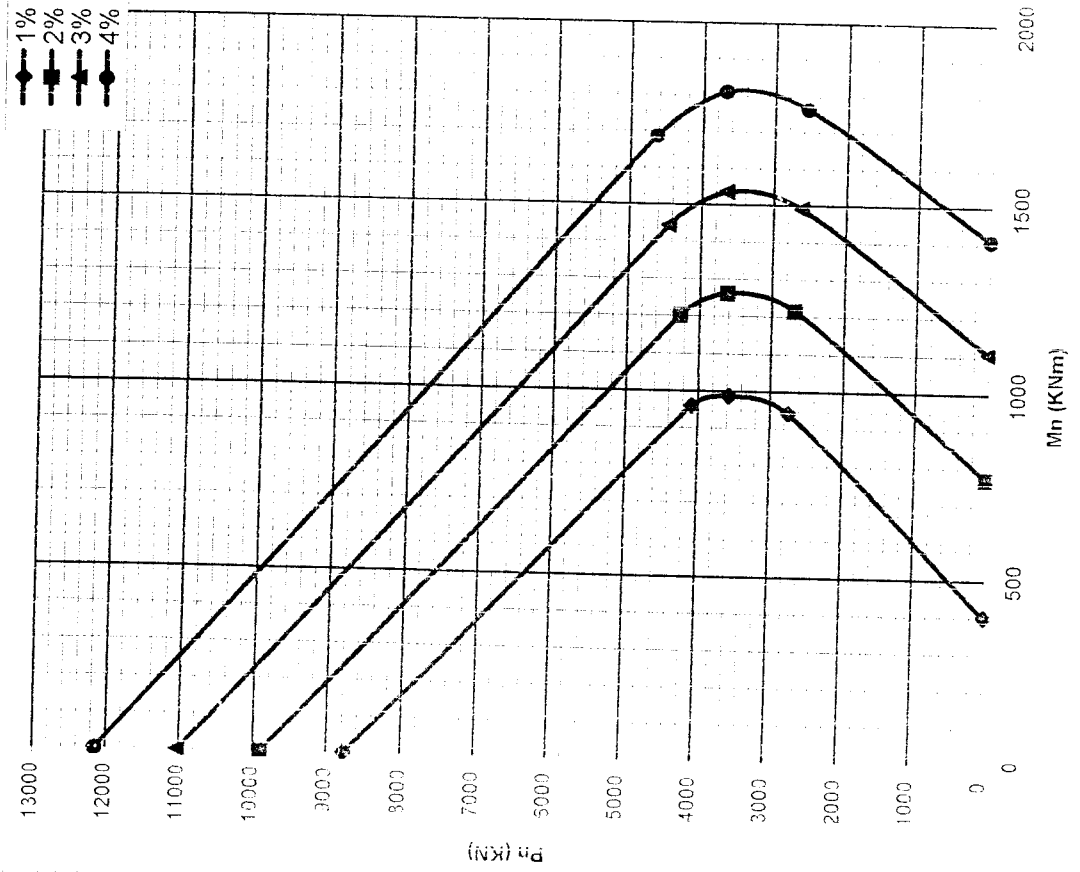
15_20_25_30_35 / 400 $d'/h = 0,10$



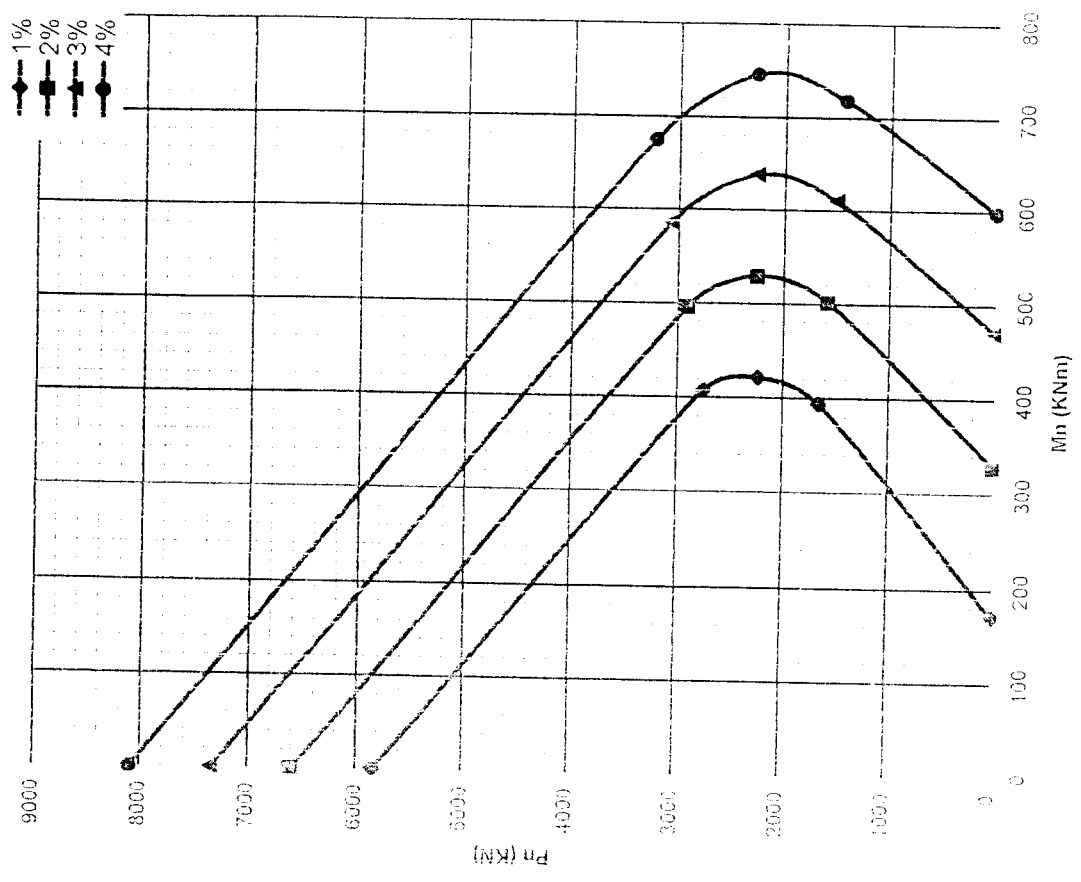
Gambar 6.2.d



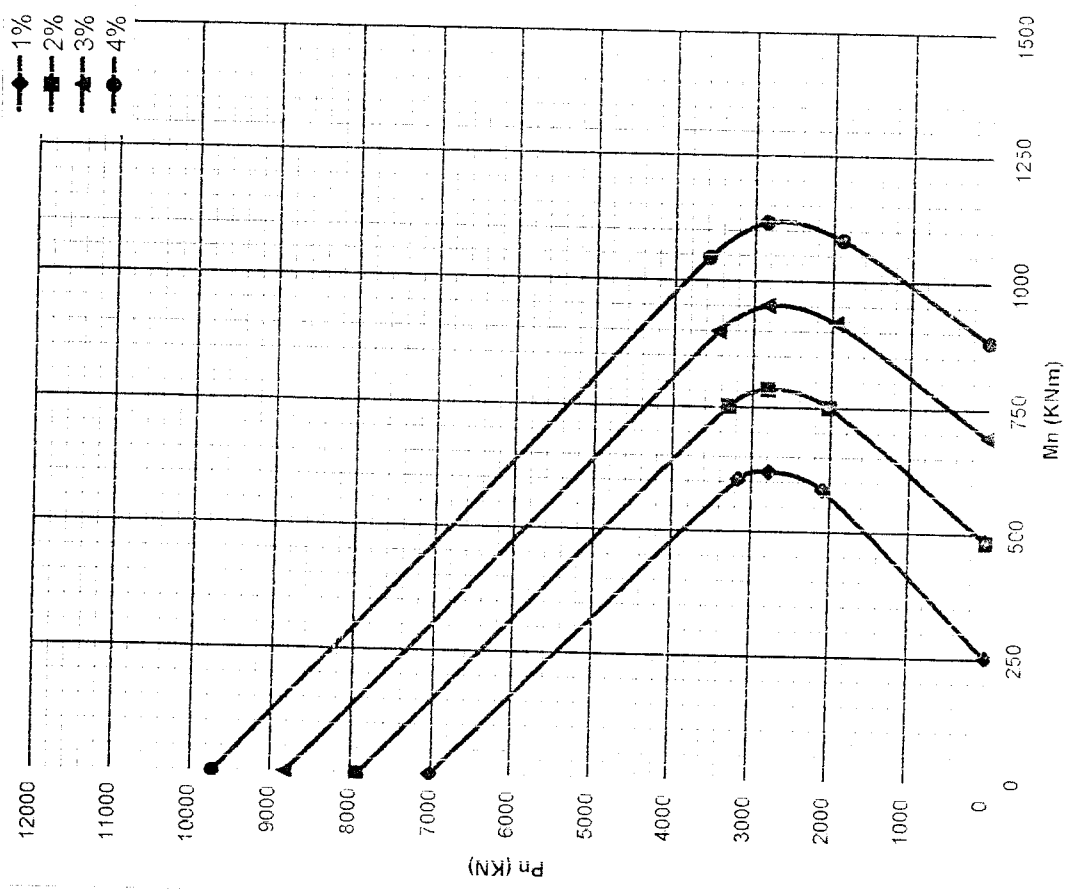
Grafik Interaksi kolom 400.650



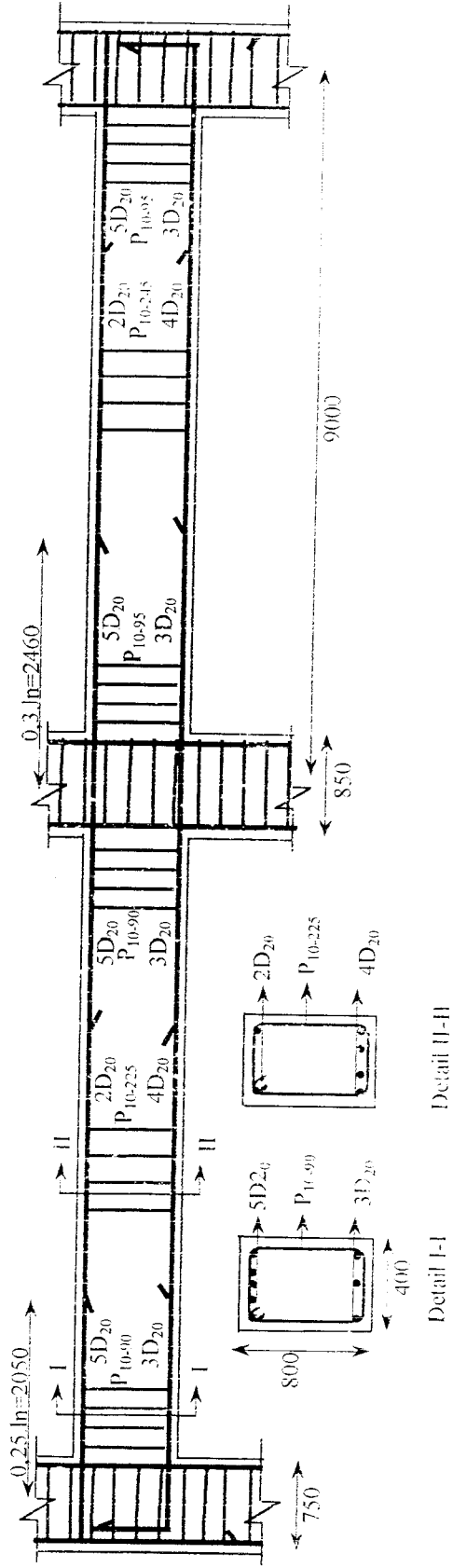
Grafik Interaksi kolom 400.750



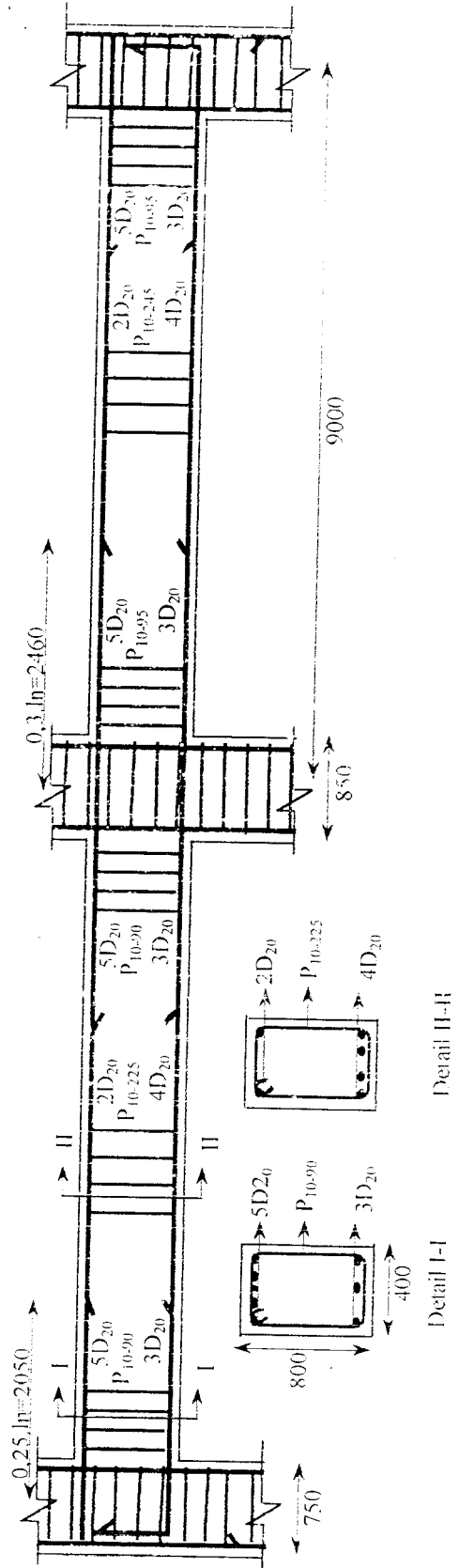
Grafik Interaksi kolom 400/500



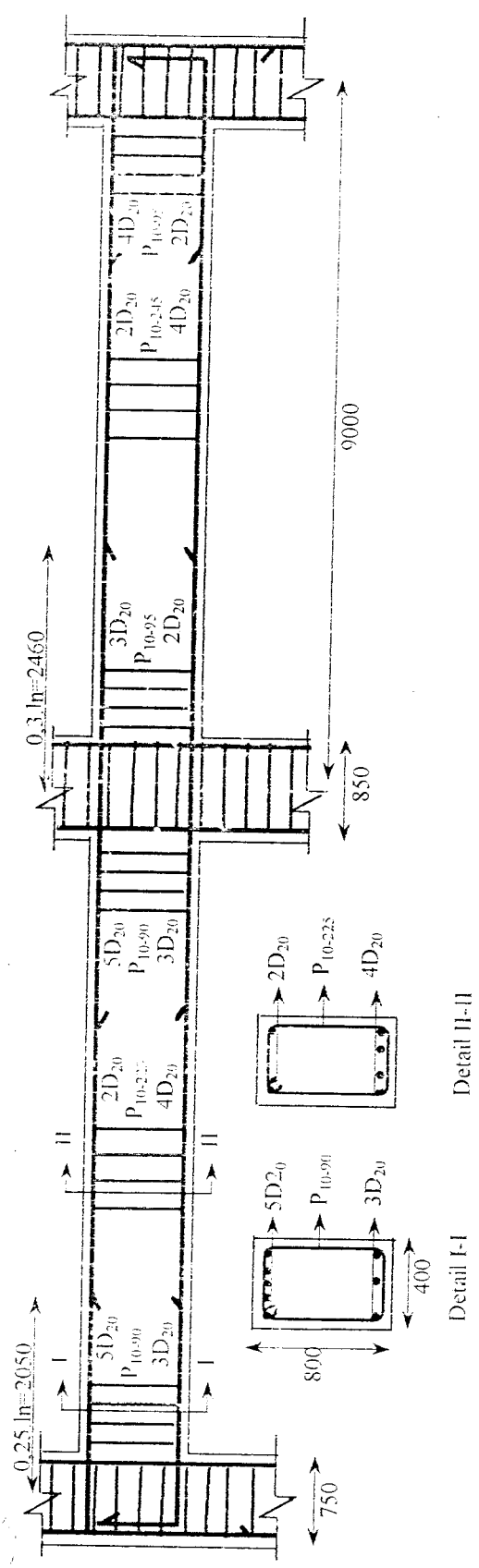
Grafik Interaksi kolom 400/600



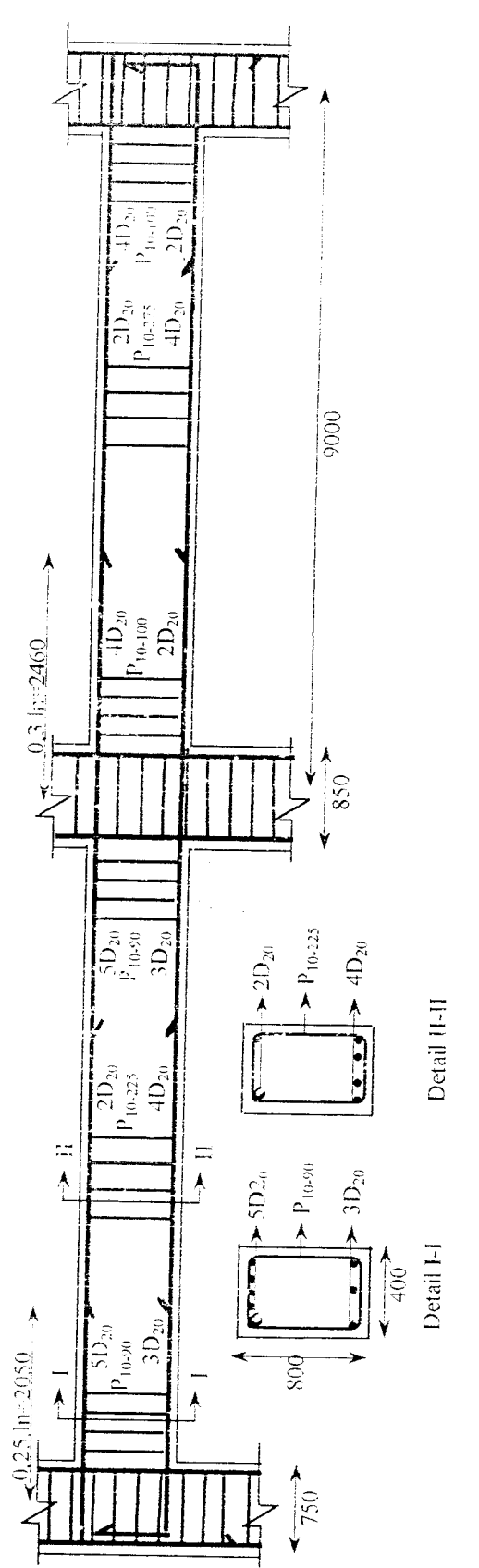
Gambar Penulangan balok lantai 1 portal C Struktur 2 DG



Gambar Penulangan balok lantai 1 portal C Struktur 3 DG



Gambar Penulangan balok lantai 1 portal C Struktur 4 DG



Gambar Penulangan balok lantai 1 portal C Struktur 5 DG

BUNTAI 14. BENTANG LINDANG (KAWAN) HILIR
 C TUMPA BUKIT
 C JEMBATAN : RANAI BERTINGKAI
 C

SYSTEM

L=4 : LL, LL, 24, 18

JOINTS

C LANTAI DASAR
 1 X=0 Y=0 Z=0
 18 X=56
 19 X=0 Y=9
 30 X=56 Y=9 Q=18,19,30,1,18
 31 X=0 Y=18
 45 X=56 Y=18 G=31,45,1

C LANTAI I
 46 X=0 Y=9 Z=6.25
 56 X=56
 61 X=0 Y=18
 75 X=56 Y=18 Q=46,56,61,75,1,18
 76 X=0 Y=18
 90 X=56 Y=18 G=76,90,1

C LANTAI II
 91 X=0 Y=9 Z=9
 105 X=56
 106 X=0 Y=9
 120 X=56 Y=9 Q=91,105,106,120,1,18
 121 X=0 Y=18
 135 X=56 Y=18 G=121,135,1

C LANTAI III
 136 X=0 Y=9 Z=12.75
 150 X=56
 151 X=0 Y=9
 165 X=56 Y=9 Q=136,150,151,165,1,18
 166 X=0 Y=18
 180 X=56 Y=18 G=166,180,1

C LANTAI IV
 181 X=0 Y=9 Z=16.5
 195 X=56
 196 X=0 Y=9
 210 X=56 Y=9 Q=181,195,196,210,1,18
 211 X=0 Y=18
 225 X=56 Y=18 G=211,225,1

C LANTAI V
 226 X=0 Y=9 Z=20.25
 240 X=56
 241 X=0 Y=9
 255 X=56 Y=9 Q=226,240,241,255,1,18
 256 X=0 Y=18
 270 X=56 Y=18 G=256,270,1

C LANTAI VI
 271 X=0 Y=9 Z=24
 285 X=56
 286 X=0 Y=9
 300 X=56 Y=9 Q=271,285,286,300,1,18

301 X=0 Y=1
 315 X=56 G=301,315,1
 C LANTAI VII
 316 X=0 Y=1 Q=316,317,1
 330 X=56
 331 X=0 Y=1
 345 X=56 Q=345,346,347,348,1,15
 346 X=0 Y=1
 360 X=56 G=346,360,1
 C LANTAI VIII
 361 X=0 Y=1 Q=361,1
 375 X=56
 376 X=0 Y=1
 390 X=56 Q=390,391,392,393,1,15
 391 X=0 Y=1
 405 X=56 G=401,401,1
 C LANTAI IX
 406 X=0 Y=0 Q=406,1
 420 X=56
 421 X=0 Y=0
 435 X=56 Q=435,436,437,438,1,15
 436 X=0 Y=1
 450 X=56 G=436,450,1
 C ATAP
 451 X=0 Y=0 Z=39
 465 X=56
 466 X=0 Y=9
 480 X=56 Q=451,465,466,480,1,15
 481 X=0 Y=18
 495 X=56 G=481,495,1

RESTRAINTS

1 45 1 R=1,1,1,1,1,1 : JEPIT

FRAME

NM=10 NL=16 NSEC=3 Z=-1

C KOLOM EKSTERIOR

1 SH=R T=0.75,0.4 E=26.26E8 W=0.75*0.4*2400
 2 SH=R T=0.65,0.4 E=26.26E8 W=0.65*0.4*2400
 3 SH=R T=0.6,0.4 E=26.26E8 W=0.6*0.4*2400
 4 SH=R T=0.5,0.4 E=26.26E8 W=0.5*0.4*2400

C KOLOM INTERIOR

5 SH=R T=0.85,0.4 E=26.26E8 W=0.85*0.4*2400
 6 SH=R T=0.75,0.4 E=26.26E8 W=0.75*0.4*2400
 7 SH=R T=0.65,0.4 E=26.26E8 W=0.65*0.4*2400
 8 SH=R T=0.6,0.4 E=26.26E8 W=0.6*0.4*2400

C BALOK

9 SH=R T=0.8,0.4 E=26.26E8 W=0.8*0.4*2400

C DINDING GESER

10 SH=R T=5.5,0.3 E=26.26E8 W=5.5*0.3*2400

C BEBAN MATI

1 WG=0,0,-482.46 : BEBAN MATI ATAP PORTAL A DAN O (ARAH Y)
 2 WG=0,0,-1491.9 : BEBAN MATI LANTAI PORTAL A DAN O
 3 WG=0,0,-984.92 : BEBAN MATI ATAP PORTAL B-N
 4 WG=0,0,-2421.3 : BEBAN MATI LANTAI PORTAL B-N
 5 WG=0,0,-343.14 : BEBAN MATI ATAP PORTAL 1 DAN 3 (ARAH X)
 6 WG=0,0,-1029.5 : BEBAN MATI LANTAI PORTAL 1 DAN 3

7	WG=0,0,-1040.22				: BEBAN MATA AIR ATAP PORTAL 1
8	WG=0,0,-1114.17				: BEBAN MATA AIR ATAP PORTAL 2
C BEBAN HILUF					
9	WG=0,0,-144.35				: BEBAN PORTAL 1 DAN 2
10	WG=0,0,-500.02				: LANTAI PORTAL A DAN 1
11	WG=0,0,-244.10				: ATAP PORTAL B-N
12	WG=0,0,-701.23				: LANTAI PORTAL B-N
13	WG=0,0,-99.70				: ATAP PORTAL 1 DAN 2
14	WG=0,0,-249.38				: LANTAI PORTAL 1 DAN 2
15	WG=0,0,-199.5				: ATAP PORTAL 2
16	WG=0,0,-498.78				: LANTAI PORTAL 2
C KOLOM TINGKAT I					
1	1	40	M=1	LP=3	G=14,1,1,1
16	16	41	M=10	LP=3	G=2,7,7,7
17	17	62	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
24	24	69	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
31	31	76	M=1	LP=3	G=14,1,1,1
C KOLOM TINGKAT II					
46	46	91	M=1	LP=3	G=14,1,1,1
61	61	100	M=10	LP=3	G=2,7,7,7
62	62	107	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
69	69	114	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
76	76	121	M=1	LP=3	G=14,1,1,1
C KOLOM TINGKAT III					
91	91	136	M=1	LP=3	G=14,1,1,1
106	106	151	M=10	LP=3	G=2,7,7,7
107	107	152	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
114	114	159	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
121	121	166	M=1	LP=3	G=14,1,1,1
C KOLOM TINGKAT IV					
136	136	181	M=2	LP=3	G=14,1,1,1
151	151	196	M=10	LP=3	G=2,7,7,7
152	152	197	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
159	159	204	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
166	166	211	M=2	LP=3	G=14,1,1,1
C KOLOM TINGKAT V					
181	181	226	M=2	LP=3	G=14,1,1,1
196	196	241	M=10	LP=3	G=2,7,7,7
197	197	242	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
204	204	249	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
211	211	256	M=2	LP=3	G=14,1,1,1
C KOLOM TINGKAT VI					
226	226	271	M=2	LP=3	G=14,1,1,1
241	241	286	M=10	LP=3	G=2,7,7,7
242	242	287	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
249	249	294	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
256	256	301	M=2	LP=3	G=14,1,1,1
C KOLOM TINGKAT VII					
271	271	316	M=1	LP=3	G=14,1,1,1
286	286	331	M=10	LP=3	G=2,7,7,7
287	287	332	M=7	LP=3	G=0,1,1,1
294	294	339	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
301	301	346	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
C KOLOM TINGKAT VIII					
316	316	351	M=6	LP=3	G=5,1,1,1
331	331	376	M=10	LP=3	G=2,7,7,7

332	332	332	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
339	339	339	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
346	346	346	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL A						
351	351	351	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
376	376	376	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL B						
391	391	391	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL C						
406	406	406	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
411	411	411	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
422	422	422	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
429	429	429	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
436	436	436	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL D						
451	46	61	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45 RZ=0.5
RE=0,1,75						
466	61	76	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45 RZ=0.5
RE=2.75,0						
471	451	466	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
486	466	481	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL E						
452	47	62	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
467	62	77	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
472	452	467	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL F						
453	48	63	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
468	63	78	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
473	453	468	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL G						
454	49	64	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
469	64	79	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
474	454	469	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL H						
455	50	65	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
470	65	80	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
475	455	470	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL I						
456	51	66	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
471	66	81	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
476	456	471	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL J						
457	52	67	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
472	67	82	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
477	457	472	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
C BALOK PORTAL K						
458	53	68	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45 RZ=0.5
RE=0,2.75						
473	68	83	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45 RZ=0.5
RE=2.75,0						
478	458	473	M=9	LP=3	NSL=4,12	RZ=0.5 RE=0,2.75
483	473	488	M=9	LP=3	NSL=4,12	RZ=0.5 RE=2.75,0
C BALOK PORTAL L						
459	54	69	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45
474	69	84	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,45,45

729	459	474	M=9	LP=3	NSL=3,11	G=1,13,13,13
C BALOK PORTAL J						
460	55	70	M=9	LP=3	NSL=1,11	G=8,30,43,43
475	70	85	M=9	LP=3	NSL=4,11	G=8,30,43,43
730	460	475	M=9	LP=3	NSL=3,11	G=1,13,13,13
C BALOK PORTAL K						
461	56	71	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
476	71	86	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
731	461	476	M=9	LP=3	NSL=3,11	G=1,13,13,13
C BALOK PORTAL L						
462	57	72	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
477	72	87	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
732	462	477	M=9	LP=3	NSL=3,11	G=1,13,13,13
C BALOK PORTAL M						
463	58	73	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
478	73	88	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
733	463	478	M=9	LP=3	NSL=3,11	G=1,13,13,13
C BALOK PORTAL N						
464	59	74	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
479	74	89	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
734	464	479	M=9	LP=3	NSL=3,11	G=1,13,13,13
C BALOK PORTAL O						
465	60	75	M=9	LP=3	NSL=4,12	G=8,30,43,43
RE=0,2.75						
480	75	90	M=9	LP=3	NSL=2,10	G=8,30,43,43
RE=2.75,0						
735	465	480	M=9	LP=3	NSL=1,9	RZ=0.5 RE=0,2.75
750	480	495	M=9	LP=3	NSL=1,9	RZ=0.5 RE=2.13,0
C BALOK PORTAL 1						
751	46	47	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
793	91	92	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
835	136	137	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
877	181	182	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
919	226	227	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
961	271	272	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
1003	316	317	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
1045	361	362	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
1087	406	407	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
1129	451	452	M=9	LP=2	NSL=5,13	G=13,1,1,1
C BALOK PORTAL 2						
765	61	62	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
807	106	107	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
849	151	152	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
891	196	197	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
933	241	242	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
975	286	287	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
1017	331	332	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
1059	376	377	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
1101	421	422	M=9	LP=2	NSL=8,16	G=13,1,1,1
1143	466	467	M=9	LP=2	NSL=7,15	G=13,1,1,1
C BALOK PORTAL 3						
779	76	77	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
821	121	122	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
863	166	167	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
905	211	212	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1
947	256	257	M=9	LP=2	NSL=6,14	G=13,1,1,1

109	109	109	109	109	109
110	110	110	110	110	110
111	111	111	111	111	111
112	112	112	112	112	112
113	113	113	113	113	113
114	114	114	114	114	114
115	115	115	115	115	115

1.3.4

C GEMPA 0.3

46	70	11	L=4	F=1,342,0
91	121	11	L=4	F=1,334,0
136	166	10	L=4	F=1,311,0
181	211	10	L=4	F=1,288,0
226	256	10	L=4	F=1,265,0
271	301	10	L=4	F=1,242,0
316	346	10	L=4	F=1,219,0
361	391	10	L=4	F=1,196,0
406	436	10	L=4	F=1,173,0
451	481	10	L=4	F=1,150,0

C GEMPA 0.3

46	70	11	L=4	F=13204,0,0
91	121	11	L=4	F=8503,0,0
136	166	10	L=4	F=12046,0,0
181	211	10	L=4	F=15392,0,0
226	256	10	L=4	F=18690,0,0
271	301	10	L=4	F=21988,0,0
316	346	10	L=4	F=25272,0,0
361	391	10	L=4	F=28541,0,0
406	436	10	L=4	F=31799,0,0
451	481	10	L=4	F=35041,0,0

COMBO

- 1 C=1.2,1.6,0,0 : BEBAN MATI DAN HIDUP
- 2 C=1.05,1.05,1,0.3 : B MATI, HIDUP, 0.3 GEMPA Y, 0.3 GEMPA X
- 3 C=1.05,1.05,0.3,1 : B MATI, HIDUP, 0.3 GEMPA Y, GEMPA X