

PERPUSTAKAAN	UM
HABIS	
TGL. TERIMA :	1 Juni 2004
NO. JUDUL :	001209
NO. INV. :	SI20001209001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG (REDESIGN)
KAMPUS III UNIVERSITAS JANABADRA
JOGJAKARTA



Disusun oleh:

SAMSUL RIZAL 97 511 325
MUKLIS PRIHANTARA 97 511 341

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

2003

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

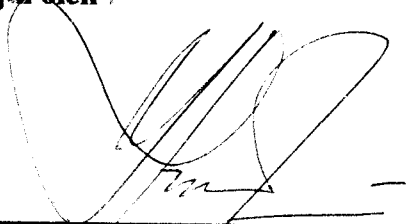
**PERENCANAAN ULANG (REDESIGN)
KAMPUS III UNIVERSITAS JANABADRA
JOGJAKARTA**

Diajukan Oleh :

Samsul Rizal 97 511 325
Muklis Prihantara 97 511 341

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Ilman Noor, MSCE
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 18/03-2004

Ir. H. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 18/03-2004

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Wr.Wb,

Alhamdulillahirabbil 'alamin, segala puji kehadiran Allah Swt yang telah memberikan berkah, taufiq, dan hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga berkat ridho-Nya Tugas Akhir dengan judul Redesain Kampus III Universitas Janabadra Jogjakarta dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir adalah sebagai salah satu persyaratan yang yang harus ditempuh untuk menyelesaikan studi jenjang program Strata Satu (S1) di jurusan Teknik Sipil, Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

Untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari segala hambatan dan rintangan, namun berkat bantuan moril maupun materiil dari berbagai pihak, akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Untuk itu tidak berlebihan kiranya jika penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Bapak Ir. Widodo, MSCE. Phd**, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII
2. **Bapak Ir. H. Munadhir, MS**, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil UII
3. **Bapak Ir. H. Ilmam Noor, MSCE**, selaku Dosen Pembimbing I
4. **Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT**, selaku Dosen Pembimbing II
5. **Bapak Ir. H. Susastrawan, MS**, selaku dosen Penguji.

6. Bapak dan Ibu tercinta yang tanpa hentinya mencurahkan segalanya untuk ananda, serta kakak dan adik tercinta yang selalu mendukungku.
7. Rekan-rekan peserta Tugas Akhir lainnya yang banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman “de kansa kost” (*Mukrie, Bang Hadi, Si Sung, Gofree, Bounciss, Kasmonov, Tuki Junaedi, Kiyex, Iroel, Kang Noer*) yang selalu sedia membantuku.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami menerima kritik dan saran dari pembaca. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun dan yang memerlukannya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita, Amin ya robbal ‘alamin.

Wassalaamu’alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Februari 2004

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

• *Alloh Maha Besar dan Maha Tinggi*

Dengan petunjuk-Mu aku menjadi tahu yang sebelumnya belum aku tahu.

"Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran"

• *Bapak dan Ibu Tercinta*

Dengan Doa dan Restu yang tak henti-hentinya engkau berikan, akhirnya ananda dapat meraih apa yang telah ananda cita-citakan.

"Hanya ini yang mampu ananda persembahkan saat ini"

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xx
ABSTRAKSI	xxxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	1
1.3 Batasan Perencanaan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Struktur Bawah	5
2.2.1 Pondasi	6
2.3 Struktur Atas	6
2.3.1 Atap	6
2.3.2 Pelat	7
2.3.3 Kolom	8
2.3.4 Balok	8

2.4	Pembebanan	9
2.4.1	Macam-macam Pembebanan	9
2.4.2	Kombinasi Pembebanan	10
2.4.3	Faktor Reduksi Kekuatan	12
2.5	Dasar-dasar Perencanaan	12

BAB III LANDASAN TEORI

3.1	Perencanaan Atap	13
3.1.1	Perencanaan Gording	13
3.1.2	Perencanaan Sagrod	14
3.1.3	Perencanaan Tierod	15
3.1.4	Perencanaan Batang Tarik	16
3.1.5	Perencanaan Batang Desak	18
3.1.6	Perencanaan Sambungan	19
3.2	Perencanaan Pelat Lantai	21
3.3	Perencanaan Balok	24
3.3.1	Perencanaan Balok Penampang Persegi Menahan Lentur Tulangan Sebelah	26
3.3.2	Perencanaan Balok Penampang Persegi Menahan Lentur Tulangan Rangkap	28
3.3.3	Perencanaan Geser Balok	31
3.3.4	Perencanaan Geser dan Torsi Balok	33
3.4	Perencanaan Kolom	37
3.4.1	Perencanaan Kolom Pendek	37

3.4.2	Kolom Langsing	42
3.5	Pembebanan Portal	45
3.5.1	Beban Mati	45
3.5.2	Beban Hidup	46
3.5.3	Distribusi Beban Hidup dan Mati pada Lantai	46
3.5.4	Beban Gempa Statik Ekuivalen	47
3.5.4.1	Waktu Getar Alami Struktur (T)	48
3.5.4.2	Koefisien Gempa Dasar (C)	48
3.5.4.3	Faktor Keutamaan Gedung (I)	49
3.5.4.4	Faktor Jenis Bangunan (K)	49
3.5.4.5	Berat Total Bangunan	49
3.6	Perencanaan Balok dan Kolom Portal	49
3.6.1	Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur	49
3.6.2	Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser	50
3.6.3	Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur dan Aksial	52
3.6.4	Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser	53
3.6.5	Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom	54
3.7	Pondasi	57
3.7.1	Perencanaan Dimensi Penampang Pondasi	57

3.7.2	Perencanaan Geser Pondasi	60
3.7.2.1	Geser Satu (1) Arah	60
3.7.2.2	Geser Dua (2) Arah	61
3.7.3	Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi	62
3.8	Perencanaan Tangga	65
3.8.1	Perencanaan Dimensi Tangga	65
3.8.2	Perencanaan Tulangan Tangga	66

BAB IV PERENCANAAN KONSTUKSI

4.1	Perencanaan Atap	67
4.1.1	Perencanaan Gording	68
4.1.2	Perencanaan Kuda-Kuda	72
4.1.3	Perencanaan Profil	75
4.1.4	Perencanaan Sambungan	86
4.2	Perencanaan Pelat	89
4.2.1	Pembebanan Pelat Atap	89
4.2.2	Perencanaan Pelat Atap	89
4.2.3	Pembebanan Pelat Lantai	98
4.2.4	Perencanaan Pelat Lantai	98
4.3	Perencanaan Balok Anak (Balok Grid)	103
4.3.1	Balok Grid I	
4.3.1.1	Pembebanan Balok Grid I	103
4.3.1.2	Perhitungan Tulangan Tumpuan Balok Grid I Arah Panjang (BG 1)	106

4.3.1.3	Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Panjang	108
4.3.1.4	Penulangan Geser Balok Gid 1	110
4.3.2	Perhitungan Balok Grid 1' (BG 1')	111
4.3.2.1	Penulangan Geser Balok Grid 1'	113
4.3.3	Balok Grid 2	114
4.3.3.1	Pembebanan Balok Grid 2	114
4.3.3.2	Perencanaan Tulangan Balok Grid 2	114
4.3.3.3	Penulangan Geser Balok Grid 2	118
4.3.4	Perencanaan Balok Grid 2' (BG 2')	119
4.3.4.1	Penulangan Geser Balok Grid 2'	120
4.3.5	Perencanaan Balok Grid 3 (BG 3)	121
4.3.5.1	Pembebana Balok Grid 3	121
4.3.5.2	Perencanaan Tulangan Balok Grid 3	124
4.3.5.3	Penulangan Geser Balok Grid 3	125
4.3.5.4	Perencanaan Tulangan Balok Grid 3'	126
4.3.5.5	Penulangan Geser Balok Grid 3'	127
4.4	Perencanaan Struktur Portal dengan Daktilitas Penuh	128
4.4.1	Perhitugan Gaya Geser Dasar Horisontal Total Akibat Gempa	128
4.4.1.1	Arah X_1 (As – A)	128
4.4.1.2	Arah X_2 (As – C)	131

4.4.1.3	Arah X_3 (As-E) = Arah Y_3 (As-9)	134
4.4.1.4	Arah Y_1 (As-1)	136
4.4.1.5	Arah Y_2 (As-3)	139
4.4.2	Desain Balok	142
4.4.2.1	Desain Tulangan Lentur Balok	142
4.4.2.2	Momen Nominal Aktual Balok Daerah Tumpuan	150
4.4.2.3	Momen Nominal Aktual Balok Daerah Lapangan	151
4.4.2.4	Penulangan Geser Balok	151
4.5	Perencanaan Kolom	155
4.5.1	Perhitungan Momen dan Gaya Aksial Rencana	155
4.5.2	Kriteria Kolom dan Perbesaran Momen	158
4.5.3	Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat Kekuatan Balok	163
4.5.4	Perencanaan Penulangan Kolom	167
4.5.5	Perencanaan Penulangan Geser	170
4.5.5.1	Daerah Sendi Plastis	171
4.5.5.2	Daerah Luar Sendi Plastis	171
4.5.6	Pertemuan Balok Kolom	172
4.6	Perencanaan Pondasi	178
4.6.1	Perencanaan Pondasi Telapak Setempat	178

4.6.2	Perencanaan Pondasi Gabungan	188
4.7	Perencanaan Tangga	206
4.7.1	Spesifikasi Struktur	206
4.7.2	Pembebanan	208
4.7.3	Penulangan Tangga	209
4.7.4	Perencanaan Balok Bordes	212
4.7.5	Perencanaan Pondasi Tangga	215

BAB V PEMBAHASAN

5.1	Umum	217
5.2	Atap	217
5.3	Pelat	217
5.4	Balok Anak	218
5.5	Balok Induk	218
5.6	Kolom	219
5.7	Pondasi	219
5.8	Tangga	220

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	221
6.2	Saran	222

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai factor reduksi (Φ) beban	12
Tabel 4.1	Jenis dan Berat Profil Terpakai Kuda-Kuda KK-4	85
Tabel 4.2	Jumlah Baut pada Kuda-Kuda KK-4	88
Tabel 4.3	Perencanaan Pelat Atap Tipe 1	97
Tabel 4.4	Perencanaan Pelat Lantai Tipe 1	102
Tabel 4.5	Perencanaan Balok Grid 1' (BG 1')	111
Tabel 4.6	Perencanaan Balok Grid 2 (BG 2)	117
Tabel 4.7	Penulangan Geser Balok Grid 2 (BG 2)	118
Tabel 4.8	Perencanaan Balok Grid 2' (BG 2')	119
Tabel 4.9	Penulangan Geser Balok Grid 2' (BG 2')	120
Tabel 4.10	Perencanaan Balok Grid 3 (BG 3)	124
Tabel 4.11	Penulangan Geser Balok Grid 3 (BG 3)	125
Tabel 4.12	Perencanaan Balok Grid 3' (BG 3')	126
Tabel 4.13	Penulangan Geser Balok Grid 3' (BG 3')	127
Tabel 4.14	Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal Portal X_1	130
Tabel 4.15	Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal Portal X_2	133
Tabel 4.16	Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal Portal $X_3=Y_3$	136
Tabel 4.17	Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal Portal Y_1	138
Tabel 4.18	Distribusi Gaya Geser Dasar Horisontal Portal Y_2	141
Tabel 4.15	Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-1	Lampiran II-1
Tabel 4.16	Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-2	Lampiran II-2

Tabel 4.17	Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-3	Lampiran II-3
Tabel 4.18	Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-4	Lampiran II-4
Tabel 4.19	Perencanaan Profil Kuda-Kuda KK-1	Lampiran II-5
Tabel 4.21	Perencanaan Profil Kuda-Kuda KK-3	Lampiran II-6
Tabel 4.20	Perencanaan Profil Kuda-Kuda KK-2	Lampiran II-7
Tabel 4.22	Profil dan Berat Kuda-Kuda	Lampiran II-8
Tabel 4.23	Perencanaan Pelat Lantai	Lampiran II-9
Tabel 4.24	Perencanaan Pelat Atap	Lampiran II-10
Tabel 4.25	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As 4	Lampiran II-11
Tabel 4.26	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As 5	Lampiran II-12
Tabel 4.27	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As 10	Lampiran II-13
Tabel 4.28	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As 12	Lampiran II-14
Tabel 4.29	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As A	Lampiran II-15
Tabel 4.30	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As E	Lampiran II-16
Tabel 4.31	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As F	Lampiran II-17
Tabel 4.32	Kombinasi Momen Rencana balok Portal As H	Lampiran II-18
Tabel 4.33	Perhitungan Tulangan Balok Portal 4	Lampiran II-19
Tabel 4.34	Perhitungan Tulangan Balok Portal 5	Lampiran II-20
Tabel 4.35	Perhitungan Tulangan Balok Portal 10	Lampiran II-21
Tabel 4.36	Perhitungan Tulangan Balok Portal 12	Lampiran II-22
Tabel 4.37	Perhitungan Tulangan Balok Portal A	Lampiran II-23
Tabel 4.38	Perhitungan Tulangan Balok Portal E	Lampiran II-24
Tabel 4.39	Perhitungan Tulangan Balok Portal H	Lampiran II-25

Tabel 4.40	Momen Nominal Aktual Balok Portal 4	Lampiran II-26
Tabel 4.41	Momen Nominal Aktual Balok Portal 5	Lampiran II-27
Tabel 4.42	Momen Nominal Aktual Balok Portal 10	Lampiran II-28
Tabel 4.43	Momen Nominal Aktual Balok Portal 12	Lampiran II-29
Tabel 4.44	Momen Nominal Aktual Balok Portal D	Lampiran II-30
Tabel 4.45	Momen Nominal Aktual Balok Portal E	Lampiran II-30
Tabel 4.46	Momen Nominal Aktual Balok Portal H	Lampiran II-31
Tabel 4.47	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 4	Lampiran II-32
Tabel 4.48	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 5	Lampiran II-33
Tabel 4.49	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 10	Lampiran II-34
Tabel 4.50	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 12	Lampiran II-35
Tabel 4.51	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal A	Lampiran II-36
Tabel 4.52	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal E	Lampiran II-37
Tabel 4.53	Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal H	Lampiran II-38
Tabel 4.54	Momen Rencana Kolom Portal H Arah x	Lampiran II-39
Tabel 4.55	Momen Rencana Kolom Portal E Arah x	Lampiran II-40
Tabel 4.56	Momen Rencana Kolom Portal E Arah Y	Lampiran II-40
Tabel 4.57	Momen Rencana Kolom Portal F Arah x	Lampiran II-40
Tabel 4.58	Momen Rencana Kolom Portal F Arah Y	Lampiran II-41
Tabel 4.59	Momen Rencana Kolom Portal G Arah x	Lampiran II-41
Tabel 4.60	Momen Rencana Kolom Portal G Arah Y	Lampiran II-41
Tabel 4.61	Perhitungan Gaya Aksial Kolom Portal A	Lampiran II-42
Tabel 4.62	Perhitungan Gaya Aksial Kolom Portal F	Lampiran II-43

Tabel 4.63	Perhitungan Gaya Aksial Kolom Portal E	Lampiran II-43
Tabel 4.64	Perhitungan Gaya Aksial Kolom Portal H	Lampiran II-44
Tabel 4.65	Perhitungan Gaya Aksial Kolom Portal G	Lampiran II-44
Tabel 4.66	Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat kekuatan Balok Arah x pada Portal A	Lampiran II-45
Tabel 4.67	Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat kekuatan Balok Arah Y pada Portal A	Lampiran II-46
Tabel 4.68	Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat kekuatan Balok Arah x pada Portal E	Lampiran II-47
Tabel 4.69	Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat kekuatan Balok Arah Y pada Portal E	Lampiran II-47
Tabel 4.70	Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat kekuatan Balok Arah x pada Portal H	Lampiran II-48
Tabel 4.71	Analisis Gaya Aksial dan Momen Akibat kekuatan Balok Arah Y pada Portal H	Lampiran II-48
Tabel 4.72	Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom A	Lampiran II-49
Tabel 4.73	Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom E	Lampiran II-50
Tabel 4.74	Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom H	Lampiran II-51
Tabel 4.75	Gaya Geser Rencana Kolom Portal A	Lampiran II-52
Tabel 4.76	Penulangan Geser Kolom Portal A	Lampiran II-53
Tabel 4.77	Gaya Geser Rencana Kolom Portal E	Lampiran II-54
Tabel 4.78	Penulangan Geser Kolom Portal E	Lampiran II-54
Tabel 4.79	Gaya Geser Rencana Kolom Portal H	Lampiran II-55

Tabel 4.80	Perencanaan Pondasi Gabungan	Lampiran II-56
Tabel 4.81	Penulangan Pelat Bordes dan Tangga	Lampiran II-57
Tabel 4.82	Perencanaan Balok Bordes	Lampiran II-58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Tinggi Manfaat Beton	23
Gambar 3.2	Diagram Regangan Beton dalam Keadaaa Seimbang	25
Gambar 3.3	Tulangan Tarik Satu Lapis dan Dua Lapis	26
Gambar 3.4	Diagram Tegangan Regangan Beton Tulangan Sebelah	28
Gambar 3.5	Distribusi Tulangan Rangkap Tarik	29
Gambar 3.6	Diagram Tegangan Regangan Beton Tulangan Rangkap	30
Gambar 3.7	Diagram Gaya Geser Balok	
Gambar 3.8	Diagram Tegangan Regangan Kolom	39
Gambar 3.9	Diagram Mn-Pn	42
Gambar 3.10	Beban Distribusi dari Pelat ke Balok	47
Gambar 3.11	Distribusi Gaya Geser Gempa	47
Gambar 3.12	Respon Spektrum Wilayah Tiga (3) Indonesia	48
Gambar 3.13	Balok Portal dengan Sendi Plastis pada Kedua Ujungnya	51
Gambar 3.14	Pertemuan Balok Kolom dengan Sendi Plastis di Kedua Ujungnya	52
Gambar 3.15	Kolom dengan Mu,k Berdasarkan Kapasitas Sendi Plastis Balok	54
Gambar 3.16	Panel Pertemuan Balok dan Kolom Portal	55
Gambar 3.17	Diagram Tegangan Pondasi	58
Gambar 3.18	Daerah Geser Satu (1) Arah pada Penampang Pondasi	60
Gambar 3.19	Daerah Geser Dua (2) Arah pada Penampang Pondasi	62
Gambar 3.20	Tulangan Lentur Pondasi	63

Gambar 3.21	Dimensi Tangga	66
Gambar 4.1	Rangka Kuda-Kuda KK-1	67
Gambar 4.2	Rangka Kuda-Kuda KK-2	67
Gambar 4.3	Rangka Kuda-Kuda KK-3 dan KK-4	68
Gambar 4.4	Rencana Balok Grid 1	103
Gambar 4.5	Grafik SFD dan BMD Balok Grid 1	
Gambar 4.6	Penulangan Balok Grid Arah Panjang	110
Gambar 4.7	Penulangan Balok Grid 1 Arah Pendek (BG 1')	112
Gambar 4.8	Rencana Balok Grid 2	114
Gambar 4.9	Tulangan Balok Grid 2 (BG 2)	118
Gambar 4.10	Tulangan Blok Grid 2' (BG 2')	120
Gambar 4.11	Rencana Balok Grid 3	121
Gambar 4.12	Tulangan Balok Grid 3 (BG 3)	125
Gambar 4.13	Tulangan Balok Grid 3' (BG 3')	127
Gambar 4.14	Distribusi Beban Gempa Portal Arah X_1	131
Gambar 4.15	Distribusi Beban Gempa Portal Arah X_2	134
Gambar 4.16	Distribusi Beban Gempa Portal Arah X_3 dan Y_3	136
Gambar 4.17	Distribusi Beban Gempa Portal Arah Y_1	139
Gambar 4.18	Distribusi Beban Gempa Portal Arah Y_2	142
Gambar 4.19	Diagram Momen	144
Gambar 4.20	Gaya Geser pada Penampang Kritis dan Sendi Plastis	153
Gambar 4.21	Diagram P_n - M_n Kolom	168
Gambar 4.22	Join Balok Kolom Dalam	172

Gambar 4.23	Pondasi Telapak Setempat	178
Gambar 4.24	Pondasi dengan Geser Satu Arah	180
Gambar 4.25	Pondasi dengan Geser Dua Arah	183
Gambar 4.26	Pondasi Telapak Gabungan	188
Gambar 4.27	Diagram Geser dan Momen	192
Gambar 4.28	Bidang Geser 2 Arah Kolom P1	193
Gambar 4.29	Bidang Geser 2 Arah Kolom P2	194
Gambar 4.30	Penampang Pondasi Gabungan Arah y	200
Gambar 4.31	Dimensi Tangga	207
Gambar 4.32	Diagram Tegangan Geser Balok Bordes	214
Gambar 1	Tampak Depan	Lampiran III
Gambar 2	Tampak Samping Kanan	Lampiran III
Gambar 3	Denah Lantai 1	Lampiran III
Gambar 4	Denah Lantai 2	Lampiran III
Gambar 5	Denah Lantai 3	Lampiran III
Gambar 6	Denah Lantai 4	Lampiran III
Gambar 7	Rencana Pondasi	Lampiran III
Gambar 8	Detail Pondasi	Lampiran III
Gambar 9	Rencana Perletakan Kolom	Lampiran III
Gambar 10	Detail Kolom A-1	Lampiran III
Gambar 11	Detail Kolom A-2	Lampiran III
Gambar 12	Detail Kolom A-3	Lampiran III
Gambar 13	Detail Kolom A-4	Lampiran III

Gambar 14	Detail Kolom A-5	Lampiran III
Gambar 15	Detail Kolom E-1	Lampiran III
Gambar 16	Detail Kolom E-2	Lampiran III
Gambar 17	Detail Kolom H-1	Lampiran III
Gambar 18	Detail Kolom H-2	Lampiran III
Gambar 19	Detail Kolom H-3	Lampiran III
Gambar 20	Rencana Perletakan Balok	Lampiran III
Gambar 21	Detail Balok Induk A1-A4	Lampiran III
Gambar 22	Detail Balok Induk A5 dan A9	Lampiran III
Gambar 23	Detail Balok Induk A10 dan A11	Lampiran III
Gambar 24	Detail Balok Induk E & F	Lampiran III
Gambar 25	Detail Balok Induk G & H	Lampiran III
Gambar 26	Detail Balok Induk 4 & 5	Lampiran III
Gambar 27	Detail Balok Grid 1' & 1	Lampiran III
Gambar 28	Detail Balok Griid 2' & 2	Lampiran III
Gambar 29	Detail Balok Grid 3' & 3	Lampiran III
Gambar 30	Detail Balok Atap A1 – A4	Lampiran III
Gambar 31	Detail Balok Atap A5 & A9	Lampiran III
Gambar 32	Detail Balok Atap A10 & A11	Lampiran III
Gambar 33	Detail Balok Atap E & F	Lampiran III
Gambar 34	Detail Balok Atap G & H	Lampiran III
Gambar 35	Detail Balok Atap As 4 & As 5	Lampiran III
Gambar 36	Denah Rencana Pelat Lantai 1 s/d 4	Lampiran III

Gambar 37	Penulangan Pelat Lantai (PL 1)	Lampiran III
Gambar 38	Penulangan Pelat Lantai (PL 2)	Lampiran III
Gambar 39	Penulangan Pelat Lantai (PL 3)	Lampiran III
Gambar 40a	Denah Rencana Pelat Atap	Lampiran III
Gambar 40b	Penulangan Pelat Atap	Lampiran III
Gambar 41	Detail Balok Bordes	Lampiran III
Gambar 42a	Penulangan Tangga Bawah	Lampiran III
Gambar 42b	Penulangan Tangga Atas	Lampiran III
Gambar 43	Rencana Perletakan Kuda-Kuda	Lampiran III
Gambar 44	Rangka Kuda-Kuda KK-1	Lampiran III
Gambar 45	Rangka Kuda-Kuda KK-2	Lampiran III
Gambar 46	Rangka Kuda-Kuda KK-3	Lampiran III
Gambar 47	Rangka Kuda-Kuda KK-4	Lampiran III
Gambar 48	Detail Kuda-Kuda Bawah	Lampiran III
Gambar 49	Detail Kuda-Kuda Atas	Lampiran III

DAFTAR NOTASI

1. Perencanaan Atap

- A : Luas profil baja
- A_g : Luasan bruto profil
- A_{netto} : Luasan bersih profil
- $A_{effektif}$: Luasan netto efektif
- b_f : Lebar sayap
- C_1 : Gaya angin tekan
- C_2 : Gaya angin hisap
- C_c : Perbandingan kelangsingan yang menjadi batas antara tekuk elastis dan tekuk inelastic
- D : Diameter
- E : Modulus elastis baja
- F_a : Tegangan ijin pada luas bruto dalam kondisi beban kerja
- f_a : Tegangan tarik yang terjadi
- f_{bx} : Tegangan lentur arah x
- f_{by} : Tegangan lentur arah y
- f_c' : Kuat tekan beton
- FS : Faktor keamanan
- F_u : Kuat tarik baja
- f_y : Tegangan leleh baja
- I_x : Inersia arah x
- I_y : Inersia arah y

K	: Koefisien kelangsingan
l	: Panjang batang yang ditinjau
L	: Panjang pelat kuda-kuda
L_b	: Jarak antar gording
M_{\perp}	: Momen tegak lurus sumbu batang
$M_{//}$: Momen sejajar sumbu batang
n	: Jumlah baut
P	: Gaya tekan yang bekerja
$P_{//}$: Gaya tekan sejajar sumbu batang
q_{\perp}	: Beban merata tegak lurus sumbu batang
$q_{//}$: Beban merata sejajar sumbu batang
r	: Jari-jari girasi = i
S_s	: Jarak antar sagrod
S_x	: Modulus elastis tampang arah sumbu x
S_y	: Modulus elastis tampang arah sumbu y
T	: Gaya tarik yang bekerja
t_w	: Tebal badan profil
t_p	: Tebal pelat
W	: Berat profil
α	: Sudut kemiringan atap
δ_{\perp}	: Lendutan tegak lurus sumbu batang
$\delta_{//}$: Lendutan sejajar sumbu batang
δ	: Resultante lendutan

μ : Faktor reduksi luas netto

2. Perencanaan Pelat

A_s : Luas tulangan

a : Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

b : Panjang memanjang pelat

c_{lx} : Koefisien momen lapangan arah x

c_{ly} : Koefisien momen tumpuan arah y

d : Tinggi efektif pelat

f_c' : Kuat desak beton

f_y : Kuat tarik baja

h : Tinggi pelat

l_y : Panjang pelat arah panjang

l_x : Panjang pelat arah pendek

m : Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup

M_{ulx} : Momen rencana arah lapangan x

M_{utx} : Momen rencana arah tumpuan x

M_{uly} : Momen rencana arah lapangan y

M_{uty} : Momen rencana arah tumpuan y

M_u : Momen rencana

M_n : Momen nominal

q_D : Beban mati merata

q_L : Beban hidup merata

- q_U : Beban merata rencana
 R_n : Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat
 ρ : Rasio tulangan
 ρ_b : Rasio tulangan pada keadaan seimbang
 ϕ : Koefisien reduksi kekuatan

3. Perencanaan Balok

- A_s : Luas tulangan tarik
 A_s' : Luas tulangan desak
 b : Lebar balok
 d : Tinggi efektif tulangan tarik
 d' : Tinggi efektif tulangan tekan
 E : Modulus elastis beton
 f_c' : Kuat tekan beton
 f_y : Kuat tarik baja
 h : Tinggi balok
 I : Momen inersia balok
 l : Panjang penampang
 m : Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup
 M_n : Momen nominal balok
 M_u : Momen rencana balok
 P_D : Beban mati terpusat
 P_L : Beban hidup terpusat

- P_u : Beban ultimit terpusat
 R_n : Koefisien tahanan untuk tahanan perencanaan kuat
 V_u : Gaya geser rencana
 V_c : Kuat geser beton
 V_s : Tegangan geser nominal yang disebabkan oleh tulangan
 β_1 : Konstanta yang berdasarkan mutu beton
 ρ : Rasio tulangan tarik
 ρ' : Rasio tulangan tekan
 ϕ : Faktor reduksi kekuatan

4. Perencanaan Kolom

- a : Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen
 A_s : Luas tulangan tarik
 A_s' : Luas tulangan desak
 A_{st} : Luas tulangan total
 A_g : Luas bruto penampang
 b : Lebar penampang kolom
 C_c : Gaya tekan pada beton
 C_s : Gaya pada tulangan tekan
 C_m : Faktor untuk perbesaran momen
 d : Jarak dari sisi tekan terluar ke pusat tulangan tarik
 d' : Jarak dari sisi tekan terluar ke pusat tulangan tekan
 e : Eksentrisitas actual
 e_b : eksentrisitas pada keadaan seimbang

E_c	: Modulus elastisitas beton
E_g	: Modulus elastisitas balok
E_s	: Modulus elastisitas baja tulangan
f_c'	: Kuat desak beton
f_y	: Tegangan leleh baja yang disyaratkan
h	: Tinggi penampang kolom
h_n	: Panjang bersih kolom
I_c	: Momen inersia kolom
I_{cr}	: Momen inersia balok
I_g	: Momen inersia dari penampang bruto balok
k	: Faktor panjang efektif
L	: Panjang balok
l_n	: Panjang bersih balok
m	: Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup
M_b	: Momen akibat beban tetap
M_{1b}	: Momen factor terbesar pada ujung komponen akibat beban tetap
M_{2b}	: Momen factor terbesar pada ujung kompoenen akibat beban sementara
M_{1D}	: Momen akibat beban mati
M_{1L}	: Momen akibat beban hidup
M_n	: Momen nominal
M_{nx}	: Momen nominal yang bekerja pada sumbu x
M_{ny}	: Momen nominal yang bekerja pada sumbu y

M_s	: Momen akibat beban sementara
M_u	: Momen ultimit kolom
$M_{u,kx}$: Momen ultimit kolom arah x
$M_{u,ky}$: Momen ultimit kolom arah y
P_c	: Beban tekuk euler
P_D	: Gaya tekan akibat beban mati
P_L	: Gaya tekan akibat beban hidup
P_E	: Gaya tekan akibat beban gempa
P_n	: Gaya tekan nominal
$P_{u,k}$: Gaya tekan ultimit kolom
r	: Jari-jari girasi penampang
T_s	: Gaya pada tulangan tarik
δ_b	: Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping
δ_s	: Faktor pembesaran momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping
ρ	: Rasio tulangan kolom
β_1	: Faktor tinggi blok tekanan ekuivalen
β_d	: Nilai perbandingan momen beban mati rencana terhadap momen total rencana yang besarnya kurang atau sama dengan satu
ψ	: Faktor kekangan ujung
Φ	: Faktor reduksi kekuatan
ΣP_c	: Penjumlahan beban tekuk euler pada kolom satu tingkat/lantai

ΣP_u : Penjumlahan beban tekuk ultimit pada kolom/tingkat

5. Perencanaan Gempa

A_g : Luas bruto penampang

A_{jh} : Luas tulangan total efektif tulangan geser horizontal

A_{jv} : Luas tulangan geser join vertical

A_{sc} : Luas tulangan longitudinal tarik

A_{sc}' : Luas tulangan longitudinal tekan

b_j : Lebar efektif join

C : Koefisien gempa dasar

C_{ki} : Gaya tekan tulangan arah kiri

F_x : Beban horizontal tiap lantai pada arah x

f_y : Tegangan leleh baja

f_c' : Kuat tekan beton

F_y : Beban horizontal tiap lantai pada arah y

h_x : Tinggi gedung arah x

h_y : Tinggi gedung arah y

h_k : Tinggi kolom bruto

h'_k : Tinggi kolom netto

h_c : Tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau

h_w : Tinggi bangunan

I : Faktor keutamaan gedung

K : Faktor jenis struktur

L_b : Panjang balok

L_{ki}	= Panjang balok bruto sebelah kiri kolom yang ditinjau
L_{ki}'	= Panjang balok netto sebelah kiri kolom yang ditinjau
L_{ka}	= Panjang balok bruto sebelah kanan kolom yang ditinjau
L_{ka}'	= Panjang balok netto sebelah kanan kolom yang ditinjau
L_n	= Bentang bersih balok
L_w	= Lebar balok
$M_{D,b}$	= Momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor
$M_{D,k}$	= Momen lentur kolom portal akibat beban mati tak berfaktor
$M_{E,b}$	= Momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor
$M_{E,k}$	= Momen lentur kolom portal akibat beban gempa tak berfaktor
$M_{L,b}$	= Momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor
$M_{L,k}$	= Momen lentur kolom portal akibat beban hidup tak berfaktor
$M_{kap,b}$	= Momen kapasitas balok
$M_{nak,b}$	= Momen nominal actual balok
M_{kap}	= Momen kapasitas di sendi plastis pada satu ujung atau bidang muka kolom
M_{kap}'	= Momen kapasitas pada ujung lainnya
$M_{u,b}$	= Momen rencana balok
$M_{u,k}$	= Momen rencana kolom
n	= Jumlah lantai tingkat di atas kolom yang ditinjau
$N_{E,k}$	= Gaya akibat beban gempa pada pusat kolom
$N_{g,k}$	= Gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat joint
$N_{u,k}$	= Gaya aksial rencana kolom

- P_{cs} = Gaya permanent gaya prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom
- q = Beban terbagi merata
- R_v = Faktor reduksi berdasarkan banyak tingkat
- T = Gaya tarik yang terjadi
- V_b = Gaya gempa dasar
- V_{bx} = Gaya gempa dasar arah x
- V_{by} = Gaya gempa dasar arah y
- V_{ch} = Gaya geser strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint arah horizontal
- V_{cv} = Gaya geser strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint arah vertical
- V_{D} = Gaya geser balok akibat beban mati
- $V_{D,k}$ = Gaya geser kolom akibat beban mati
- V_{E} = Gaya geser balok akibat beban gempa
- $V_{E,k}$ = Gaya geser kolom akibat beban gempa
- V_g = Gaya geser balok akibat berat sendiri dan beban gravitasi
- V_{jh} = Gaya geser dasar horizontal
- V_{L} = Gaya geser balok akibat beban hidup
- $V_{L,k}$ = Gaya geser kolom akibat beban hidup
- V_{kol} = Gaya geser kolom
- V_{sh} = Gaya geser pada daerah tarik joint dengan mekanisme panel rangka arah horizontal

V_{sv}	= Gaya geser pada daerah tarik join dengan mekanisme panel rangka arah vertical
$V_{u,b}$	= Gaya geser rencana balok
$V_{u,k}$	= Gaya geser rencana kolom
W_t	= Berat total keseluruhan gedung
W_y	= Berat tiap lantai pada arah y
W_x	= Berat tiap lantai pada arah x
Z_{ka}	= Lengan momen kanan
Z_{ki}	= Lengan momen kiri
ρ	= Rasio tulangan tarik
ρ'	= Rasio tulangan desak
ρ_b	= Rasio tulangan pada keadaan seimbang
ω_d	= Koefisien pembesaran dinamis
α_k	= Faktor distribusi momen dari kolom yang ditinjau

6. Perencanaan Pondasi

a	= Tinggi blok tekan
b_k	= Lebar penampang kolom
b_o	= Keliling penampang kritis pada pelat dan pondasi
B_x	= Panjang pondasi telapak
B_y	= Lebar pondasi telapak
d	= Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton terluar
e_x	= Eksentrisitas gaya terhadap sumbu x
e_y	= Eksentrisitas gaya terhadap sumbu y

f_c	= Kuat tekan beton
f_y	= Tegangan luluh baja
h	= Tebal pondasi
h_k	= Panjang penampang kolom
M_x	= Momen terhadap sumbu x
M_y	= Momen terhadap sumbu y
M_u	= Momen rencana
M_n	= Momen nominal
m_1	= Jarak geser dari tepi pondasi terhadap sumbu x
m	= Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk tertutup
n_1	= Jarak geser dari tepi pondasi terhadap sumbu y
P	= Gaya tekan yang bekerja
P_b	= Selimut beton
P_n	= Gaya tekan nominal
q_{terjadi}	= Tegangan kontak yang terjadi di dasar pondasi
R_n	= Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat
V_c	= Kuat beton menahan geser
x	= Panjang bidang geser kritis
y	= Lebar bidang geser kritis
ρ	= Rasio tulangan
ρ_b	= Rasio tulangan dalam keadaan seimbang
β_1	= Rasio antara sisi panjang terhadap sisi pendek pondasi
β_c	= Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat

ABSTRAKSI

Untuk mempersiapkan diri menjadi seorang sarjana sipil berkualitas yaitu sarjana yang memiliki kemampuan teoritis dan mampu mengaplikasikan ilmunya di lapangan, maka penyusun mengambil tugas akhir tentang perencanaan ulang (Redesign) struktur gedung Kampus III Universitas Janabadra Jogjakarta sebagai penerapan ilmu yang didapat di bangku kuliah.

Desain struktur rangka atap baja menggunakan metode ASD (Allowable Stress Design) yaitu perencanaan elastis dari AISC, sedangkan desain struktur rangka beton bertulang menggunakan metode perencanaan kuat ultimit berdasarkan SK SNI T-15-1991-03. Analisis struktur menggunakan program SAP 2000 (3 dimensi).

Hasil perhitungan pada Redesign ini adalah sebagai berikut :

a. Rangka atap

- Gording dipakai profil *Light Lip Channel 150x50x20x3,2*
- Sagrod dan Tierod dipakai baja tulangan diameter ½ inchi
- Kuda-kuda dipakai profil double angle

Batang	Profil yang Digunakan
ATAS	2L 50 x 50 x 5
BAWAH	2L 50 x 50 x 5
VERTIKAL	2L 50 x 50 x 5
DIAGONAL	2L 50 x 50 x 5

b. Pelat

- Metode yang digunakan metode koefisien momen mengacu pada PBI 1971
- Spesifikasi bahan, $f_y = 240$ Mpa dan $f'_c = 28$ Mpa
- Hasil perencanaan dapat dilihat pada Lampiran II-9

c. Balok dan Kolom

- Metode yang digunakan mengacu pada SNI T-15-1991-03
- Spesifikasi bahan, Tul. ulir ($f_y = 400$ Mpa), Tul. polos ($f_y = 240$ Mpa), $f'_c = 28$ Mpa)
- Hasil perencanaan dapat dilihat pada lampiran II-19

d. Pondasi

- Metode yang digunakan mengacu pada SNI T-15-1991-03
- Spesifikasi bahan, Tul. ulir ($f_y = 400$ Mpa), Tul. polos ($f_y = 240$ Mpa), $f'_c = 28$ Mpa
- Pondasi yang direncanakan menggunakan pondasi telapak setempat dan gabungan
- Hasil perencanaan dapat dilihat pada lampiran II-56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tujuan dari pembangunan nasional yang dilaksanakan di Indonesia adalah untuk mewujudkan masyarakat adil dan makmur berdasarkan Pancasila dan Undang-undang Dasar 1945. Untuk mencapai tujuan tersebut, salah satu syarat penting adalah penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi. Disinilah peranan Perguruan Tinggi, baik negeri maupun swasta di Indonesia semakin ketat, yang akan memacu mahasiswa untuk mempersiapkan diri dalam menyongsong dunia kerja.

Seiring pesatnya pembangunan konstruksi di Indonesia menuntut lulusan para sarjana untuk mampu mengaplikasikan ilmunya secara maksimal di lapangan dan bukan hanya memiliki kemampuan secara teoritis.

Untuk mengantisipasi permasalahan ini penulis mengambil tugas akhir tentang perencanaan struktur Kampus 3 Universitas Janabadra Yogyakarta sebagai penerapan ilmu yang di dapat dibangku kuliah.

1.2 Maksud dan Tujuan

Perencanaan ulang/*redesign* Kampus 3 Universitas Janabadra ini, dimaksudkan untuk mendapatkan alternatif lain desain yang efektif dan efisien struktur dengan tingkat keamanan sesuai yang disyaratkan. Dalam proses perencanaan ulang ini, bertujuan untuk mengaplikasikan ilmu ketekniksipilan yang telah diperoleh sehingga dapat dijadikan bekal dalam menghadapi dunia kerja di bidang konstruksi. Oleh karena itu, penulis

bermaksud untuk mengambil perencanaan ulang/*redesign* Kampus 3 Universitas Janabadra Yogyakarta, sebagai topik dalam penyusunan tugas akhir.

1.3 Batas Perencanaan

Sebagai batasan ruang lingkup dalam perencanaan ulang/*redesign* Kampus 3 Universitas Janabadra Yogyakarta dalam rangka penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Obyek perencanaan ulang adalah gedung Kampus 3 Universitas Janabadra Yogyakarta, meliputi :
 - Perencanaan atap kuda-kuda baja
 - Perencanaan pelat lantai
 - Perencanaan balok
 - Perencanaan kolom
 - Perencanaan pondasi
2. Perencanaan ulang/*redesign* ini meliputi perhitungan struktur bangunan dari atas sampai bawah dengan desain baru (berbeda dengan perencanaan yang sudah ada). Tidak termasuk Rencana Anggaran Biaya (RAB).
3. Perencanaan kuda-kuda atap menggunakan mutu baja profil, pelat buhul, dan baut BJ 37 dengan tegangan leleh (f_y) = 250 Mpa.
4. Perencanaan pelat lantai, kolom, dan balok menggunakan mutu beton dengan kuat desak rencana (f_c) = 28 Mpa dengan kombinasi pembebanan disesuaikan dengan fungsi struktur.
5. Perencanaan pelat lantai, kolom, dan balok menggunakan baja tulangan polos (BJTP) untuk $\varnothing \leq 12$ mm dengan tegangan leleh (f_y) = 240 Mpa sedangkan baja tulangan ulir (BJTD) untuk $\varnothing > 12$ mm dengan tegangan leleh (f_y) = 400 Mpa.

6. Perencanaan pondasi diperhitungkan berdasarkan data karakteristik tanah yang ada dengan menggunakan jenis pondasi telapak beton bertulang. Baja tulangan polos (BJTP) $\varnothing \leq 12$ mm dengan tegangan leleh (f_y) = 240 Mpa sedangkan baja tulangan ulir (BJTD) untuk $\varnothing > 12$ mm dengan tegangan leleh (f_y) = 400 Mpa. Mutu beton dengan kuat desak rencana (f'_c) = 28 Mpa.
7. Analisa mekanika struktur dengan program SAP 2000 3 dimensi.
8. Kombinasi beban yang diperhitungkan adalah beban mati, hidup, dan beban horisontal gempa mengambil daerah gempa wilayah 3 (DIY dan sekitarnya).
9. Perencanaan konstruksi baja berdasarkan metode *allowable stress design* (perencanaan elastis) dari AISC.
10. Secara keseluruhan struktur beton direncanakan dengan daktilitas penuh dengan nilai $K=1$.

1.4 Lokasi Proyek

Lokasi proyek Gedung Kampus III Universitas Janabadra Jogjakarta terletak di Jl. Tentara Rakyat Mataram 57 Jogjakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Pekerjaan struktur secara umum dilaksanakan melalui 3 (tiga) tahap (*Senol Utku, Charles, John Benson, 1977*), yaitu :

1. Tahap perencanaan (*Planning phase*)

Meliputi pertimbangan terhadap hal-hal yang dibutuhkan dan faktor-faktor yang mempengaruhi rancangan umum serta dimensi struktur yang nantinya menjadi dasar pemilihan satu atau beberapa alternatif dari jenis struktur. Pertimbangan utama adalah fungsi dari struktur itu nantinya. Pertimbangan kedua yang biasanya disertakan adalah aspek ekonomi, sosial, lingkungan, keuangan, dan faktor lainnya.

2. Tahap disain (*Design phase*)

Meliputi pertimbangan secara detail terhadap alternatif struktur yang direncanakan pada tahap perencanaan yang nantinya menjadi dasar penentuan ukuran yang tepat dari dimensi dan detail elemen struktur termasuk di dalamnya sambungan struktur. Biasanya, sebelum tahap disain mencapai tahap akhir, telah didapatkan suatu bentuk perencanaan akhir yang akan dilaksanakan. Terkadang, pemilihan tipe maupun material akan tergantung pada faktor ekonomi dan pembangunan yang terkadang tidak dapat diperkirakan secara tepat.

3. Tahap pembangunan (*Construction phase*)

Meliputi pengadaan material, peralatan, dan tenaga kerja. Pekerjaan bengkel serta transportasi ke lokasi proyek. Selama pelaksanaan tahap ini, perencanaan ulang akan dibutuhkan jika terdapat masalah seperti material yang sulit untuk didapatkan atau berbagai alasan lain.

Desain struktur merupakan salah satu bagian dari proses perencanaan bangunan. Proses desain tersebut merupakan gabungan antara unsur seni dan sains yang membutuhkan keahlian dalam mengolahnya. Proses ini dibedakan dalam dua bagian. *Pertama*, desain umum yang merupakan peninjauan umum secara garis besar keputusan-keputusan desain. Tipe struktur dipilih dari berbagai alternatif yang mungkin. Tata letak struktur, geometri atau bentuk bangunan, jarak antar kolom, tinggi lantai, dan material bangunan telah ditetapkan dengan pasti dalam tahap ini. Tahap *kedua*, desain terinci yang antara lain meninjau tentang penentuan besar penampang lintang balok, kolom, tebal pelat, dan elemen struktur lainnya. (*L. Wahyudi dan Syahril, 1997*)

Setelah dipilih konsep struktur secara umum, maka dapat direncanakan sistem struktur yang meliputi 3 (tiga) langkah utama (*Tim Struktur Beton, 1999*) :

- a. Analisis struktur untuk menghitung atau menentukan besar momen gaya geser dan aksial dalam struktur.
- b. Merancang ukuran tiap elemen sehingga dapat menahan gaya-gaya tersebut.
- c. Menyiapkan gambar kerja dan spesifikasi.

2.2 Struktur Bawah

Yang dimaksud dengan struktur bawah (sub struktur) adalah bagian bangunan yang berada di bawah permukaan. Dalam proses perencanaan ulang (*redesign*) Kampus 3 Universitas Janabadra ini meliputi pondasi '*foot plate*'.

2.2.1 Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah, dan telapak pondasi berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah, sehingga telapak pondasi harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menyebar beban-beban yang diteruskannya sedemikian rupa sehingga kapasitas/daya dukung tanah tidak terlampaui. (*Istimawan, 1994*)

Pondasi adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk memindahkan beban-beban pada struktur atas ke tanah. Fungsi ini dapat berlaku secara baik bila kestabilan pondasi terhadap efek guling, geser, penurunan dan daya dukung tanah terpenuhi. (*Wahyudi dan Syahril, 1997*)

Pondasi merupakan elemen yang sangat vital dari suatu bangunan, karena mendukung seluruh beban-beban di atasnya dan kemudian meneruskan ke tanah di bawahnya. Pemilihan jenis pondasi yang digunakan harus disesuaikan dengan daya dukung ijin tanah yang ada, sehingga dimensi pondasi tersebut benar-benar efektif dan efisien dalam menjaga kestabilan struktur bangunan.

2.3 Struktur Atas

Yang dimaksud struktur atas (upper-structur) adalah elemen bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Dalam proses perencanaan ulang (redesign) Kampus III Universitas Janabadra ini meliputi : kuda-kuda atap, pelat lantai, kolom, balok.

2.3.1 Atap

Atap adalah elemen strukur yang berfungsi melindungi bangunan beserta apa yang ada di dalamnya dari pengaruh panas dan hujan. Bentuk atap tergantung dari beberapa faktor misalnya ; iklim, arsitekural, utilitas bangunan, dan sebagainya.

2.3.2 Pelat

Pelat adalah elemen bidang tipis yang menahan beban transversal yang melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. (Syahril dan Wahyudi, 1999). Pelat merupakan stuktur bidang permukaan yang lurus (datar dan tidak melengkung) yang mendukung beban mati dan beban hidup. Tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Geometri suatu pelat dibatasi oleh garis lurus/garis lengkung. Ditinjau dari statika kondisi tepi pelat bisa bebas, bertumpuan sederhana, jepit, termasuk tumpuan elastis dan jepit elastis atau bisa berupa tumpuan titik terpusat. (Szilard, Rudolph, 1989)

Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin tulangnya dua arah atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya. Kontinuitas penulangan pelat diteruskan ke dalam balok dan diteruskan ke dalam kolom. Dengan demikian, sistem pelat secara keseluruhan menjadi satu kesatuan membentuk rangka struktur bangunan kaku statik tak tentu yang sangat kompleks, sehingga mengakibatkan timbulnya momen, gaya geser, dan lendutan. Berdasarkan perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendek, pelat dibedakan menjadi dua yaitu : pelat satu arah dan pelat dua arah.

a) Pelat satu arah

Pelat satu arah adalah pelat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan saja, sehingga lendutan yang timbul hanya satu arah saja yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi. Atau dengan kata lain pelat satu arah adalah pelat yang mempunyai perbandingan antara sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari dua, dengan lendutan utama pada sisi yang lebih pendek. (Istimawan, 1994)

b) Pelat dua arah

Pelat dua arah adalah pelat yang didukung sepanjang keempat sisinya dengan lendutan yang akan timbul dua arah yang saling tegak lurus, atau perbandingan antara sisi panjang dan sisi pendek yang saling tegak lurus kurang dari dua. (*Istimawan, 1994*).

2.3.3 Kolom

Definisi kolom menurut SNI-T15-1992-03 adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga dimensi lateral terkecil.

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktur yang memikul beban dari balok induk, maupun balok anak. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur.

Kolom adalah struktur yang mendukung beban dari atap, balok dan berat sendiri yang diteruskan ke pondasi. Secara struktur kolom menerima beban vertikal yang besar, selain itu harus mampu menahan beban-beban horisontal, bahkan momen atau puntir/torsi akibat pengaruh terjadinya eksentrisitas pembebanan. Untuk menentukan dimensi penampang kolom yang diperlukan, hal yang perlu diperhatikan adalah tinggi kolom perencanaan, mutu beton dan baja yang digunakan, dan eksentrisitas pembebanan yang terjadi.

2.3.4 Balok

Balok adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horisontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima pelat

lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horisontal berupa beban angin dan gempa.

Balok merupakan bagian struktural bangunan yang penting dan bertujuan untuk memikul beban transversal yang dapat berupa beban lentur, geser, maupun torsi. Oleh karena itu perencanaan balok yang efisien, ekonomis, dan aman sangat penting. (Sudarmoko, 1996). Yang dimaksud balok induk adalah balok yang menumpu pada kolom, sedangkan balok anak adalah balok yang menumpu pada balok induk.

2.4 Pembebanan

2.4.1 Macam-macam pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur pada umumnya dapat digolongkan menjadi 5 (lima) macam (PPIUG, 1983) :

1. Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian/penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekan jatuh (*energi kinetik*) butiran air. Ke dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus.

3. Beban angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

4. Beban gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang meneruskan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

5. Beban khusus

Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari kren (*crane*), gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin serta pengaruh khusus lainnya.

2.4.2 Kombinasi pembebanan

Agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor beban. Menurut SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.2 ayat 3.2.2 faktor beban ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk kondisi beban mati (D) dan beban hidup (L)

$$U = 1,2D + 1,6L \quad \dots\dots\dots (i)$$

2. Bila beban angin (W) turut diperhitungkan maka pengaruh kombinasi beban mati (D), hidup (L), dan angin (W) adalah :

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,5L + 1,6W)$$

Dengan beban hidup (L) yang kosong, turut pula diperhitungkan untuk mengantisipasi kondisi yang bahaya sehingga :

$$U = 0,9D + 1,3W$$

3. Bila beban gempa (E) diperhitungkan

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E)$$

Atau

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

Dengan L_R = beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan ketentuan SNI 1726-1989-F tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung. Nilai beban gempa (E) ditetapkan berdasarkan ketentuan SNI 1726-1989-F.

4. Bila tekanan horisontal tanah (H) diperhitungkan

$$U = 1,2D + 1,6L + 1,6H \quad \dots\dots\dots (ii)$$

Untuk keadaan dimana pengaruh beban mati (D) dan hidup (L) mengurangi efek dari tekanan horisontal tanah (H), koefisien beban mati (D) berubah menjadi 0,9 dan beban hidup (L) menjadi 0 (nol), sehingga :

$$U = 0,9D + 1,6H \quad \dots\dots\dots (iii)$$

Nilai persamaan (ii) dan (iii) tidak boleh lebih kecil dari persamaan (i).

5. Bila pengaruh struktural (T) seperti perbedaan penurunan (*differential settlement*), rangkak, susut, atau perubahan suhu yang cukup menentukan dalam perencanaan, maka :

$$U = 0,75 (1,2D + 1,2T + 1,6L)$$

6. Tetapi nilai kuat perlu (U) tidak boleh kurang dari :

$$U = 1,2 (D + T)$$

2.4.3 Faktor Reduksi Kekuatan (Φ)

Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan (Φ). Menurut SK-SNI- T-15-1991-03, faktor reduksi (Φ) ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Nilai faktor Reduksi (Φ) Beban

	Gaya yang bekerja	Nilai (Φ)
1.	Lentur tanpa beban aksial	0,8
2.	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	0,8
3.	Aksial tekan, dan aksial tekan dengan lentur , Dengan tulangan spiral Dengan tulangan sengkang ikat	0,7 0,65
4.	Geser dan torsi	0,6
5.	Tumpuan pada beton	0,7

2.5 Dasar- dasar Perencanaan

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam perencanaan ulang Kampus III Universitas Janabadra, adalah :

- Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung (PPTGIUG), 1983.
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG), 1983
- Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK-SNI-T15-1991-03).
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI), 1971 NI-2
- Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI), 1984.
- Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Beton Bertulang Untuk Gedung, 1983.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan Atap

Perencanaan kuda-kuda atap baja dalam pembagunan gedung Kampus III Universitas Janabadra ini menggunakan metode perencanaan tegangan kerja (*working stress design*) dari AISC. Menurut filosofi perencanaan tegangan kerja ini, elemen struktural harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan yang dihitung akibat beban kerja tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan. Tegangan ijin ini ditentukan untuk mendapatkan faktor keamanan terhadap tercapainya tegangan batas. Tegangan yang dihitung harus berada dalam keadaan elastis, yaitu tegangan sebanding dengan regangan. (*Salmon dan Johnson, 1986*).

Perencanaan ini meliputi :

3.1.1 Perencanaan gording

Dalam perencanaan gording harus memenuhi syarat-syarat antara lain :

- Tegangan :

$$\frac{fbx}{0,66Fy} + \frac{fby}{0,75Fy} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (3.1.1)$$

$$fbx = \frac{M_{\perp} \cdot \max}{Sx} \quad \dots\dots\dots (3.1.2)$$

$$fby = \frac{M_{//} \cdot \max}{Sy} \quad \dots\dots\dots (3.1.3)$$

$$M_{\perp} = \frac{1}{8} \cdot q_{\perp} \cdot L^2 \quad ; \quad M_{//} = \frac{1}{32} \cdot q_{//} \cdot L^2$$

- dimana :
- f_{bx} = tegangan lentur arah sumbu x (ksi)
 - f_{by} = tegangan lentur arah sumbu y (ksi)
 - F_y = tegangan leleh baja (ksi)
 - S_x = modulus elastis tampang arah sumbu x (in^3)
 - S_y = modulus elastis tampang arah sumbu y (in^3)
 - M_{\perp} = momen tegak lurus sumbu batang (kin)
 - $M_{//}$ =momen sejajar sumbu batang (kin)

- Lendutan :

$$\delta_{\perp} = \frac{5}{384} \frac{q_{\perp} \cdot L^4}{EI_x} \leq \frac{L}{360} \quad \dots\dots\dots (3.1.4)$$

$$\delta_{//} = \frac{5}{384} \frac{q_{//} \cdot \left(\frac{L}{(a+1)}\right)^4}{EI_y} \leq \frac{L}{360} \quad \dots\dots\dots (3.1.5)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{//}^2} \quad \dots\dots\dots (3.1.6)$$

- dimana :
- δ = resultan lendutan (mm)
 - δ_{\perp} = lendutan tegak lurus sumbu batang (mm)
 - $\delta_{//}$ = lendutan searah sumbu batang (mm)
 - I_x = Inersia arah sumbu x (mm^4)
 - I_y = Inersia arah sumbu y (mm^4)

3.1.2 Perencanaan sagrod

Perencanaan sagrod ini menentukan diameter kabel yang akan dipakai

$$P = 0,33 \cdot F_u \cdot A_{\text{sagrod}} \quad \dots\dots\dots (3.1.7)$$

Beban yang digunakan adalah beban arah sejajar sumbu ($P_{//}$) :

$$P_{//} = P \cdot \sin \alpha \cdot S_s \quad \dots\dots\dots (3.1.8)$$

Sehingga luas tampang sagrod :

$$A_{sagrod} = \frac{P_{//}}{0,33.Fu} = \frac{1}{4} \pi D^2_{sagrod} \dots\dots\dots (3.1.9)$$

$$D_{sagrod} = \sqrt{\frac{P_{//}.4}{0,33.Fu.\pi}} \dots\dots\dots (3.1.10)$$

$$D_{pakai} = D_{sagrod} + 3 \text{ mm} \dots\dots\dots (3.1.11)$$

- dimana :
- P = gaya yang bekerja (kips)
 - $P_{//}$ = gaya yang sejajar sumbu batang (kips)
 - Fu = kuat tarik baja (ksi)
 - Ss = jarak beban sagrod (in)
 - D = diameter baja (in)
 - A = luas penampang (in^2)

3.1.3 Perencanaan Tieroed

Perencanaan tieroed ini menentukan diameter kabel yang akan dipakai, gaya yang bekerja :

$$T = P. \cos \alpha \dots\dots\dots (3.1.12)$$

$$T = 0,33. Fu. A_{tieroed} \dots\dots\dots (3.1.13)$$

Sehingga :

$$A_{tieroed} = \frac{T}{0,33.Fu} = \frac{1}{4} \pi . D^2_{tieroed} \dots\dots\dots (3.1.14)$$

$$D_{tieroed} = \sqrt{\frac{4.T}{0,33.Fu.\pi}} \dots\dots\dots (3.1.15)$$

$$D_{pakai} = D_{tieroed} + 3 \text{ mm} \dots\dots\dots (3.1.16)$$

- Dimana :
- T = tegangan yang bekerja (kips)
 - Fu = kuat tarik baja (ksi)
 - D = diameter baja (in)
 - A = luas penampang baja (in^2)

3.1.4 Perencanaan Batang Tarik

Perencanaan batang tarik merupakan salah satu masalah teknik yang paling sederhana dan bersifat langsung. Karena stabilitas bukan merupakan yang utama, perencanaan batang tarik pada hakekatnya menentukan luas penampang lintang batang yang cukup untuk menahan beban (yang diberikan) dengan faktor keamanan yang memadai terhadap keruntuhan.

Untuk batang yang berlubang akibat paku keeling atau baut atau untuk batang berulir, luas penampang lintang yang direduksi (yang disebut luas netto) digunakan dalam perhitungan. Lubang atau ulir pada batang menimbulkan konsentrasi tegangan yang tidak merata misalnya lubang pada pelat akan menaikkan distribusi tegangan pada beban kerja. Teori elastisitas menunjukkan bahwa tegangan tarik di dekat lubang akan sekitar 3 (tiga) kali tegangan tarik pada luas netto. Namun ketika setiap serat mencapai tegangan leleh tegangannya menjadi konstan (F_y), tetapi deformasi berlanjut terus bila beban meningkat hingga akhirnya semua serat mencapai atau melampaui regangan leleh. (Salmon dan Johnson, 1996).

Langkah-langkah menentukan batang tarik :

1. Menentukan angka kelangsingan ($\lambda = L/r$) maksimum

Angka kelangsingan ($\lambda = L/r$) maksimum yang dapat diterima untuk batang tarik

- Untuk elemen/batang utama ($\lambda = L/r$) ≤ 240
- Untuk elemen/batang sekunder/bracing..... ($\lambda = L/r$) ≤ 300

Sehingga untuk elemen /batang utama diperoleh :

$$r_{\min} = \frac{L}{240} \quad \dots\dots\dots (3.1.17)$$

2. Menentukan luas bruto (A_g), luas netto (A_n) dan luas efektif (A_e) :

$$A_{g\text{perlu}} = \frac{T}{0,60.F_y} \quad \dots\dots\dots (3.1.18)$$

$$A_{efperlu} = \frac{T}{0,5.F_u} \quad \dots\dots\dots (3.1.19)$$

$$A_{nperlu} = \frac{A_{efperlu}}{\mu} \quad \dots\dots\dots (3.1.20)$$

Dimana : L = panjang batang (in)

T = gaya tarik (kips)

r = jari-jari inersia terkecil profil (in)

a = faktor reduksi luas netto, nilai μ diambil sebesar 0,75

(tabel AISC 1. 14.2.2 dan 1. 14.2.3).

Dari nilai r_{min} pada persamaan (3.1.17) diperoleh dimensi profil dari tabel profil AISC dengan jari-jari inersia (r) profil yang mendekati.

3.Kontrol kelangsingan

$$\lambda_{ada} = \frac{k.L}{r_{ada}} \leq 240 \quad \dots\dots\dots (3.1.21)$$

$$A_{perlemahan\ baut} = (\text{Øbaut} + 3\text{ mm}) \cdot \text{tebal pelat profil} \dots\dots\dots (3.1.22)$$

$$A_{netto\ ada} = A_{gross} - A_{perlemahan\ baut} \dots\dots\dots (3.1.23)$$

Dimana : A_{netto} = luas bersih penampang (mm)

A_{gross} = luas kotor penampang (mm)

Diambil nilai yang terbesar antara $A_{netto\ perlu}$ pada pers. (3.1.20) dan $A_{netto\ ada}$ pada pers. (3.1.23) untuk mendapatkan $A_{efektif\ ada}$.

$$A_{efektif\ ada} = A_{netto} \cdot M \quad \dots\dots\dots (3.1.24)$$

4.Kotroi Tegangan Tarik yang Terjadi

$$f_a = \frac{T}{A_g} \leq 0,60.F_y \quad \dots\dots\dots (3.1.25)$$

$$f_a = \frac{T}{A_{ef}} \leq 0,50.F_y \quad \dots\dots\dots (3.1.26)$$

dimana : f_a = tegangan tarik yang terjadi (ksi)

3.1.5 Perencanaan Batang Desak

Batang desak merupakan elemen struktur suatu bangunan yang memikul gaya tekan aksial. Tetapi pada hakekatnya jarang sekali batang mengalami tekanan aksial saja kecuali pada struktur rangka atap baja. Namun bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga pengekanan rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu di ujung batang bersifat simetris dan pengaruh lentur sangat kecil dibandingkan tekanan langsung, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman. Keruntuhan batang desak dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Keruntuhan akibat tegangan leleh bahan terlampaui, yang terjadi pada batang tekan pendek.
2. Keruntuhan akibat tekuk, yang terjadi pada batang tekan langsung.

Langkah-langkah menentukan batang desak :

1. Menentukan profil

Dalam menentukan profil baja untuk batang desak, dapat dilakukan dengan proses yang sama dengan batang tarik.

2. Kontrol Terhadap Tekuk dan Kelangsingan.

Setelah profil baja didapat, dilakukan terlebih dahulu dengan mengontrol tekuk setempat (*local buckling*) :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{ksi}) \quad \dots\dots\dots (3.1.27)$$

Dan kontrol kelangsingan :

$$\frac{kL}{r} \leq C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{755}{\sqrt{F_y}} \quad (F_y \text{ dalam ksi}) \quad \dots\dots\dots (3.1.28)$$

$$\leq Cc = \frac{6400}{\sqrt{F_y}} \quad (F_y \text{ dalam Kg/cm}^2) \dots\dots (3.1.29)$$

$$\leq Cc = \frac{1987}{\sqrt{F_y}} \quad (F_y \text{ dalam Mpa}) \dots\dots (3.1.30)$$

Maka :

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{kl/r}{Cc} - \frac{1}{8} \left(\frac{kl/r}{Cc} \right)^3 \dots\dots\dots (3.1.31)$$

$$Fa = \frac{F_y}{FS} \left(1 - 0,5 \left(\frac{kl/r}{Cc} \right)^2 \right) \dots\dots\dots (3.1.32)$$

Tetapi jika : $\frac{kl}{r} > Cc$

$$Fa = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{(kl/r)^2} \dots\dots\dots (3.1.33)$$

Dimana : Fa = tegangan ijin pada luas bruto dalam kondisi beban kerja (ksi)

kl/r = angka kelangsingan elemen desak

FS = faktor keamanan

3. Kontrol Beban

Sehingga setelah nilai Fa didapat dengan ketentuan-ketentuan di atas, maka diadakan kontrol terhadap beban yang terjadi dengan beban ijin.

$$T = Fa \cdot A \leq T_{\text{terjadi}} \dots\dots\dots (3.1.34)$$

3.1.6 Perencanaan Sambungan

Menurut AISC-1.2 tentang perencanaan tegangan kerja (*working stress*) dan AISC-2.1 tentang perencanaan plastis, konstruksi baja dibedakan atas tiga (3) kategori sesuai dengan jenis sambungan yang dipakai, antara lain :

1. Sambungan portal kaku, yang memiliki kontinuitas penuh sehingga sudut pertemuan antara batang-batang tidak berubah, yaitu pengekangan (*restrain*)

rotasi sekitar 90 % atau lebih dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut.

2. Sambungan kerangka sederhana (*simple framing*), dimana pengekangan rotasinya di ujung-ujung batang dibuat sekecil mungkin. Suatu kerangka dapat dianggap sederhana jika sudut semula antara batang-batang yang berpotongan dapat berubah sampai 80% dari besarnya perubahan teoritis yang diperoleh dengan menggunakan sambungan sendi tanpa gesekan (*frictionless*).
3. Sambungan kerangka semi kaku, yang pengekangan rotasinya berkisar antara 20 dan 90 % dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut. Alternatifnya kita dapat menganggap momen yang disalurkan pada sambungan kerangka semi kaku tidak sama dengan nol (atau kecil sekali) seperti pada sambungan kerangka sederhana, dan juga tidak memberikan kontinuitas momen penuh seperti anggapan yang dipakai pada analisis portal kaku.

Langkah-langkah perencanaan sambungan baut :

1. Menghitung Kekuatan 1 Baut

$$P_{tumpu} = t_p \cdot D_{baut} \cdot 1,2 \cdot F_u \cdot n \quad \dots\dots\dots (3.1.35)$$

$$P_{geser} = A_{baut} \cdot F_v \cdot m = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{baut}^2 \cdot F_v \cdot m \quad \dots\dots\dots (3.1.36)$$

Dimana : F_u = Kekuatan tarik pelat (Ksi)

F_v = Tegangan geser ijin (Ksi)

n = jumlah bidang tumpu

m = jumlah bidang geser

t_p = tebal pelat sambung (in)

2. Menghitung Jumlah Baut

$$n = \frac{P_{yang\ terjadi}}{P_{1\ baut}} \quad \dots\dots\dots (3.1.37)$$

2.1 Perencanaan Pelat Lantai

Langkah-langkah perencanaan pelat lantai :

1. Menentukan tebal minimum pelat (h)

Menurut SK SNI T-15-1991-03, rumus pendekatan tebal pelat (h) :

$$h \geq \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{35 + 9\beta} \dots\dots\dots (3.2.1)$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$h \leq \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36} \dots\dots\dots (3.2.2)$$

Dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari :

- Untuk $\alpha_m < 2,0$ digunakan nilai h minimal 120 mm
- Untuk $\alpha_m \geq 2,0$ digunakan nilai h minimal 90 mm

Dimana : h = tebal pelat (mm)

Ln = panjang bentang bersih pelat (mm)

β = rasio panjang terhadap lebar bentang pelat

α_m = rasio kekakuan balok terhadap pelat

2. Menentukan momen lentur yang terjadi

Perencanaan dan analisis pelat dua arah untuk beban gravitasi dilakukan dengan menggunakan metode koefisien momen. Besar momen lentur dalam arah bentang panjang :

$$M_{tx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X_{tx} \dots\dots\dots (3.2.3)$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X_{lx} \dots\dots\dots (3.2.4)$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X_{ty} \dots\dots\dots (3.2.5)$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot L_{xy} \dots\dots\dots (3.2.6)$$

Dimana : q_u = beban merata

L_x = panjang bentang pendek

X_{tx} = koefisien momen tumpuan arah x

X_{lx} = koefisien momen lapangan arah x

X_{ty} = koefisien momen tumpuan arah y

X_{ly} = koefisien momen lapangan arah y

Nilai koefisien momen (X) diambil dari tabel 13.3.1 dan 13.3.2 PBBI 1971.

3. Menentukan Tinggi Manfaat (d) arah x dan y

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (3.2.7)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (3.2.8)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (3.2.9)$$

dimana : ρ_b = rasio tulangan terhadap luas beton efektif dlm keadaan seimbang

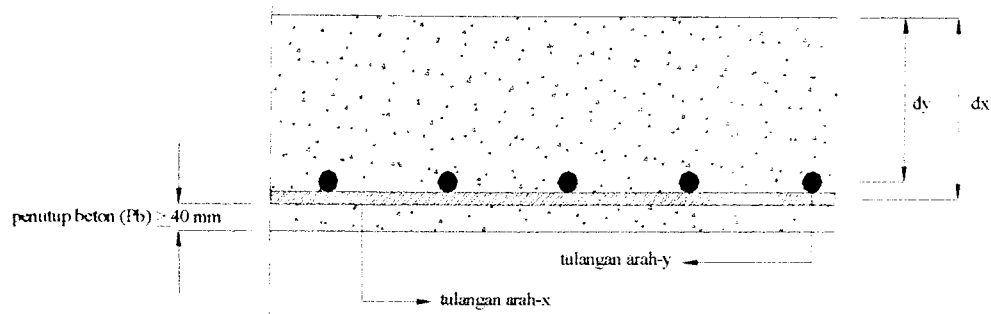
ρ_{maks} = rasio tulangan maksimum

ρ_{min} = rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan

Pada pelat dua arah, tulangan momen positif untuk kedua arah dipasang saling tegak lurus. Karena momen positif arah bentang pendek (x) lebih besar dari bentang panjang (y), maka tulangan bentang pendek diletakkan pada lapis bawah agar memberikan d (tinggi manfaat) yang besar.

$$d_x = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul,x} \dots\dots\dots (3.2.10)$$

$$d_y = h - P_b - \emptyset_{tul,x} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul,y} \dots\dots\dots (3.2.11)$$



Gambar 3.1 Tinggi Manfaat Beton

4. Menentukan Luas Tulangan (A_s) arah x dan y

$$Rn = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (3.2.12)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \dots\dots\dots (3.2.13)$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (3.2.14)$$

- Jika $\rho_{ada} > \rho_{maks}$ \longrightarrow tebal minimum (h) harus diperbesar
- Jika $\rho_{min} < \rho_{ada} < \rho_{maks}$ \longrightarrow dipakai nilai : $\rho_{pakai} = \rho_{ada}$
- Jika $\rho_{ada} < \rho_{maks}$, dan juga $< \rho_{min}$, maka :
 1. $1,33 \cdot \rho_{ada} > \rho_{min}$ \longrightarrow dipakai nilai : $\rho_{perlu} = \rho_{min}$
 2. $0,002 \leq 1,33 \cdot \rho_{ada} < \rho_{min}$ \longrightarrow dipakai nilai : $\rho_{perlu} = 1,33 \cdot \rho_{ada}$
 3. $1,33 \cdot \rho_{ada} < \rho_{min}$

Setelah didapatkan nilai ρ_{perlu} , maka :

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \geq 0,002 \cdot b \cdot h \dots\dots\dots (3.2.15)$$

Nilai lebar pelat (b), diambil tiap 1 meter.

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_1 \cdot b}{A_{s_{perlu}}} \dots\dots\dots (3.2.16)$$

$$s \leq 2h \dots\dots\dots (3.2.17)$$

$$s \leq 250 \text{ mm} \dots\dots\dots (3.2.18)$$

Diambil nilai jarak antar tulangan (s) yang terkecil, sehingga didapatkan nilai $A_{s_{ada}}$:

$$A_{s_{ada}} = \frac{A_1 \cdot b}{s} \dots\dots\dots (3.2.20)$$

5. Kontrol kapasitas lentur pelat yang terjadi

Tinggi blok tekan beton :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots (3.2.21)$$

Kapasitas lentur nominal pelat :

$$M_n = A_{s_{ada}} \cdot F_y \cdot (d - a/2) \geq \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots (3.2.22)$$

2.2 PERENCANAAN BALOK

Pada perencanaan ini digunakan metode kekuatan batas (ultimit) dimana beban kerja dikalikan suatu beban yang disebut beban terfaktor. Kekuatan pada saat runtuh disebut kuat batas dan beban yang bekerja saat runtuh disebut beban ultimit. Kuat rencana penampang didapat dari perkalian kuat nominal/teoritis dengan faktor kapasitas.

Langkah-langkah perencanaan balok adalah sebagai berikut :

1. Menentukan mutu beton dan baja tulangan

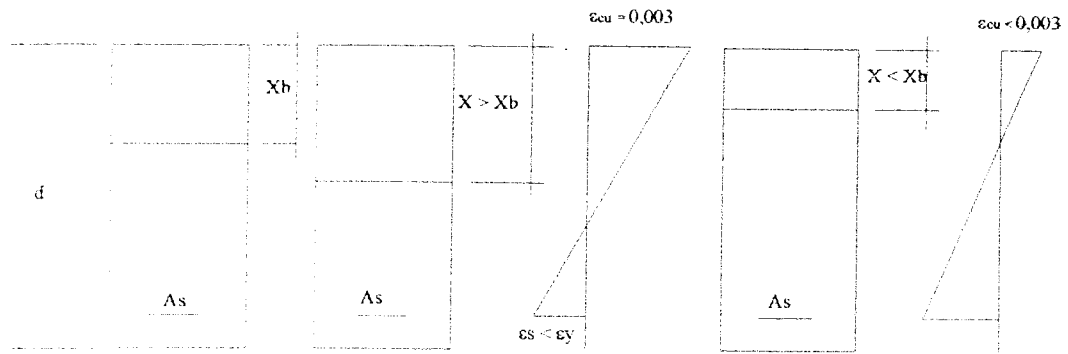
- Tegangan leleh baja (f_y) : dalam satuan Mpa
- Kuat desak rencana beton (f'_c) : dalam satuan Mpa

$$f'_c \leq 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'_c > 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f'_c - 30) \geq 0,65$$

2. Menentukan nilai rasio tulangan (ρ)

Dalam menentukan nilai ρ dalam keadaan regangan seimbang, yaitu pada saat regangan beton mencapai maksimum $\epsilon'_{cu} = 0,003$ bersamaan dengan regangan baja mencapai leleh $\epsilon_s = \epsilon_y = f_y/E_s$.



Gambar 3.3 Diagram Regangan Beton dalam Keadaan Seimbang

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \dots\dots\dots(3.3.10)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots(3.3.11)$$

dalam perencanaan dipakai nilai $\rho : \rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} \dots\dots\dots(3.3.12)$

3. Menentukan tinggi efektif (d) dan lebar (b) penampang beton.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} \dots\dots\dots(3.3.13)$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot (1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m) \dots\dots\dots(3.3.14)$$

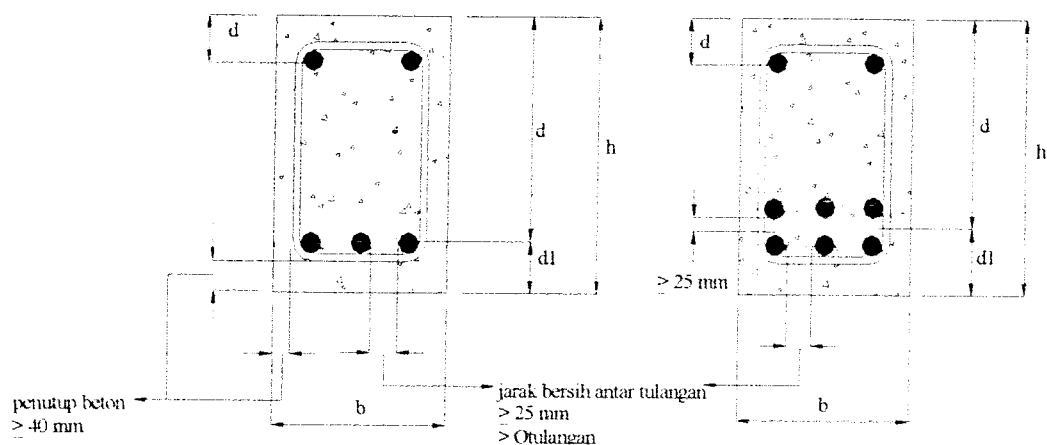
$$b \cdot d^2 = \frac{M_u \cdot \theta}{R_n}$$

karena nilai $\frac{M_u \cdot \theta}{R_n}$ diketahui, maka d_{perlu} dan b penampang beton dapat dicari dengan

cara coba-coba (*trial and error*). Untuk mendapatkan nilai d_{perlu} dan b penampang beton yang proporsional digunakan perbandingan $b/d_{perlu} = 1,2- 3,0$.

Pada beton tulangan sebelah digunakan nilai d_1 :

- $d_1 = 50 - 70$ mm \longrightarrow untuk tulangan tarik 1 lapis
- $d_1 = 71 - 100$ mm \longrightarrow untuk tulangan tarik 2 lapis



Gambar 3.4 Tulangan Tarik Satu Lapis dan Dua Lapis

dimana :

d = tinggi efektif penampang, diukur dari serat atas ke pusat tul. tarik
(mm)

d_c = tebal selimut beton, diukur dari serat bawah ke pusat tul. tarik
(mm)

M_u = momen lentur ultimit akibat beban luar (Nmm)

Φ = faktor reduksi kekuatan, diambil nilai 0,80 (lentur tanpa aksial)

h = tinggi total penampang beton (mm)

Setelah nilai d_{perlu} didapat, maka :

$$H = d_{ada} + d_c \quad \dots\dots\dots(3.3.15)$$

Nilai d_c seperti diatas, tergantung dari banyaknya tulangan tarik yang digunakan.

Jika nilai d_{ada} lebih besar ($>$) d_{perlu} , maka digunakan tulangan sebelah.

Jika nilai d_{ada} lebih kecil ($<$) d_{perlu} , maka digunakan tulangan rangkap.

3.3.1 Perencanaan Balok Penampang Persegi Menahan lentur Tulangan Sebelah

Balok lentur tulangan sebelah direncanakan, jika nilai d_{ada} lebih besar ($>$) d_{perlu} .

Langkah-langkah perencanaan sebagai berikut ini :

1. Menentukan ρ_{ada} dan Rn_{ada}

$$Rn_{ada} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d_{ada}^2} \dots\dots\dots(3.3.16)$$

$$\rho_{ada} = \frac{Rn_{ada}}{Rn} \cdot \rho \dots\dots\dots(3.3.17)$$

2. Menentukan Luas tulangan (As)

$$As = \rho_{ada} \cdot b \cdot d_{ada} \dots\dots\dots(3.3.18)$$

$$n = \frac{As}{A_1} \dots\dots\dots(3.3.19)$$

$$As_{ada} = n \cdot A_1 > As \dots\dots\dots(3.3.20)$$

Dimana:

As = Luas tulangan tarik longitudinal (mm²)

n = jumlah tulangan yang dipakai (buah)

As_{ada} = Luas tulangan tarik longitudinal yang ada (mm²)

A₁ = Luas tampang 1 buah tulangan (mm²)

ρ_{ada} = rasio tulangan berdasarkan perhitungan luas penampang beton

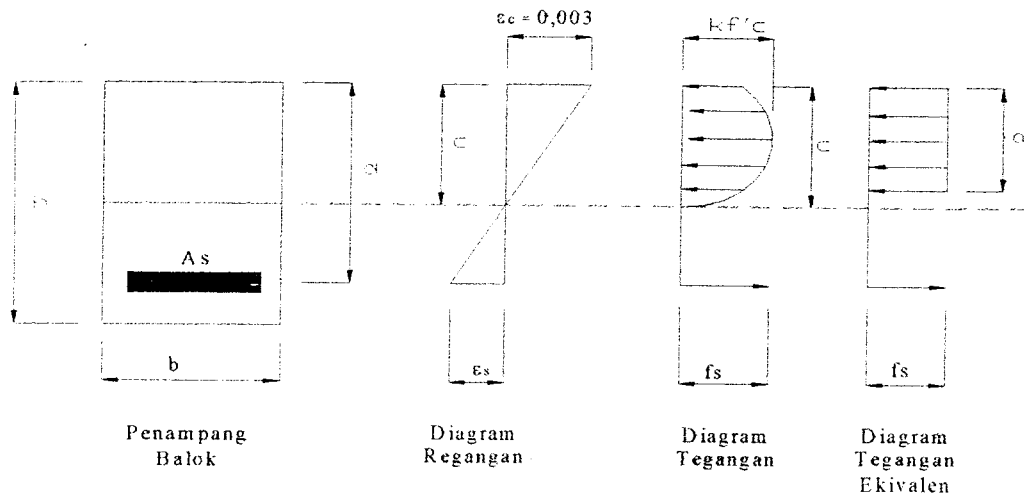
3. Kontrol kapasitas lentur yang terjadi

Tinggi blok tekan beton :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots(3.3.21)$$

Kapasitas lentur nominal pelat :

$$Mn = As \cdot f_y \cdot (d - a/2) > Mu/\phi \dots\dots\dots(3.3.22)$$



Gambar 3.5 Diagram Tegangan-Regangan Beton Tulangan Sebelah

3.3.2 Perencanaan Balok Penampang Persegi Menahan Lentur Tulangan Rangkap

Balok lentur tulangan rangkap direncanakan, jika nilai $d_{ada} < d_{perlu}$. Langkah--langkah perencanaan sebagai berikut :

1. Menentukan As_1 dan Mn_1

$$As_1 = \rho_1 \cdot b \cdot d_{ada} \dots\dots\dots (3.3.23)$$

$$a = \frac{As_1 \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3.3.24)$$

$$Mn_1 = As_1 \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) < \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (3.3.25)$$

2. Menentukan Mn_2

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$Mn_2 = \frac{Mu}{\phi} - Mn_1 \dots\dots\dots (3.3.26)$$

Dimana : Mn_1 = kuat momen pas. kopel gaya beton tekan dan tul. baja tarik (Nmm)

Mn_2 = kuat momen pas. kopel tul. baja tekan dan baja tarik tambahan (Nmm)

3. Menentukan $As' = As_2$ dan As

$$f_s' = 600 \cdot \left\{ 1 - \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot f_y \cdot d} \right\} \dots\dots\dots (3.3.27)$$

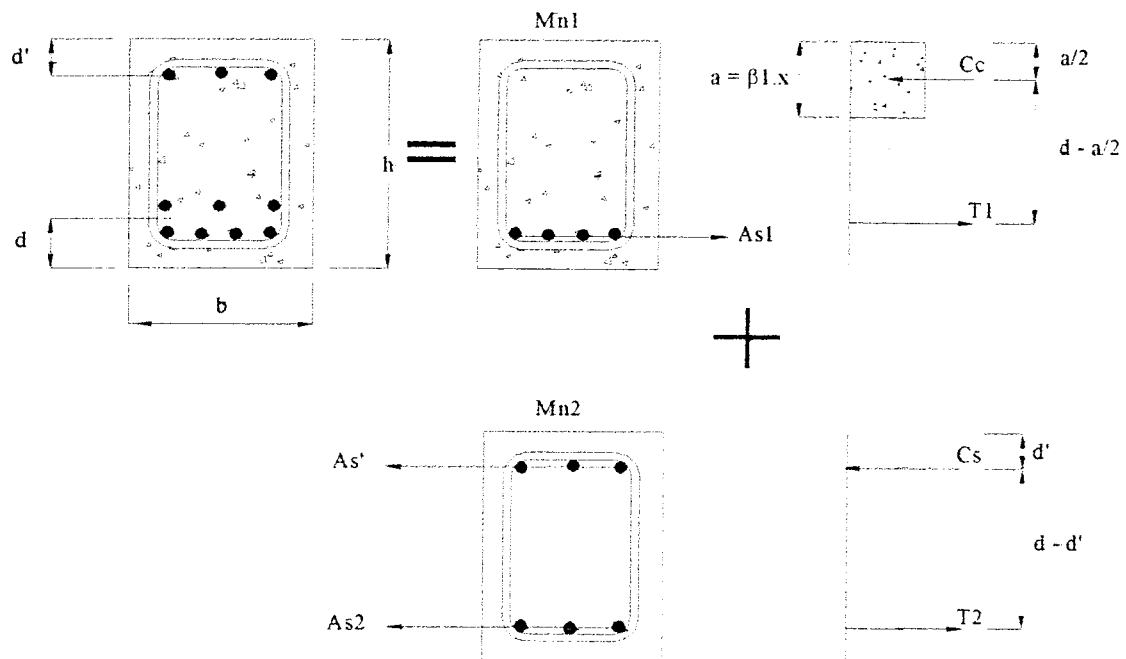
jika $f_s' \geq f_y$, maka baja desak sudah leleh, sehingga dipakai : $f_s' = f_y$

jika $f_s' < f_y$, maka baja desak belum leleh, sehingga dipakai : $f_s' = f_s'$

$$As' = \frac{Mn_2}{f_s' \cdot (d - d')} \dots\dots\dots (3.3.28)$$

$$n = \frac{As'}{A_1}$$

$$As = As_1 + As' , \quad As' = As_2 \dots\dots\dots (3.3.29)$$



Gambar 3.6 Distribusi Tulangan Rangkap Tarik

Dimana : ρ_1 = rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan

As_1 = luas penampang tulangan baja tarik (mm^2)

As_2 = luas penampang tulangan baja tarik tambahan (mm^2)

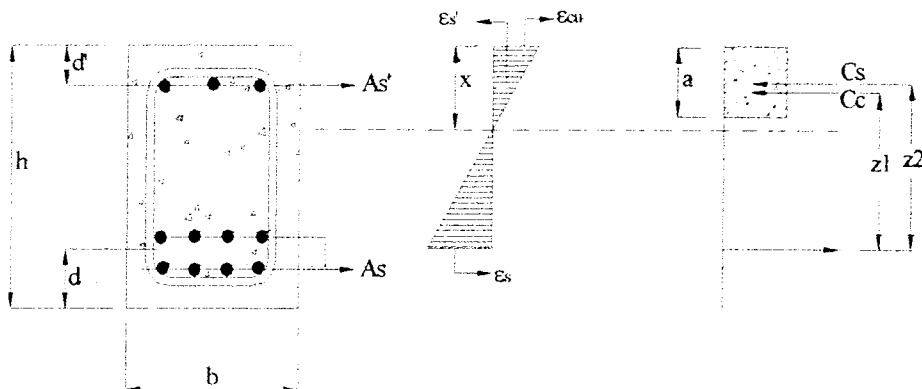
As = luas penampang tulangan baja tarik total (mm^2)

As' = luas penampang tulangan baja tekan (mm^2)

4. Kontrol Kapasitas Lentur yang Terjadi

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d_{ada}} \dots\dots\dots (3.3.30)$$

$$\rho' = \frac{As'}{b \cdot d_{ada}} \dots\dots\dots (3.3.31)$$



Gambar 3.7 Diagram Tegangan-Regangan Beton Tulangan Rangkap

- Baja desak belum leleh

$$(\rho - \rho') < \left[\frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{fy \cdot d} \right] \left(\frac{600}{600 - fy} \right) \dots\dots\dots (3.3.32)$$

—————> Baja desak belum leleh, sehingga : $fs' = fs'$

$$fs' = 600 \cdot \left\{ 1 - \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot fy \cdot d} \right\} < fy$$

$$a = \frac{As \cdot fy - As' \cdot fy'}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3.3.33)$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$= (As \cdot fy - As' \cdot fs') \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + (As' \cdot fs') \cdot (d - d') \dots\dots\dots (3.3.34)$$

- Baja desak telah leleh

$$(\rho - \rho') \geq \left\{ \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{fy \cdot d} \right\} \left[\frac{600}{600 - fy} \right] \dots\dots\dots (3.3.35)$$

—————→ baja desak telah leleh, selingga : $f_s = f_y$

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots (3.3.36)$$

$$M_n = Mn_1 + Mn_2$$

$$= (A_s - A_s') \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) + (A_s' \cdot f_y) \cdot (d - d')$$

..... (3.3.37)

dimana : d' = tebal selimut beton, diukur dari serat atas ke pusat tul. tekan (mm)

f_s' = tegangan tulangan baja tekan yang terjadi (Mpa)

3.3.3 Perencanaan Geser Balok

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser pada balok, sebagai berikut :

1. Menentukan tegangan geser beton (V_c)

Tegangan geser beton biasa dinyatakan dalam fungsi dari $\sqrt{f'c}$ dan kapasitas beton

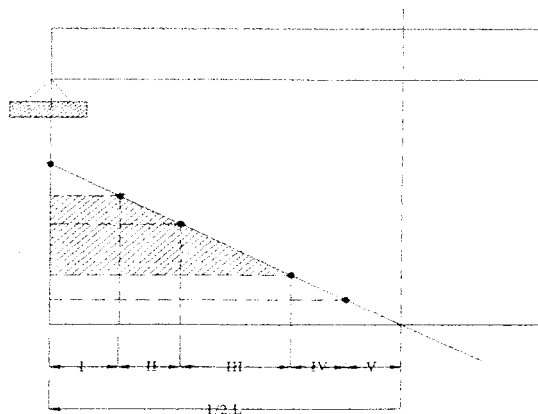
dalam menerima geser menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebesar :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (3.3.38)$$

Sedangkan kekuatan minimal tulangan geser vertikal menahan geser, dinyatakan

dalam :

$$V_{s_{min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (3.3.39)$$



Gambar 3.8 Diagram Gaya Geser Balok

2. Menentukan jarak sengkang

Berdasarkan kriteria jarak sengkang pada SK SNI T-15-1991-03, adalah sebagai berikut :

$$1. \text{ Bila } V_u \leq 0,5 \phi V_c \quad \dots\dots\dots (3.3.40)$$

Tidak perlu tulangan geser

$$2. \text{ Bila } 0,5V_c < \frac{V_u}{\phi} \leq V_c \quad \dots\dots\dots(3.3.41)$$

Perlu tulangan geser kecuali untuk struktur sebagai berikut : struktur pelat (lantai, atap, pondasi), balok $h \leq 25 \text{ cm}$, atau $h \leq 2,5h_f$

Tulangan geser dengan jarak :

$$s \leq \frac{3A_v.f_y.d}{b} \quad \dots\dots\dots(3.3.42)$$

$$\leq d/2 \quad \dots\dots\dots(3.3.43)$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

$$3. \text{ Bila } V_c < \frac{V_u}{\phi} \leq (V_c + V_{s_{\min}}) \quad \dots\dots\dots(3.3.44)$$

Maka perlu tulangan geser, dengan jarak sengkang:

$$s \leq \frac{A_v.f_y.d}{V_{s_{\min}}}$$

$$\leq d/2$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

$$4. \text{ Bila } (V_c + V_{s_{\min}}) < \frac{V_u}{\phi} \leq 3.V_c \quad \dots\dots\dots(3.3.45)$$

Maka perlu tulangan geser, dengan jarak sengkang:

$$s \leq \frac{A_v.f_y.d}{\left(\frac{V_u}{\phi} - V_c\right)} \quad \dots\dots\dots(3.3.46)$$

$$\leq d/2$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

5. Bila $3.V_c < V_u/\phi \leq 5.V_c$ (3.3.47)

$$s \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{\left(\frac{V_u}{\phi} - V_c \right)}$$

$$\leq d/2$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

3. Menentukan kekuatan tulangan geser vertikal (V_s)

Setelah jarak sengkang (s) diketahui, maka nilai V_s dapat dicari :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \dots\dots\dots(3.3.48)$$

4. Kontrol gaya geser

Bila gaya geser terfaktor : $V_u > \phi \cdot V_c$

Maka kelebihan gaya geser tersebut adalah $V_u - \phi \cdot V_c$, ditahan oleh tulangan geser :

$$V_s = V_u - \phi \cdot V_c \dots\dots\dots(3.3.49)$$

Dimana: V_s = kuat geser nominal tulangan geser (N)

$V_{s_{min}}$ = kuat geser nominal tulangan geser nominal (N)

V_c = tegangan ijin geser beton (Mpa)

V_u = gaya geser terfaktor akibat beban luar (N)

ϕ = faktor reduksi kekuatan, diambil nilai 0,60 (geser dan torsi)

A_v = luas penampang tulangan geser (mm)

3.3.4 Perencanaan Geser dan Torsi Balok

Langkah-langkah perencanaan geser dan torsi balok adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi jenis torsi

- Untuk struktur statis tertentu : torsi keseimbangan

Pengaruh torsi diperhitungkan apabila momen torsi terfaktor :

$$T_u \geq \phi \left(\frac{1}{20} \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2 \cdot y \right) \dots\dots\dots(3.3.50)$$

- Untuk struktur statis tak tentu : torsi kompatibilitas

Pengaruh torsi diperhitungkan apabila momen torsi terfaktor :

$$T_u \geq \phi \left(\frac{1}{9} \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2 \cdot y \right) \dots\dots\dots(3.3.51)$$

2. Menentukan kuat momen torsi nominal (T_n)

Kontrol kuat momen torsi yang terjadi : $T_u \geq \phi \cdot T_n$

$$T_n = T_c + T_s \dots\dots\dots(3.3.52)$$

- Bila puntir murni :

$$T_c = \left(\frac{1}{15} \sqrt{f'c} \right) \sum x^2 \cdot y \dots\dots\dots(3.3.53)$$

- Bila puntir murni + Geser :

$$T_c = \frac{\left(\frac{1}{15} \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2 \cdot y \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot V_u}{C_t \cdot T_u} \right)^2}} \dots\dots\dots(3.3.54)$$

$$C_t = \frac{b \cdot w \cdot d}{\sum x^2 \cdot y} \dots\dots\dots(3.3.55)$$

$$V_c = \left(\frac{\frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot w \cdot d}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \right) \dots\dots\dots(3.3.56)$$

- Bila puntir murni + Geser + Gaya Aksial :

$$T_c = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{f'c} \cdot \sum x^2 \cdot y\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4Vu}{Ct \cdot Tu}\right)^2}} \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{Nu}{Ag}\right) \dots\dots\dots(3.3.57)$$

$$V_c = \left(\frac{\frac{1}{6}\sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot \frac{Ct \cdot Tu}{Vu}\right)^2}}\right) \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{Nu}{Ag}\right) \dots\dots\dots(3.3.58)$$

Kontrol torsi yang terjadi :

1. Jika $\frac{T_u}{\phi} \leq T_c \longrightarrow$ torsi diabaikan

2. Jika $\frac{T_u}{\phi} > T_c \longrightarrow$ Perlu tulangan torsi

- Untuk torsi keseimbangan : $T_s = \frac{T_u}{\phi} - T_c \dots\dots(3.3.59)$

- Untuk torsi kompatibilitas :

$$T_s = 1/9 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \sum x^2 \cdot y \cdot \frac{1}{3} - T_c \dots\dots(3.3.60)$$

3. Jika $\frac{T_u}{\phi} > T_c \longrightarrow$ Tampang diperbesar

dimana : T_n = kekuatan nominal tampang torsi (Nmm)

T_u = kekuatan torsi terfaktor akibat beban geser (Nmm)

T_s = kekuatan baja nominal menahan torsi (Nmm)

T_c = kekutan beton nominal menahan torsi (Nmm)

N_u = gaya aksial terfaktor, (+) untuk tekan, (-) untuk tarik (N)

A_g = luas tampang beton (mm²)

3. Menghitung perbandingan luas tulangan torsi dan jarak sengkang

$$\frac{At}{s} = \frac{T_s}{at \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y} \dots\dots\dots (3.3.61)$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{3} \left(2 + \frac{y_1}{x_1} \right) \leq 1,5 \dots\dots\dots (3.3.62)$$

4. Menentukan tulangan geser + torsi

Bila $V_c < \frac{V_u}{\phi}$, maka diperlukan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots (3.3.63)$$

Perbandingan antara luas tulangan geser dan jarak :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} \dots\dots\dots (3.3.64)$$

Luas total sengkang (tulangan torsi + geser) :

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2 \cdot A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \geq \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \dots\dots\dots (3.3.65)$$

5. Menentukan tulangan torsi memanjang

$$A_{l_1} = 2 \cdot A_t \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \text{ atau ;} \dots\dots\dots (3.3.66)$$

$$A_{l_1} = \left[\frac{2,8 \cdot x \cdot s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 \cdot C_t}} \right) - 2 \cdot 2t \right] \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \dots\dots\dots (3.3.67)$$

Nilai A_{l_1} diambil yang terbesar, tetapi nilai A_{l_1} tidak boleh lebih dari :

$$A_{l_2} = \left[\frac{2,8 \cdot x \cdot s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 \cdot C_t}} \right) - \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \right] \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \dots\dots\dots (3.3.68)$$

dimana : A_v = luas sengkang menahan geser (mm^2)

A_{l_1} = luas sengkang menahan torsi (mm^2)

A_{l_1} = luas tulangan memanjang tambahan pada torsi (mm^2)

6. Kriteria tulangan geser dan torsi

- a. Jarak tulangan sengkang : $s \leq \frac{x_1 + y_1}{4} \leq 300 \text{ mm}$ (3.3.69)
- b. Tulangan memanjang disebar merata ke semua sisi dengan jarak tulangan memanjang $\leq 300 \text{ mm}$
- c. ϕ tulangan memanjang $\geq 12 \text{ mm}$
- d. f_y tulangan torsi $\leq 400 \text{ Mpa}$
- e. Tulangan torsi harus ada paling tidak sejauh $(b+d)$ dari titik ujung teoritis torsi yang diperlukan.

3.4 PERENCANAAN KOLOM

Sebagai bagian dari kerangka bangunan, kolom menempati posisi penting. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuhnya struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan/keruntuhan kolom tidak diwakili dengan suatu gejala, melainkan bersifat mendadak. Sehingga dalam perencanaan kolom harus diperhitungkan lebih cermat dengan memberi cadangan kekuatan lebih tinggi dari komponen struktur yang lain.

3.4.1 Perencanaan kolom pendek

Perencanaan kolom pendek diawali dengan penentuan dimensi kolom, secara lengkap perencanaan kolom pendek adalah sebagai berikut :

1. Menentukan properties penampang kolom
 - Tegangan leleh baja (f_y) : dalam satuan Mpa
 - Kuat desak beton rencana (f'_c) : dalam satuan Mpa
 - Panjang (h) dan (l) lebar (b) kolom disesuaikan dengan bentuk konfigurasi struktur gedung.

2. Menghitung kapasitas kolom pendek

Perencanaan kolom pada hakekatnya menentukan dimensi atau bentuk penampang dan baja tulangan yang diperlukan, termasuk jenis pengikat sengkang atau sengkang spiral. Karena rasio tulangan $0,01 \leq \rho_g \leq 0,08$, maka persamaan kuat desak aksial digunakan untuk perencanaan.

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (3.4.1)$$

- Untuk sengkang biasa

$$\phi P_{no} = 0,8 \cdot \phi P_o = 0,8 \cdot \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) \quad \dots\dots (3.4.2)$$

Karena $P_u \leq \phi P_n$, maka untuk kolom diperoleh $A_{g\text{perlu}}$:

$$A_{g\text{perlu}} = \frac{P_u}{0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (1 - \rho_g) + f_y \cdot \rho_g)} \quad \dots\dots (3.4.3)$$

- Untuk sengkang spiral

$$\phi P_{no} = 0,85 \cdot \phi P_o = 0,85 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) \quad \dots\dots (3.4.4)$$

Karena $P_u \leq \phi P_n$, maka untuk kolom diperoleh $A_{g\text{perlu}}$:

$$A_{g\text{perlu}} = \frac{P_u}{0,85 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (1 - \rho_g) + f_y \cdot \rho_g)} \quad \dots\dots (3.4.5)$$

Sehingga setelah nilai $A_{g\text{perlu}}$ diperoleh, panjang dan lebar kolom persegi atau diameter kolom bulat dapat ditentukan.

$$A_g = b \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad \dots\dots\dots (3.4.6)$$

$$A_{st} = n\% \cdot A_g = A_s + A_s' \quad \dots\dots\dots (3.4.7)$$

$$A_s' = A_s = \frac{A_{st}}{2} \quad \dots\dots\dots (3.4.8)$$

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \quad \dots\dots\dots (3.4.9)$$

$$P_{no} = 0,8 \cdot P_o \quad ; \text{ untuk sengkang biasa} \quad \dots\dots\dots (3.4.10)$$

$$P_{no} = 0,85 \cdot P_o \quad ; \text{ untuk sengkang spiral} \quad \dots\dots\dots (3.4.11)$$

Dimana : P_o = kuat desak aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)

P_u = gaya desak aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu (N)

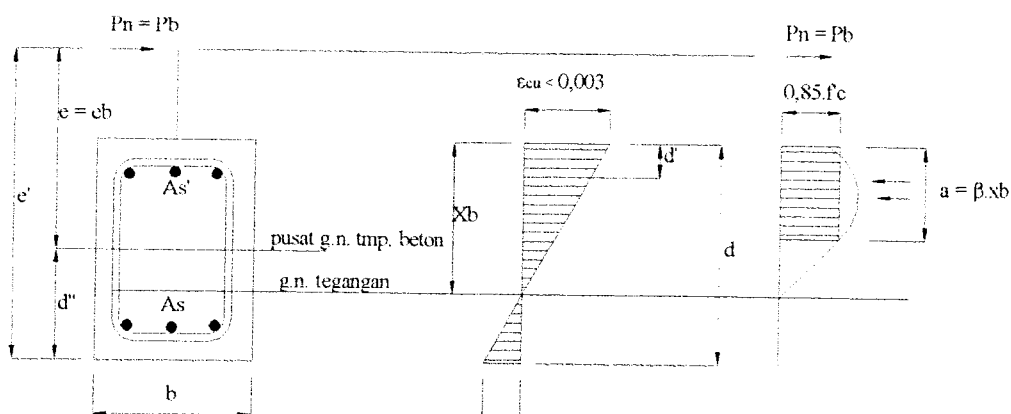
P_n = kuat desak aksial pada eksentrisitas tertentu (N)

A_{st} = luas tulangan total kolom (mm^2)

$A_{s'}$ = luas tulangan tekan pada kolom (mm^2)

A_s = luas tulangan tarik pada kolom (mm^2)

2. Kapasitas kolom dengan beban eksentris



Gambar 3.9 Diagram Tegangan-Regangan Kolom

$$f'_s = E_s \cdot \epsilon' = E_s \cdot \frac{0,003(\tilde{c} - d')}{c} \leq f_y \quad \dots\dots\dots (3.4.12)$$

$$f_s = E_s \cdot \epsilon_s = E_s \cdot \frac{0,003(d - \tilde{c})}{c} \leq f_y \quad \dots\dots\dots (3.4.13)$$

$$C_c = 0,85f'_c \cdot b \cdot a \quad \dots\dots\dots (3.4.14)$$

$$C_s = A'_s \cdot f'_s \quad \dots\dots\dots (3.4.15)$$

$$T_s = A_s \cdot f_s \quad \dots\dots\dots (3.4.16)$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 0,85f'_c \cdot b \cdot a + A'_s \cdot f'_s - A_s \cdot f_s \quad \dots\dots\dots (3.4.17)$$

$$M_n = C_c \cdot (y' - a/2) + C_s \cdot (y' - d') + T_s \cdot (d - y')$$

$$M_n = P_n \cdot e$$

$$= 0,85f'_c \cdot b \cdot a \left(y' - \frac{a}{2} \right) + A'_s \cdot f'_s (y' - d') + A_s \cdot f_s (d - y') \quad \dots\dots\dots (3.4.18)$$

$$e = \frac{M_n}{P_n}$$

Syarat kegagalan :

- a. Runtuh dalam keadaan seimbang, apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga balok yang tertekan.

Syarat : $c = c_b$; $P_n = P_{nb}$

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad \dots \dots \dots (3.4.19)$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b \quad \dots \dots \dots (3.4.20)$$

$$f'_s = 600 \cdot \frac{(c_b - d')}{c_b} \leq f_y; \text{ bila } f'_s > f_y, \text{ maka } f'_s = f_y \quad \dots \dots \dots (3.4.21)$$

$$\text{bila } f'_s < f_y, \text{ maka } f'_s = f'_s \quad \dots \dots \dots (3.4.22)$$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a_b + A'_s \cdot f'_s - A_s \cdot f_y \quad \dots \dots \dots (3.4.23)$$

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a_b \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A'_s \cdot f'_s \cdot \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right) \quad \dots \dots (3.4.24)$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \quad \dots \dots \dots (3.4.25)$$

- b. Runtuh dalam keadaan patah desak, apabila keruntuhan diawali dengan runtuhnya beton yang tertekan.

$M_n < M_{nb}$; $e < e_b$; $P_n > P_{nb}$; $c > c_b$

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \quad \dots \dots \dots (3.4.26)$$

$$M_n = P_n \cdot e \quad \dots \dots \dots (3.4.27)$$

- c. Runtuh dalam keadaan patah tarik, apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik.

$M_n < M_{nb}$; $e > e_b$; $P_n < P_{nb}$; $c < c_b$

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d \cdot \left[\left(\frac{h-2 \cdot e}{2 \cdot d} \right) + \sqrt{\left(\left(\frac{h-2 \cdot e}{2 \cdot d} \right)^2 + 2 \cdot \rho \cdot \left(\frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \right) \left(1 - \frac{d'}{d} \right) \right)} \right] \quad (3.4.28)$$

$$M_n = P_n \cdot e \quad \dots \dots \dots (3.4.29)$$

dimana : M_n = kapasitas lentur kolom (Nmm)

P_n = kuat desak aksial kolom (N)

e = eksentrisitas gaya pada kolom (mm)

f_s' = tegangan leleh baja tulangan yang terjadi (Mpa)

f_y = tegangan leleh baja (Mpa)

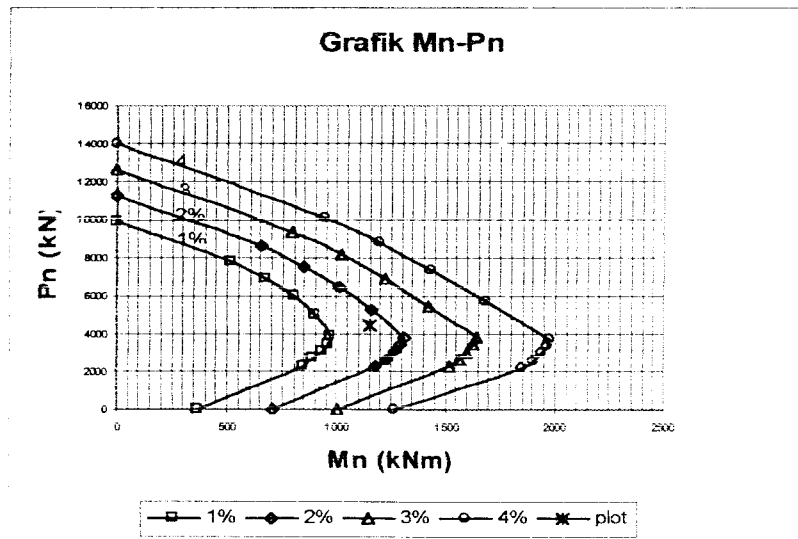
5. Pada saat $P_n = 0$; M_n dihitung dengan menghitung seperti balok bertulang sebelah

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad \dots \dots \dots (3.4.30)$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots \dots \dots (3.4.31)$$

6. Gambar Diagram Momen Nominal (M_n) dan Gaya Desak Aksial Nominal (P_n) ($A_{st}=1\% \cdot A_g, A_{st}=2\% \cdot A_g, A_{st}=3\% \cdot A_g, A_{st}=4\% \cdot A_g, A_{st}=5\% \cdot A_g$)

Gambar dibawah adalah Diagram Interaksi Kolom, dimana kuat desak aksial diungkapkan sebagai ϕP_n pada sumbu tegak dan kuat momen diungkapkan sebagai $\phi P_n \cdot e$ pada sumbu datar. Diagram hanya berlaku untuk kolom yang dianalisa saja, dan dapat memberikan gambaran tentang susunan pasangan kombinasi beban aksial dan kuat momen. Untuk titik-titik yang berada disebelah dalam diagram akan memberikan pasangan beban dan momen ijin, akan tetapi dengan menggunakannya perencanaan kolom menjadi berlebihan (*overdesign*). Dan titik-titik yang diluar diagram akan memberikan pasangan beban dan momen yang menghasilkan penulangan yang kurang (*underdesigned*).



Gambar 3.10 Diagram Momen Nominal-Kuat Desak Aksial Nominal (Mn-Pn)

3.4.2 Kolom Langsing

Suatu kolom digolongkan langsing apabila dimensi atau ukuran penampang lintangnya kecil dibandingkan dengan tinggi bebasnya (tinggi yang tidak ditopang).

Tahap-tahap perencanaan kolom langsing adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tingkat kelangsingan kolom

$$\text{Kelangsingan} = \frac{k \cdot l_u}{r} \longrightarrow r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \dots \dots \dots (3.4.33)$$

$$= 0,3 \cdot h \text{ (untuk kolom tampang persegi)}$$

$$= 0,25 \cdot d \text{ (untuk kolom tampang bulat)}$$

dimana : k = faktor panjang efektif

l_u = panjang bersih kolom (m)

r = radius girasi (mm)

I = inersia tampang (mm^2)

A = luas tampang (mm^2)

Nilai k ditentukan dengan memperhatikan kondisi kolom :

- **Untuk kolom lepas**

Kedua ujung sendi, tidak bergerak lateral $k = 1,0$

Kedua ujung sendi $k = 0,5$

Satu ujung jepit, ujung yang lain bebas $k = 2,0$

Kedua ujung jepit, ada gerak lateral $k = 1,0$

- **Untuk kolom yang merupakan bagian portal**

Sebagai langkah awal adalah menentukan nilai kekakuan relatif (ψ).

$$\psi = \frac{\sum (EI/l)_{kolom}}{\sum (EI/l)_{balok}} \dots\dots\dots (3.4.33)$$

Kemudian nilai ψ diplotkan ke dalam grafik nomogram atau grafik alignment, sehingga didapat nilai k .

Batasan-batasan kolom disebut langsing adalah :

$$\frac{k.l}{r} > 34-12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}, \text{ untuk rangka dengan pengaku lateral (tak bergoyang)}$$

$$> 22, \text{ untuk rangka/portal bergoyang}$$

dimana : M_{1b} dan M_{2b} adalah momen-momen ujung terfaktor pada kolom yang posisinya berlawanan ($M_{1b} \leq M_{2b}$)

2. Momen rencana

$$M_{rencana} = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s} \dots\dots\dots (3.4.34)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (3.4.35)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4 \dots\dots\dots (3.4.36)$$

Untuk kondisi lain (tanpa pengaku), dan portal bergoyang $C_m = 1,0$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \cdot \sum P_c}} \dots \dots \dots (3.4.37)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(kl)^2} \quad (\text{rumus Euler}) \dots \dots \dots (3.4.38)$$

Dalam peraturan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 ayat 5.2, memberikan ketentuan untuk memperhitungkan EI :

$$EI = \frac{\frac{1}{5}(E_c \cdot I_g) + E_s \cdot I_{se}}{1 + \beta_d} \dots \dots \dots (3.4.39)$$

Bila $A_{sst} \leq 3 \% A_g$, maka :

$$EI = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 \cdot (1 + \beta_d)} \dots \dots \dots (3.4.40)$$

Dimana :

δ_b = pembesaran momen dengan pengaku pada pembebanan tetap

δ_s = pembesaran momen tanpa pengaku pada pembebanan sementara

M_{2b} = Momen terfaktor terbesar pada ujung komponen tekan akibat pembebanan tetap

M_{2s} = momen terfaktor terbesar di sepanjang komponen struktur tekan akibat pembebanan sementara

P_u = beban aksial kolom akibat gaya luar

$\Phi = 0,65$ = faktor reduksi

P_c = beban tekuk

E_c = modulus elastis beton

E_s = modulus elastis baja tulangan

I_g = momen inersia beton kotor (penulangan diabaikan)

I_{se} = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur

$$\beta_t = \frac{\text{momen. akibat. beban. mati} / \text{rencana}}{\text{momen. akibat. beban. total}} \dots\dots\dots (3.4.41)$$

3. Mencari Mn dan Pn

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} \dots\dots\dots (3.4.42)$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots (3.4.43)$$

Dari nilai tersebut dimasukkan ke dalam diagram tegangan regangan kolom untuk mendapatkan luas tulangan rencana.

3.5 Pembebanan Portal

3.5.1 Beban mati

Beban mati yang bekerja pada balok lantai terdiri dari :

- Berat balok sendiri

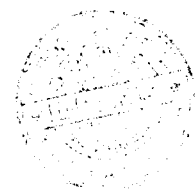
Pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG) menentukan hal-hal sebagai berikut :

(1) Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung harus diambil menurut tabel 2.1 PPIUG 1983 (pasal 2.1 ayat 1 PPIUG 1983).

(2) Faktor reduksi beban mati diambil 0,9 sesuai dengan PPIUG 1983 pasal 2.2.

- Komponen-komponen gedung lainnya

Beban mati komponen gedung di luar berat sendiri ditentukan dalam PPIUG 1983 tabel 2.13. Beban yang bekerja pada lantai dapat didistribusikan dengan metode amplop sebagai beban balok.



3.5.2 Beban Hidup

Dalam perencanaan ini beban hidup yang bekerja pada portal hanya terdapat pada lantai gedung. Hal ini disebabkan karena perencanaan atap menggunakan rangka baja. Pada PPIUG 1983 pasal 3.1 memuat ketentuan-ketentuan tentang beban hidup pada lantai.

- Beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut tabel 3.1. Dalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m^2 . Gedung digunakan sebagai ruang kuliah dan kantor dengan beban hidup sebesar 250 kg/m^2 .
- Lantai-lantai gedung yang diharapkan akan dipakai untuk berbagai tujuan, harus direncanakan terhadap beban hidup terberat yang mungkin terjadi.
- Faktor reduksi untuk beban hidup ditentukan oleh PPIUG 1983 Tabel 3.3

3.5.3 Distribusi beban hidup dan mati pada lantai

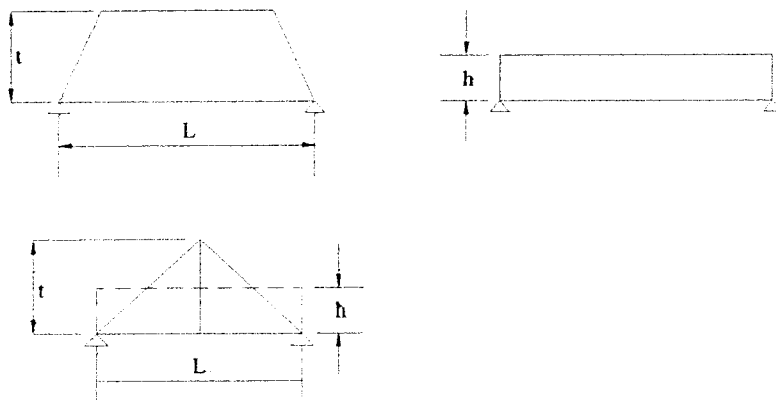
Pendistribusian beban yang ditransferkan ke balok menggunakan metode amplop sesuai dengan denah bangunan. Untuk memudahkan perhitungan maka beban segitiga dan trapesium pada metode amplop tersebut disederhanakan menjadi beban merata linier dengan rumus :

- Untuk beban trapesium amplop, menjadi :

$$h = t - \frac{4}{3} \cdot \frac{t^3}{L^2} \quad \dots\dots\dots(3.5.1)$$

- Untuk beban segitiga amplop, menjadi :

$$h = \frac{2}{3} \cdot t \quad \dots\dots\dots(3.5.2)$$



Gambar 3.11 Beban Distribusi Beban dari Pelat ke Balok

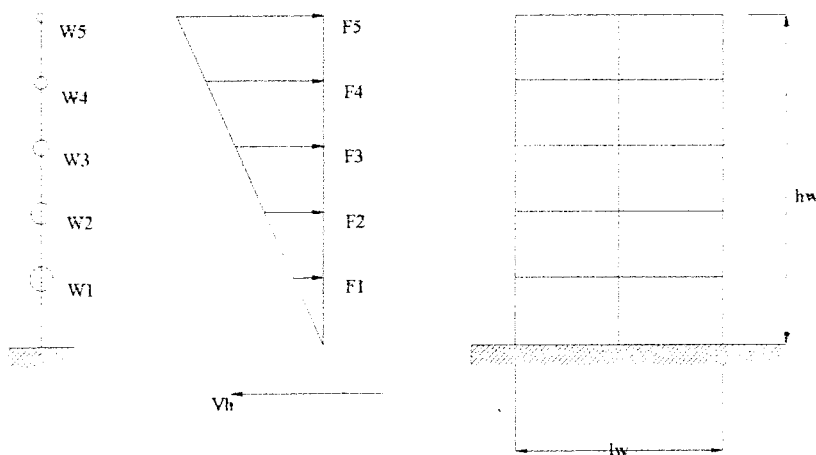
3.5.4 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Besarnya gaya geser dasar horisontal akibat beban gempa menurut Pedoman Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, dinyatakan dalam :

$$V = C.K.Wt \cdot \tau \dots\dots\dots (3.5.3)$$

Gaya geser yang harus dibagi pada masing-masing lantai dapat dihitung dengan rumus :

$$F_i = \frac{W_i.H_i}{\sum W_i.H_i} V \dots\dots\dots (3.5.4)$$



Gambar 3.12 Distribusi Gaya Geser Gempa

Dimana : V = gaya geser dasar horisontal total akibat gempa (ton)

C = koefisien gempa dasar

- I = faktor kutamaan struktur
 K = faktor jenis sturuktur
 Wt = berat total bangunan (ton)
 H = tinggi bangunan (m)
 Fi = gaya geser tiap tingkat (ton)

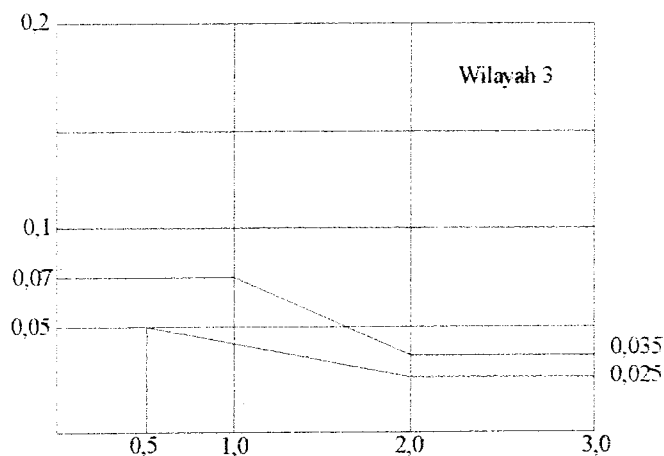
3.5.4.1 Waktu getar alami struktur (T)

Koefisien gempa dasar ditentukan degan wilayah gempa dimana bangunan berada, dengan memakai waktu getar alami struktur (T). Dalam SNI 1726-86, T untuk struktur portal beton ditentukan dengan rumus :

$$T = 0,006 \cdot H^{3/4}$$

3.5.4.2 Koefisien gempa dasar (C)

koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu menahan beban gempa yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur. Koefisien gempa dasar (C) ini pada tiap-tiap wilayah gempa di Indonesia dibedakan pada dua kondisi tanah, yaitu tanah keras dan tanah lunak. Selain keadaan tanah, penentuan nilai koefisien gempa dasar (C), tergantung juga dari waktu getar alami struktur. Dalam perencanaan ulang ini bangunan berada pada wilayah tiga (3) daerah Yogyakarta, pada kondisi tanah keras.



Gambar 3.13 Respon Spektrum Wilayah Tiga (3) Indonesia

3.5.4.2 Faktor keutamaan gedung (I)

Tingkat kepentingan struktur terhadap bahaya gempa berbeda-beda tergantung fungsinya. Semakin penting penggunaan suatu gedung semakin besar harga I sehingga gedung yang mempunyai fungsi yang penting bila dilanda gempa besar atau sedang akan menghadapi bahaya kerusakan yang kecil. Dalam perencanaan ulang ini digunakan nilai $I = 1$.

3.5.4.3 Faktor jenis bangunan (K)

Faktor jenis bangunan (K) adalah faktor tipe struktur. Semakin kecil nilai faktor jenis bangunan (K) semakin rendah kekuatan batas yang diperlukan, dan semakin besar kemampuan gedung tersebut berperilaku daktail dalam kondisi inelastik. Dalam perencanaan ulang ini bangunan direncanakan dengan daktilitas tingkat III (penuh), dengan nilai $K=1$.

3.5.4.4 Berat total bangunan (Wt)

Berat total bangunan merupakan berat total dari massa struktur bangunan yang direncanakan ditambah beban hidup yang bekerja.

3.6 PERENCANAAN BALOK DAN KOLOM PORTAL

Dalam menganalisa suatu portal, tahap pertama yang dilakukan adalah perencanaan beban-beban yang bekerja, yaitu : beban mati, beban hidup.

3.6.1 Perencanaan Balok Portal terhadap Beban Lentur

Kuat lentur perlu balok portal ($M_{u,b}$) harus dinyatakan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa sebagai berikut ini :

$$M_{u,b} = 1,2.M_{d,b} + 1,6.M_{L,b} \dots\dots\dots(3.6.1)$$

$$M_{u,b} = 1,05.(M_{D,b} + M_{L,bR} + M_{E,b}) \dots\dots\dots(3.6.2)$$

$$M_{u,b} = 0,9.M_{D,b} + M_{E,b} \dots\dots\dots(3.6.3)$$

Dimana :

$M_{D,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati tak terfaktor

$M_{L,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup tak terfaktor

$M_{E,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban gempa tak terfaktor

Dalam perencanaan kapasitas balok portal, momen tumpuan negatif akibat kombinasi beban gravitasi dan beban gempa balok boleh didistribusikan dengan menambah atau mengurangi dengan persentase yang tidak melebihi :

$$Q = 30 \cdot \left\{ 1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right\} \% \quad \dots\dots\dots(3.6.4)$$

Dengan syarat apabila tulangan lentur balok portal telah direncanakan ($\rho - \rho'$) tidak boleh melebihi $0,5\rho_b$. Momen lapangan dan tumpuan pada bidang muka kolom yang diperoleh dari hasil redistribusi selanjutnya digunakan untuk menghitung penulangan lentur yang diperlukan. Untuk portal dengan daktilitas penuh perlu dihitung kapasitas lentur sendi plastis balok yang besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$M_{kap,b} = \phi_0 \cdot M_{nak,b} \quad \dots\dots\dots(3.6.5)$$

Dimana :

$M_{kap,b}$ = kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok kolom dengan memperhitungkan luas tulangan yang sebenarnya terpasang.

$M_{nak,b}$ = kapasitas lentur nominal balok dari luas tul. yang sebenarnya terpasang.

ϕ_0 = faktor penambahan kekuatan yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk $f_y < 400$ Mpa dan 1,40 untuk $f_y > 400$ Mpa.

3.6.2 Perencanaan Balok Portal 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 portal tersebut, dengan tanda yang berlawanan menurut persamaan berikut :

$$V_{u,b} = 0,7 \cdot \left(\frac{M_{kap} + M'_{kap}}{l_n} \right) + 1,05 \cdot V_g \quad \dots\dots(3.6.6)$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1,07 \cdot \left(V_{B,b} + V_{L,b} + \frac{4}{K} \cdot V_{E,b} \right) \quad \dots\dots(3.6.7)$$

Dimana :

M_{kap} = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yng sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka loncat

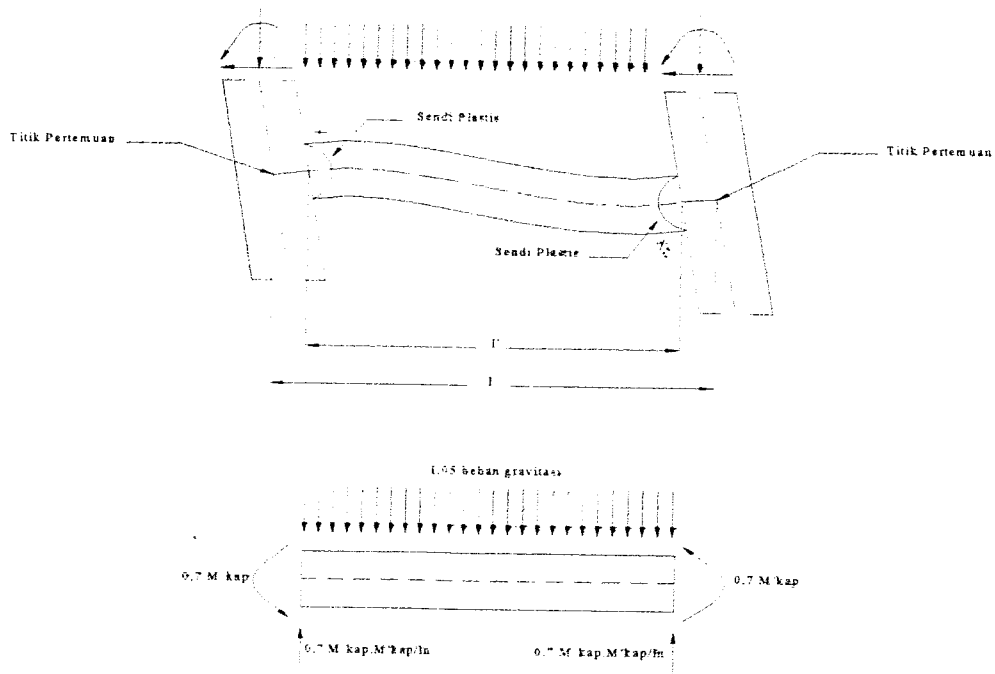
M'_{kap} = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yng sebenarnya terpasang pada ujung balok atau bidang muka loncat yang lain.

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

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

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

l_n = bentang bersih balok.



Gambar 3.14 Balok Portal dengan Sendi Plastis pada Kedua Ujungnya

3.6.3 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur dan Aksial

Kuat lentur kolom portal dengan daktilitas penuh yang ditentukan pada bidang muka balok $M_{u,k}$ harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut, yaitu :

$$\sum M_{u,k} = 0,7 \cdot \omega_d \cdot \sum M_{kap,b} \quad \dots\dots\dots (3.6.8)$$

$$\text{atau } M_{u,k} = 0,7 \cdot \omega_d \cdot \alpha_k \cdot (M_{kap,ki} + M_{kap,ka}) \quad \dots\dots\dots (3.6.9)$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih dari :

$$M_{u,b} = 1,05 \cdot \left(M_{D,k} + M_{L,k} + \frac{4}{K} \cdot M_{E,k} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.10)$$

$$\text{Sehingga : } \sum M_{kap,ki} = M_{kap,ki} + M_{kap,ka} \quad \dots\dots\dots (3.6.11)$$

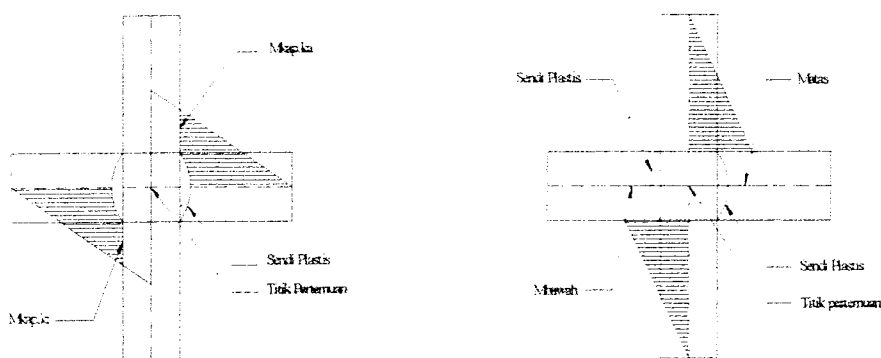
Dimana :

ω_d = faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan, diambil nilai $\omega_d = 1,3$, kecuali untuk kolom yang didesain terjadi sendi plastis .

α_k = faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan bawah.

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

$M_{kap,ka}$ = momen kapasitaas balok di sebelah kanan bidang muka kolom



Gambar 3.15 Pertemuan Balok Kolom dengan Sendi Plastis di Kedua Ujungnya

Sedangkan beban aksial rencana $N_{u,k}$ yang bekerja pada kolom portal dengan daktilitas penuh, dihitung dengan :

$$N_{u,k} = \frac{0,7.R_n \cdot \sum M_{kap,b}}{I_b} + 1,05.N_{g,k} \quad \dots\dots\dots (3.6.12)$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih dari :

$$N_{u,k} = 1,05 \cdot \left(N_{g,k} + \frac{4}{k} \cdot N_{E,k} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.13)$$

Dengan nilai R_n = faktor reduksi yang ditentukan sebesar :

$$\begin{aligned} 1,0 & \quad \text{untuk } 1 < n < 4 \\ 1,1 - 0,025n & \quad \text{untuk } 4 < n < 20 \\ 0,6 & \quad \text{untuk } n > 20 \end{aligned}$$

dimana : n = jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau

I_b = bentang balok dari as ke as kolom (m)

$N_{g,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gravitasi (KN)

$N_{E,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gempa (KN)

3.6.4 Perencanaan Kolom Portal terhadap Beban Geser

Kuat geser kolom portal dengan daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut, harus dihitung dengan cermat sebagai berikut ini :

Untuk kolom lantai atas dan lantai dasar

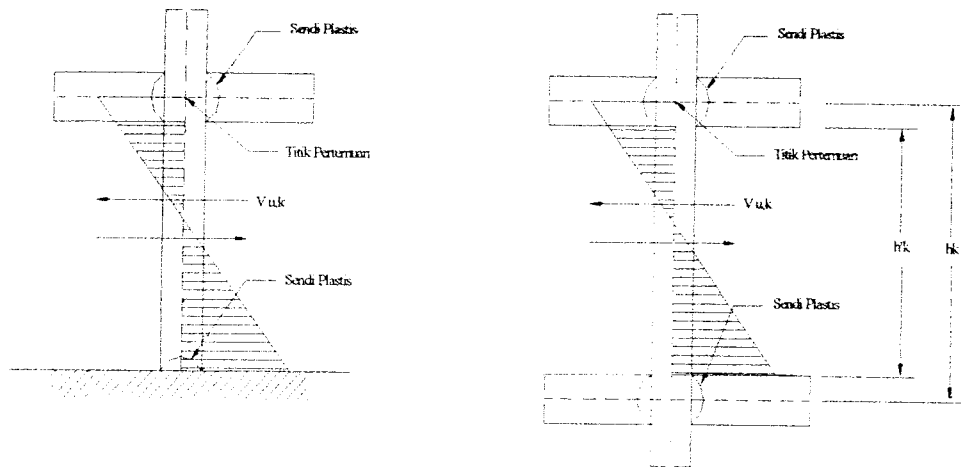
$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{u,kbawah}}{h'_k} \quad \dots\dots\dots (3.6.14)$$

dan dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \cdot (V_{D,k} + V_{L,k} + 4/K + V_{E,k}) \quad \dots\dots\dots (3.6.15)$$

Kapasitas lentur sendi plastis kolom dapat dihitung :

$$M_{kap,k \text{ bawah}} = 0. M_{nak, k \text{ bawah}} \quad \dots\dots\dots (3.6.16)$$



Gambar 3.16 Kolom dengan $M_{u,k}$ berdasarkan Kapasitas Sendi Plastis Balok

Dimana :

$M_{u,k \text{ atas}}$ = momen rencana kolom ujung atas dihitung pada muka balok (KNm)

$M_{u,k \text{ bawah}}$ = momen rencana kolom ujung bawah dihitung pada muka balok (KNm)

h_k = tinggi bersih kolom (m)

$V_{D,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati (KN)

$V_{L,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup (KN)

$V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa (KN)

$M_{kap, k \text{ bawah}}$ = kapasitas lentur ujung dasar kolom lantai dasar (KN)

$M_{nak, k \text{ bawah}}$ = kuat lentur nominal actual ujung dasar kolom lantai dasar (KN)

3.6.4 Perencanaan Panel Petemuan Balok Kolom

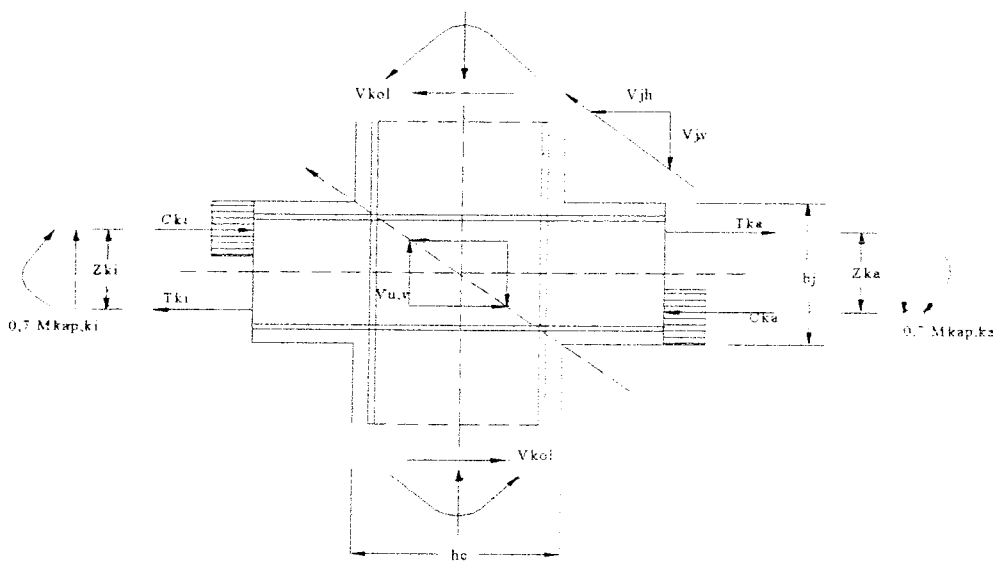
Gaya-gaya yang terjadi pada join rangka harus membentuk keseimbangan sebagai berikut :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \dots\dots\dots (3.6.17)$$

$$C_k = T_{ki} = 0,7 \cdot \left(\frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \right) \dots\dots\dots (3.6.18)$$

$$T_k = C_{ka} = 0,7 \cdot \left(\frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \right) \dots\dots\dots (3.6.19)$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \cdot \left(\frac{I_{ki}}{I'_{ka}} M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I'_{ka}} M_{kap,ka} \right)}{1/2(h_{ka} + h_{kb})} \dots\dots\dots(3.6.20)$$



Gambar 3.17 Panel Pertemuan Balok dan Kolom Portal

Tegangan geser horisontal nominal dalam join adalah :

$$V_{jh \text{ aktual}} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} < 1,5 \sqrt{f'c} \quad (\text{MPa}) \dots\dots\dots (3.6.21)$$

Dimana : b_j = lebar efektif join (mm)

h_c = tinggi total penampang kolom dalam arah geser ditinjau (mm)

Gaya geser horisontal v_{jh} ini ditahan oleh 2 mekanisme kuat geser inti :

- Strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung join yang memikul gaya geser V_{ch}
- Mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat beton diagonal daerah tarik join yang memikul gaya geser V_{sh}

Sehingga: $V_{sh} + V_{ch} = V_{jh} \dots\dots\dots (3.6.22)$

Besarnya V_{ch} yang dipikul oleh strat beton harus sama dengan nol, kecuali :

- 1) Tegangan tekan minimal rata-rata minimal pada penampang bruto kolom di atas join, termasuk tegangan prategang (apabila ada), melebihi nilai $0,1f'c$ maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right)} - 0,1 \cdot f'c \cdot b_j \cdot h_j \quad \dots\dots\dots (3.6.23)$$

- 2) Balok diberi gaya prategang yang melewati join, maka:

$$V_{ch} = 0,7 \cdot P_{cs} \quad \dots\dots\dots (3.6.24)$$

Dengan P_{cs} adalah gaya permanen gaya prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom.

- 3) Seluruh balok pada join dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f'c} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.25)$$

Dimana rasio A_s'/A_s tidak boleh lebih besar dari satu (1).

Bila tegangan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom di atas join kurang dari $0,1 \cdot f'c$ ($p_c < 0,1 \cdot f'c$) maka :

$$V_{sh} = V_{jh} - \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right)} - 0,1 \cdot f'c \cdot b_j \cdot h_j \quad \dots\dots\dots (3.6.26)$$

Pada join rangka dengan melakukan relokasi sendi plastis :

$$V_{sh} = V_{jh} - 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f'c} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.27)$$

Luas total efektif tulangan geser horisontal yang melewati bidang kritis diagonal dengan yang diletakkan di daerah tekan join efektif (b_j) tidak boleh kurang dari :

$$A_{jh} = \frac{V_{jg}}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3.6.28)$$

Geser join vertikal (V_{jv}) dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{jv} = V_{jh} \cdot \frac{h_c}{b_j} \quad \dots\dots\dots (3.6.29)$$

Tulangan join geser vertikal didapat dari : $V_{sv} = V_{jv} - V_{cv}$

$$\text{Menjadi : } V_{cv} = A_{sc}' \cdot \frac{V_{sh}}{V_{sc}} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f'c} \right) \quad \dots\dots\dots (3.6.30)$$

Dimana : A_{sc}' = luas tulangan longitudinal tekan (mm^2)

A_{sc} = luas tulangan longitudinal tarik (mm^2)

Sehingga luas tulangan join vertikal :

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} \quad \dots\dots\dots (3.6.31)$$

3.7 PONDASI

Pada Gedung Kampus 3 Universitas Janabadra ini, perencanaan ulang pondasi ini menggunakan pondasi dangkal, yaitu pondasi telapak. Perencanaan pondasi meliputi perencanaan dimensi luas penampang tapak dan juga penulangannya.

3.7.1 Perencanaan Dimensi Penampang Pondasi

Langkah-langkah perencanaan pondasi sebagai berikut :

1. Menentukan data mutu beton, baja tulangan, ukuran kolom, data tanah.
 - Tegangan leleh baja (f_y) : dalam satuan Mpa
 - Kuat desak rencana beton ($f'c$) : dalam satuan Mpa
 - Data-data tanah berupa nilai sudut geser dalam (ϕ), kohesi c , dan berat volume tanah (γ').
 - Pada proses perancangan pondasi ini digunakan pola keruntuhan geser umum (*General Shear Failure*) dengan asumsi bentuk bujur sangkar.
2. Menentukan dimensi luas tapak pondasi (A)

Dalam perencanaan yang digunakan sebagai acuan untuk memperoleh dimensi pondasi adalah daya dukung tanah ijin (q_{all}), yang besarnya :

$$q_{all} = \frac{q_{ult\ netto}}{SF} \dots\dots\dots(3.7.1)$$

dimana : $SF = Safety\ Factor$ (faktor keamanan), diambil nilai : 1,5 – 3

Dalam hal ini nilai yang digunakan untuk q_{all} diambil dari besarnya tahanan konus (q_c) dari data sondir tanah.

1. Untuk beban aksial sentris ($e=0$)

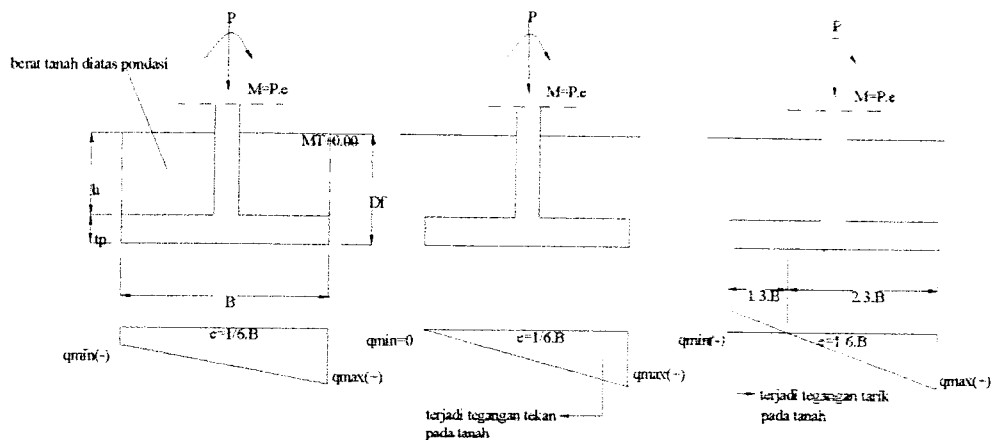
Jika resultan beban berhimpit dengan pusat berat luas pondasi, maka nilai eksentrisitas sama dengan nol dan tekanan pada dasar pondasi dapat dianggap disebar merata ke seluruh luasan pondasi.

Sehingga besar penampang tapak :

$$A_{perlu} = \frac{P}{q_{all}} \dots\dots\dots(3.7.2)$$

2. Untuk beban aksial dan momen eksentris ($e \neq 0$)

Jika resultan beban-beban eksentris dan terdapat momen yang harus didukung pondasi, momen-momen tersebut dapat digantikan dengan beban vertikal yang titik rangkap gayanya pada jarak e dari pusat berat pondasi.



Gambar 3.18 Diagram Tegangan Pondasi

$$q_{\text{all max}} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6.e}{b} \right) \dots\dots\dots(3.7.3)$$

$$q_{\text{all min}} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6.e}{b} \right) \dots\dots\dots(3.7.4)$$

- Pada kondisi dimana : $e < 1/6.b$ \longrightarrow $q_{\text{all min}}$ bernilai negatif (-)
- Pada kondisi dimana : $e = 1/6.b$ \longrightarrow $q_{\text{all min}}$ bernilai nol (0)
- Pada kondisi dimana : $e > 1/6.b$ \longrightarrow $q_{\text{all min}}$ bernilai positif (+)

Eksentrisitas kolom menyebabkan tegangan tanah dibawah pondasi tidak merata, tetapi diasumsikan berubah secara linier sepanjang tapak, sehingga:

$$Q_{\text{all rata-rata}} = \frac{1}{2} (q_{\text{all max}} + q_{\text{all min}}) \dots\dots\dots(3.7.5)$$

Sehingga untuk dimensi penampang tapak, digunakan nilai q_{all} terbesar :

$$A_{\text{perlu}} = \frac{P}{q_{\text{all max}}} \left(1 + \frac{6.e}{b} \right) \dots\dots\dots(3.7.6)$$

Setelah A_{perlu} diketahui lebar (L) dan panjang (P) sisi tapak pondasi bisa dicari dan diperoleh nilai A_{ada} . Sehingga tegangan kontak yang terjadi di dasar pondasi, adalah :

$$Q_u = \frac{P}{A_{\text{ada}}} + \frac{My}{\frac{1}{6}.Bx^2}.By} + \frac{Mx}{\frac{1}{6}.By^2}.Bx} \dots\dots\dots(3.7.7)$$

3. Kontrol kapasitas daya dukung tanah (q_{ult})

Kapasitas daya dukung tanah yang terjadi di dasar pondasi adalah :

$$q_{\text{ult netto}} = q_{\text{ult brutto}} - q \dots\dots\dots(3.7.8)$$

$$\text{dimana } q = h.\gamma' \dots\dots\dots(3.7.9)$$

Untuk memperoleh nilai $q_{\text{ult brutto}}$ dapat digunakan nilai tegangan ijin tanah yang direkomendasikan dari hasil penyelidikan tanah pada Lab. Mekanika Tanah.

Dimana :

$$q_{\text{ult netto}} = \text{kapasitas daya dukung bersih tanah (kg/cm}^2\text{)}$$

$q_{ult\ brutto}$ = kapasitas daya dukung kotor tanah (kg/cm^2)

b = lebar efektif pondasi (m)

q = beban merata tanah diatas pondasi dibawah permukaan tanah (kg/cm^2)

γ' = berat volume tanah (kg/cm^3)

h = kedalaman tanah diatas pondasi (m)

D_f = kedalaman pondasi (m)

Kontrol tegangan ijin yang terjadi :

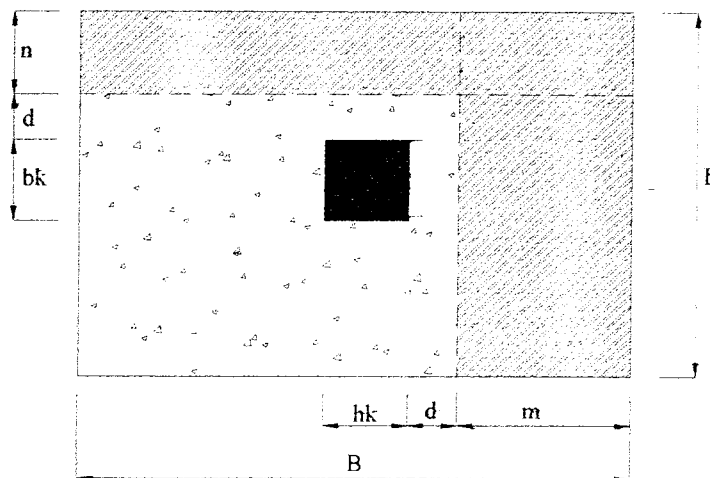
$$q_{ult\ netto} \leq q_{kontak} \dots\dots\dots(3.7.11)$$

3.7.2 Perencanaan Geser Pondasi

3.7.2.1 Geser satu (1) arah

Tebal pelat (h) diasumsikan terlebih dahulu, sehingga nilai d dapat dicari :

$$d = h - \text{penutup beton}(P_b) - \frac{1}{2} \cdot \phi_{tulangan} \dots\dots\dots(3.7.12)$$



Gambar 3.19 Daerah Geser Satu (1) Arah pada Penampang Pondasi

Gaya geser akibat beban luar (V_u) yang bekerja pada penampang kritis :

$$V_u = m \cdot L \cdot q_u \longrightarrow \text{pada arah } -x \dots\dots\dots(3.7.13)$$

Dimana :

$$m = \frac{P - h_k - 2 \cdot d}{2} \dots\dots\dots(3.7.14)$$

$$V_u = n.p.qu \longrightarrow \text{pada arah } -y \quad \dots\dots(3.7.15)$$

Dimana :
$$n = \frac{L - b_k - 2.d}{2} \quad \dots\dots\dots(3.7.16)$$

Kekuatan beton menahan gaya geser (V_c) :

- Arah $-x$: $V_{c_x} = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot L.d \geq \frac{V_{u_x}}{\phi} \quad \dots\dots\dots(3.7.17)$

- Arah $-y$: $V_{c_y} = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot L.d \geq \frac{V_{u_y}}{\phi} \quad \dots\dots\dots(3.7.18)$

3.7.2.2 Geser dua (2) arah / Pons

Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis :

$$V_u = qu \cdot ((P.L) - (x,y)) \quad \dots\dots\dots(3.7.19)$$

$$x = h_k + d \quad \dots\dots\dots(3.7.20)$$

$$y = b_k + d \quad \dots\dots\dots(3.7.21)$$

Kekuatan beton menahan gaya geser (V_c), diambil nilai terbesar diantara :

$$V_c = 4 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot D \quad \dots\dots\dots(3.7.22)$$

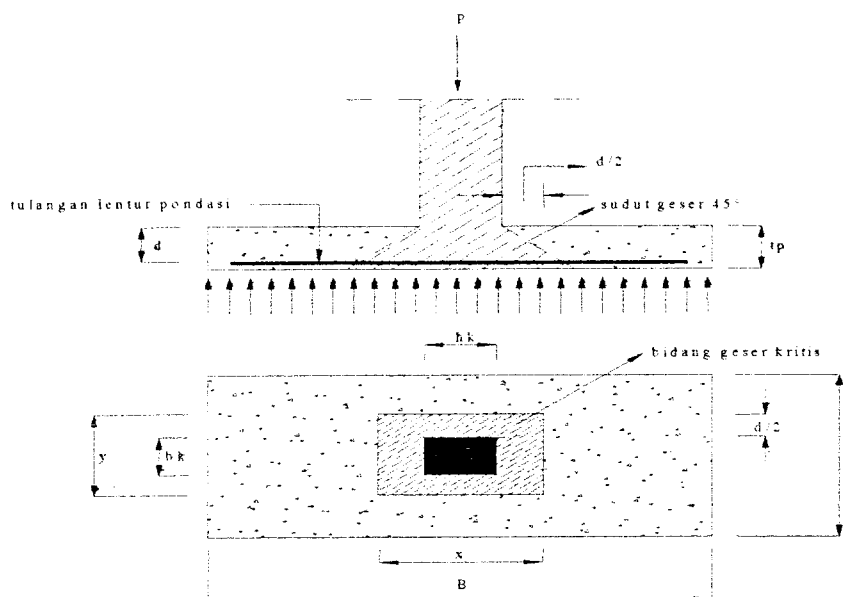
Atau
$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) (2\sqrt{f'c}) b_o \cdot D \quad \dots\dots\dots(3.7.23)$$

$$b_o = 2 \cdot (x+y) = 2((h_k+d) + (b_k+d)) \quad \dots\dots\dots(3.7.24)$$

$$\beta_c = \frac{\text{sisi panjang tapak}}{\text{sisi pendek tapak}} \geq 1,0$$

dimana : b_o = keliling penampang kritis (mm^2)

β_c = rasio sisi panjang dengan sisi pendek



Gambar 3.20 Gaya Geser Dua (2) Arah pada Penampang Pondasi

Kontrol gaya geser yang terjadi :

- Bila $V_{c_{x,y}} \geq V_{u_{x,y}}/\phi$, maka tegangan geser aman
- Bila $V_{c_{x,y}} < V_{u_{x,y}}/\phi$, maka tebal pelat perlu diperbesar.

3.7.3 Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi

Diambil nilai lebar (b) pondasi tiap 1 meter = 1000 mm

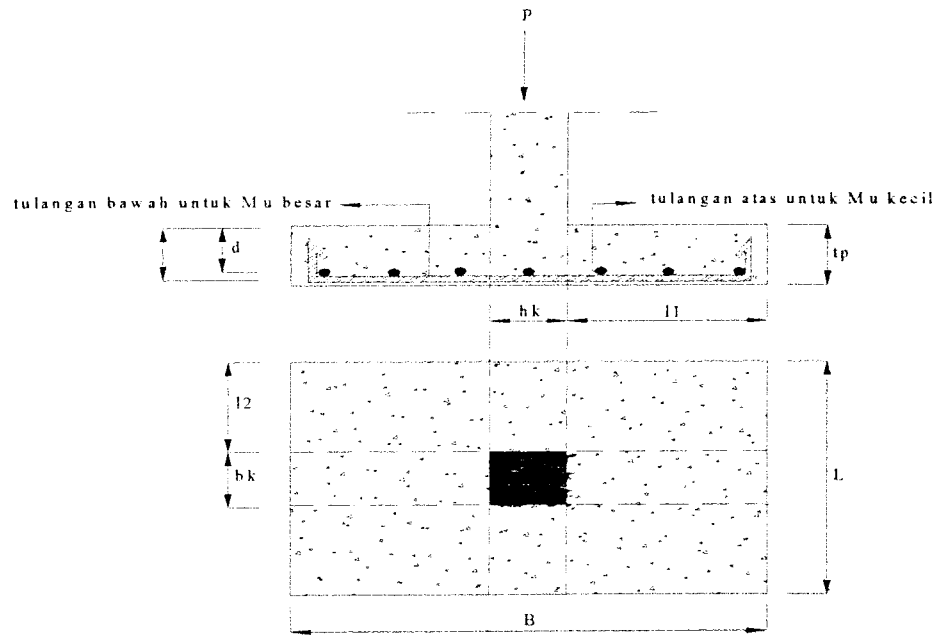
- Tulangan arah x : $l_1 = \frac{1}{2} (P - h_k)$ (3.7.25)

$$Mu_1 = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l_1^2 \quad \dots\dots\dots(3.7.26)$$

- Tulangan arah y : $l_2 = \frac{1}{2} (P - b_k)$ (3.7.27)

$$Mu_2 = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l_2^2 \quad \dots\dots\dots(3.7.28)$$

Diambil nilai Mu_1 atau Mu_2 yang terbesar. Untuk Mu yang besar letak tulangan dibawah sedangkan Mu yang kecil letak tulangan diatas. Untuk pondasi diambil nilai penutup beton (P_b) ≥ 70 mm.



Gambar 3.21 Tegangan Lentur Pondasi

$$d = h + Pb - \frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.bawah} \longrightarrow \text{untuk tul. bawah}$$

$$d = h + Pb - \phi_{tul.bawah} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.atas} \longrightarrow \text{untuk tul. atas}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \dots \dots \dots (3.7.29)$$

$$Rn_{ada} = \frac{Mu}{b \cdot d^2_{ada} \cdot \phi} \dots \dots \dots (3.7.30)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \dots \dots \dots (3.7.31)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots \dots \dots (3.7.32)$$

- persyaratan :
- 1. bila $\rho > \rho_{min}$ digunakan : $\longrightarrow \rho_{perlu} = \rho$
 - 2. bila $\rho < \rho_{min} \leq 1,33 \cdot \rho < \rho_{min}$ digunakan : $\longrightarrow \rho_{perlu} = 1,33 \cdot \rho$
 - 3. bila $\rho < \rho_{min} \leq 1,33 \cdot \rho > \rho_{min}$ digunakan : $\longrightarrow \rho_{perlu} = \rho_{min}$

Luas tulangan perlu : $AS_{perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \geq AS_{tul \text{ susut}} \dots \dots \dots (3.7.33)$

Luas tulangan susut : $AS_{tul.susut} = 0,002 \cdot b \cdot h \dots \dots \dots (3.7.34)$

Dipilih diameter (\emptyset) tulangan, didapatkan $A_{\emptyset 1}$, jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{1\emptyset} \cdot 1000}{A_{s_{perlu}}} \dots\dots\dots (3.7.35)$$

Sehingga nilai $A_{s_{ada}}$ dapat dihitung :

$$A_{s_{ada}} = \frac{A_{1\emptyset} \cdot 1000}{s} \dots\dots\dots (3.7.36)$$

Kontrol kapasitas lentur yang terjadi :

Tinggi blok tekan pelat pondasi :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} \dots\dots\dots (3.7.37)$$

Kapasitas lentur nominal pelat pondasi :

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \geq \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots (3.7.38)$$

4.8 TANGGA

4.8.1 Perencanaan Dimensi Tangga

Langkah-langkah perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lebar dan jumlah optrede dan antrede.

- Tinggi bersih antar lantai (h) dalam meter dapat diketahui.
- Lebar bordes (L_b) dalam meter dapat ditentukan, diambil $\geq 1,20$ meter.
- Tinggi optrede ideal ≤ 20 cm (15 – 18 cm), misal diambil nilai perkiraan awal tinggi optrede (h_o) = 18 cm, maka jumlah optrede (buah) :

- Jumlah optrede = $\frac{h}{h_o}$ (dibulatkan keatas)(3.8.1)

sehingga tinggi optrede sebenarnya : $h'o = \frac{h}{\text{jumlahoptrede}}$ (3.8.2)

- Lebar antrede ideal ≥ 30 cm, diambil nilai lebar antrede (L_a) = 30 cm
- Jumlah antrede = Jumlah optrede – 2(3.8.3)
- Tangga dibagi menjadi dua bagian, sehingga panjang bentang tangga (P_t) :

$$P_t = (L_a \times \text{Jumlah tangga}/2) + L_b \leq 4,50 \text{ meter} \dots\dots\dots (3.8.4)$$

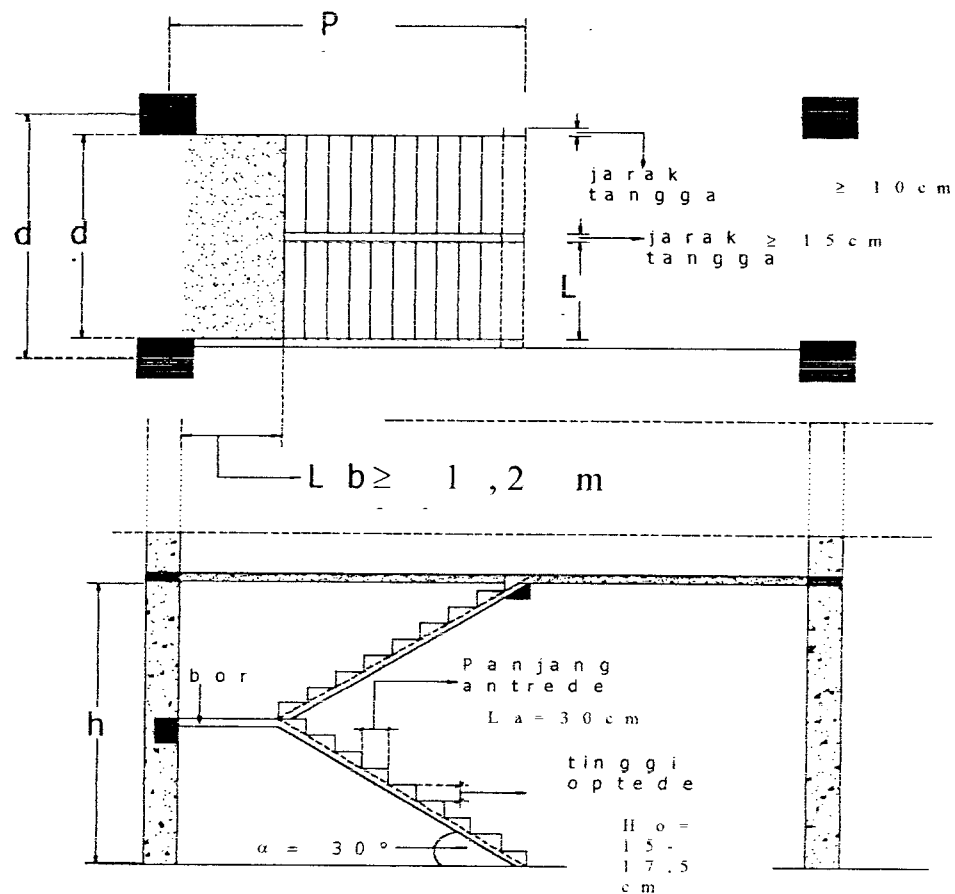
2. Menentukan tebal pelat tangga (h_1) dan lebar tangga (L_t)

Diambil nilai tebal pelat (h) : 12 cm

Sudut kemiringan ideal tangga antara 30° - 35° misal diambil sudut perkiraan awal (α) = 30° , maka tebal pelat sisi miring (h') :

$$h' = \frac{h}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (3.8.5)$$

Sehingga sudut sebenarnya (α'), $\alpha' = \frac{h'}{L_a} \dots\dots\dots (3.8.6)$



Gambar 3.8 Dimensi Tangga

Jarak antar as-as kolom (d) dalam meter dapat diketahui, sehingga jarak bersih antar as-as kolom (d'):

$$d' = d - 2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \text{lebar balok induk}\right) \quad \dots \dots \dots (3.8.7)$$

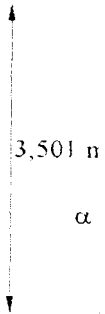
Jarak antar balok-tangga, jarak antar tangga-tangga, diambil nilai = 15 cm, sehingga Lebar bersih untuk 1 buah tangga :

$$L_t = \frac{1}{2} \cdot (d' - (3 \times 0,15)) \geq 1,20 \text{ meter} \quad \dots \dots \dots (3.8.8)$$

3.8.2 Perencanaan Tulangan Tangga

Perencanaan tulangan pada tangga sama dengan perhitungan pada pelat lantai.

35°



BAB IV

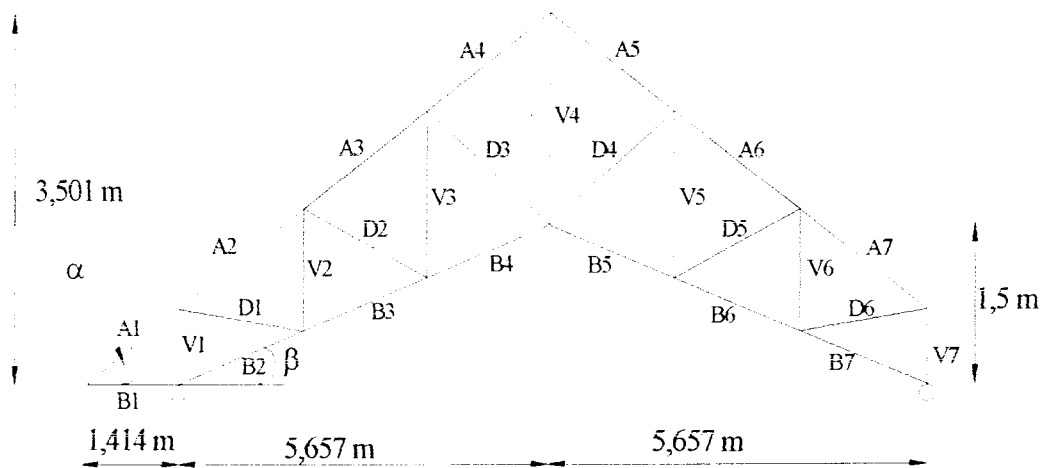
PERENCANAAN KONSTRUKSI

4.1 Perencanaan Atap

Pada perencanaan ini dipakai 4 macam rangka atap. Rangka atap direncanakan menggunakan profil baja. Di bawah ini gambar-gambar rangka atap yang direncanakan.

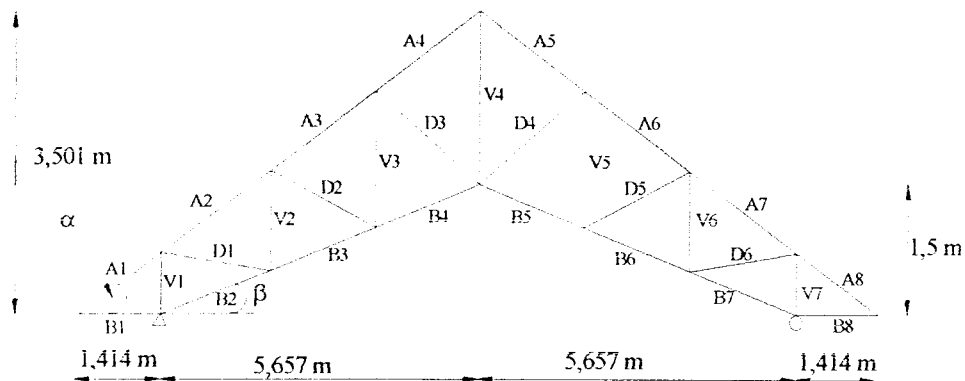
35°

1. KK-1 $\alpha = 35^\circ$ $\beta = 20,556^\circ$



Gambar 4.1 Rangka kuda kuda KK-1

4. KK-4 $\alpha = 26,341^\circ$ $\beta = 14,851^\circ$



Gambar 4.4 Rangka kuda-kuda KK-4

4.1.1 Perencanaan Gording

1. Data-data

Jarak antar kuda-kuda maksimum = 4 m

Jenis baja profil A36 dengan :

Tegangan leleh (F_y) = 36 ksi = 2500 kg/cm²

Kuat tarik (F_u) = 58 ksi = 4000 kg/cm²

Mutu baut non full drat dari AISC A_{325x}

Kekuatan tarik (F_u) = 120 ksi = 8250 kg/cm²

Tegangan Geser (F_v) = 30 ksi = 2070 kg/cm²

2. Pembebanan gording

A. Beban tetap

- Berat penutup atap = 50 x 2,104 = 105,2 kg/m'

- Beban hidup = 20 x 2,104 = 42,08 kg/m'

- Beban gording = 10 kg/m' +

= 157,28 kg/m'

$$q_{\perp} = q \cos \alpha = 157,28 \cos 26,341^{\circ} = 140,949 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{//} = q \sin \alpha = 157,28 \sin 26,341^{\circ} = 69,787 \text{ kg/m}^2$$

B. Beban angin

Pada daerah daratan $w = 25 \text{ kg/cm}^2$ (PPIUG 1983 bab 4 pasal 4.2)

a. angin tekan (wt) untuk $\alpha < 65^{\circ}$

$$\text{diketahui } \alpha = 26,341^{\circ}$$

$$C_1 = 0,02 \alpha - 0,4 = 0,02 \cdot 26,341 - 0,4 = 0,127$$

$$W_t = C_1 \cdot w \cdot \text{jarak gording} = 0,127 \cdot 25 \cdot 2,104 = 6,671 \text{ kg/m}^2$$

b. angin hisap

$$C_2 = -0,4$$

$$W_h = C_2 \cdot w \cdot \text{jarak gording} = -0,4 \cdot 25 \cdot 2,104 = -21,04 \text{ kg/m}^2$$

C. Perhitungan momen

- akibat beban tetap

$$M_{\text{maks}\perp} = 1/8 \cdot q_{\perp} \cdot b^2 = 1/8 \cdot 140,949 \cdot 4^2 = 295,898 \text{ kgm} = 29589,8 \text{ kgcm}$$

$$M_{\text{maks}\parallel} = 1/32 \cdot q_{//} \cdot b^2 = 1/32 \cdot 69,787 \cdot 4^2 = 34,893 \text{ kgm} = 3489,3 \text{ kgcm}$$

- akibat beban angin

$$M_{\text{maks}\perp} = 1/8 \cdot q_{\perp} \cdot b^2 = 1/8 \cdot 6,671 \cdot 4^2 = 13,342 \text{ kgm} = 1334,2 \text{ kgcm}$$

D. Dimensi gording

Dicoba profil 150x50x20x3,2 (Light Lip Channel)

$$A = 8,607 \text{ cm}^2 \quad I_y = 28,3 \text{ cm}^4$$

$$W = 6,76 \text{ kg/m} \quad S_x = 37,4 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 280 \text{ cm}^4 \quad S_y = 8,19 \text{ cm}^3$$

- Kontrol tegangan

-Akibat beban tetap dan angin

$$\frac{fbx}{0,66 \cdot fy} + \frac{fby}{0,75 \cdot fy} < 1,25 \quad (3.1.1a)$$

$$fbx = \frac{M \perp}{Sx} = \frac{29589,8 + 13,342}{37,4} = 826,845 \text{ kg/cm}^2$$

$$fby = \frac{M //}{Sy} = \frac{3489,3}{8,19} = 426,044 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{826,845}{0,66 \cdot 2500} + \frac{426,044}{0,75 \cdot 2500} = 0,728 < 1,25$$

- Akibat Beban Tetap

$$\frac{fbx}{0,66 \cdot fy} + \frac{fby}{0,75 \cdot fy} < 1,0 \quad (3.1.1b)$$

$$\frac{\left(\frac{29589,8}{37,4}\right)}{0,66 \cdot 2500} + \frac{\left(\frac{3489,3}{8,19}\right)}{0,75 \cdot 2500} = 0,706 < 1,0$$

• Kontrol lendutan

$$\delta_{\perp} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{\perp} \cdot L^4}{E \cdot I_x} \leq \frac{L}{360} \quad (3.1.4)$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{1,4762 \cdot 400^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 280} = 0,836 \leq \frac{400}{360} = 1,111$$

$$\delta_{//} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{//} \cdot \left(\frac{L}{(a+1)}\right)^4}{E \cdot I_y} \leq \frac{L}{360} \quad (3.1.5)$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{0,69787 \cdot [400/(1+1)]^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 28,3} = 0,245 \leq 1,111$$

Profil 150x50x20x3,2 bisa digunakan

E. Perencanaan sagrod dan tierod

a. Beban sagrod

$$\begin{aligned} - \text{berat penutup atap} \times \left(\frac{1}{2} \cdot L / \cos \alpha\right) &= 50 \times \left(\frac{1}{2} \cdot 14,142 / \cos 26,341\right) \\ &= 394,512 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$- \text{beban hidup} \times \left(\frac{1}{2} \cdot L / \cos \alpha\right) = 20 \times \left(\frac{1}{2} \cdot 14,142 / \cos 26,341\right) = 157,805 \text{ kg/m}$$

$$- \text{jumlah gording satu sisi miring} \times \text{berat gording} = 4 \times 6,76 = 27,04 \text{ kg/m}$$

$$P = 394,512 + 157,805 + 27,04 = 579,35 \text{ kg/m}$$

$$P_{//} = P \cdot \sin \alpha \cdot S_s = 579,35 \cdot \sin 26,341 \cdot 2 = 514,129 \text{ kg} \quad (3.1.8)$$

b. Dimensi sagrod

$$A_{\text{sagrod}} = \frac{P_{//}}{0,33 F_u} = \frac{514,129}{0,33 \cdot 4000} = 0,389 \text{ cm}^2 \quad (3.1.9)$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,389}{\pi}} = 0,704 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } \dot{\text{O}}\frac{1}{2} \text{ in} \quad (3.1.10)$$

c. Dimensi tierod

$$\text{Beban tierod : } T = P_{//} \cdot \cos \alpha = 514,129 \cdot \cos 26,341 = 460,746 \text{ kg}$$

$$A_{\text{tierod}} = T / 0,33 F_u = \frac{460,746}{0,33 \cdot 4000} = 0,349 \text{ cm}^2 \quad (3.1.14)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,349}{\pi}} = 0,667 \text{ cm} \quad (3.1.15)$$

$$\text{Tierod terpakai} = D + 0,3 = 0,667 + 0,3 = 0,967 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } \dot{\text{O}}\frac{1}{2} \text{ in}$$

4.1.2 Perencanaan Kuda-kuda KK-4 (Perhitungan KK-1s/dKK-3 di lamp.II-5)

$$L = 14,142 \text{ m} \quad \alpha = 26,341^\circ \quad \beta = 14,851^\circ$$

• Pembebanan

$$\text{Taksiran kuda-kuda : } \left[10 \pm \left(\frac{L-12}{3} \right) \cdot 5 \right] \text{ jarak kuda-kuda}$$

$$= \left[10 \pm \left(\frac{14,142 - 12}{3} \right) \cdot 5 \right] \cdot 4 = 54,28 \text{ kg/m}^2$$

a. Beban tetap :

- berat gording = 6,76 kg/m²
- berat eternit + penggantung = 18 kg/m²
- berat penutup atap = 50 kg/m²
- beban hidup = 20 kg/m²
- taksiran beban kuda-kuda = 54,28 kg/m²

• Beban masing-masing joint

P1 = P9

$$\text{Berat gording} = 6,76 \cdot 4 = 27,04 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 4 \times 0,5 \times 1,578 = 157,8 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 20 \times 4 \times 0,5 \times 1,578 = \underline{63,12 \text{ kg}} +$$

$$P1 = P9 = 248 \text{ kg}$$

P2 = P8

$$\text{Berat gording} = 6,76 \cdot 4 = 27,04 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 4 \times (0,5 \cdot 1,578 + 0,5 \cdot 2,104) = 368,2 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 20 \times 4 \times (0,5 \cdot 1,578 + 0,5 \cdot 2,104) = \underline{147,28 \text{ kg}} +$$

$$P2 = P8 = 543 \text{ kg}$$

P3 = P7

$$\text{Berat gording} = 6,76 \cdot 4 = 27,04 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 4 \times (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) = 420,8 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 20 \times 4 \times (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) = \underline{168,32 \text{ kg}} +$$

$$P3 = P7 = 617 \text{ kg}$$

$$P4 = P6$$

$$\text{Berat gording} = 6,76 \cdot 4 = 27,04 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \times 4 \times (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) = 420,8 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 20 \times 4 \times (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) = \underline{168,32 \text{ kg} +}$$

$$P3 = P7 = 617 \text{ kg}$$

$$P5$$

$$\text{Berat gording} = 2 \times 6,76 \times 4 = 54,08 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 4 \times 2,104 \times 50 = 420,8 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = 20 \times 4 \times 2,104 = \underline{168,32 \text{ kg} +}$$

$$P5 = 644 \text{ kg}$$

$$P1^1 = P9^1$$

$$\text{Berat eternit + plafond} = 18 \times 4 \times 0,5 \times 1,414 = 50,904 \text{ kg}$$

$$\text{Berat taksiran kuda-kuda} = 54,28 \times 0,5 \times 1,414 = \underline{38,376 \text{ kg} +}$$

$$P1^1 = P9^1 = 90 \text{ kg}$$

$$P3^1 = P4^1 = P5^1 = P6^1 = P8^1$$

$$\text{Berat eternit + plafond} = 18 \times 4 \times (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) = 151,488 \text{ kg}$$

$$\text{Berat taksiran kuda-kuda} = 54,28 \times (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) = \underline{114,205 \text{ kg} +}$$

$$P3^1 = P4^1 = P5^1 = P6^1 = P8^1 = 266 \text{ kg}$$

b. Beban angin

$$\text{Muatan angin di darat} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Koefisien angin menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk

Gedung 1983, untuk $\alpha < 65^\circ$

Diketahui : $\alpha = 26,341^\circ$

$$\text{Tekan} = C_1 = 0,02 \cdot \alpha - 0,4 = 0,127 \quad \text{Tarik} = C_2 = -0,4$$

Beban yang bekerja

$$W_t = C_1 \times w = 0,127 \cdot 25 = 3,170 \text{ kg/m}^2$$

$$W_h = C_2 \times w = -0,4 \cdot 25 = -10 \text{ kg/m}^2$$

- Sisi kiri

$$W_1 = 3,17 \cdot (0,5 \cdot 1,578) \cdot 4 = 10,004 \text{ kg}$$

$$W_2 = 3,17 \cdot (0,5 \cdot 1,578 + 0,5 \cdot 2,104) \cdot 4 = 23,344 \text{ kg}$$

$$W_3 = 3,17 \cdot (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) \cdot 4 = 26,679 \text{ kg}$$

$$W_4 = 3,17 \cdot (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) \cdot 4 = 26,679 \text{ kg}$$

$$W_5 = 3,17 \cdot (0,5 \cdot 2,104) \cdot 4 = 13,339 \text{ kg}$$

- Sisi kanan

$$W_5^1 = -10 \cdot (0,5 \cdot 2,104) \cdot 4 = -42,08 \text{ kg}$$

$$W_6 = -10 \cdot (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) \cdot 4 = -84,16 \text{ kg}$$

$$W_7 = -10 \cdot (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 2,104) \cdot 4 = -84,16 \text{ kg}$$

$$W_8 = -10 \cdot (0,5 \cdot 2,104 + 0,5 \cdot 1,578) \cdot 4 = -73,64 \text{ kg}$$

$$W_9 = -10 \cdot (0,5 \cdot 1,578) \cdot 4 = -31,56 \text{ kg}$$

4.1.3 Perencanaan Profil

a. Batang bawah

- Batang Tarik

- Gaya tarik (P_{maks}) = 4114,35 kg (Tabel 4.18 Lampiran II-4)

- Panjang = 1,95083 m = 195,083 cm

$$- r_{\text{min}} = \frac{L}{240} = \frac{195,083}{240} = 0,813 \text{ cm}$$

$$- A_{g1} = \frac{P}{0,6.F_y} = \frac{4114,35}{0,6.2500} = 2,7429 \text{ cm}^2 \quad (3.1.18a)$$

$$\begin{aligned} - A_{g2} &= \frac{P}{0,5.F_u.\mu} + \phi_{lbg}.t_p.n \quad \mu = 0,75 \quad (3.1.18b) \\ &= \frac{4114,35}{0,5.4000.0,75} + (1,27 + 0,3175)0,5.2 = 4,3304 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

→ dicoba profil 2L 50x50x5

$$A = 9,6 \text{ cm}^2 \quad W = 3,77 \text{ kg/m}$$

$$r = 1,51 \text{ cm} \geq r_{\min} = 0,738 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } r = 1,51 \text{ cm}$$

Check kelangsingan :

$$\frac{K/l}{r} = \frac{1.195,083}{1,51} = 129,194 < 240 \dots \text{Ok} \quad (3.1.21)$$

$$\begin{aligned} A_{\text{netto}} &= A_{\text{profil}} - (d_{\text{baut}} + 1/8'').t_p.n \quad (3.1.23) \\ &= 9,6 - (1,27 + 0,3175).0,5 . 2 \\ &= 8,0125 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{eff}} &= A_{\text{netto}} \times \mu \quad (3.1.24) \\ &= 8,0125 \times 0,75 = 6,009 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan

$$\begin{aligned} f_t &= \frac{P}{A_{\text{profil}}} \quad (3.1.25) \\ &= \frac{4114,35}{9,6} = 428,578 < 0,6.F_y = 0,6.2500 = 1500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_t &= \frac{P}{A_{\text{eff}}} \quad (3.1.26) \\ &= \frac{4114,35}{6,009} = 684,655 < 0,5.F_u = 0,5.4000 = 2000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Karena batang bawah terdapat juga batang tekan maka dicek juga sebagai batang tekan.

$$P_{\text{maks}} = -706,3544 \text{ kg (Tabel 4.18 Lampiran II-4)}$$

$$\text{Panjang} = 195,083 \text{ cm}$$

$$A_{\text{bruto}} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{706,3544}{0,6 \cdot 2500} = 0,47 \text{ cm}^2$$

$$r_{\text{min}} = \frac{L}{240} = \frac{195,083}{240} = 0,813 \text{ cm}$$

$$A_{\text{eff}_{\text{perlu}}} = \frac{P}{0,5 \cdot F_u} = \frac{706,3544}{0,5 \cdot 4000} = 0,353 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{netto}} = \frac{A_{\text{eff}_{\text{perlu}}}}{\mu} = \frac{0,353}{0,75} = 0,471 \text{ cm}^2$$

Digunakan profil 2L 50x50x5

$$A = 2 \times 4,8 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Check local buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{f_y}} \quad (3.1.27)$$

$$\frac{50}{5} \leq \frac{76}{\sqrt{36}}$$

$$10 \leq 12,667 \dots (\text{ok})$$

Check Kelangsingan :

$$\frac{kL}{r} = \frac{1 \cdot 195,083}{1,51} > C_c = \frac{6400}{\sqrt{f_y}} \quad (3.1.29)$$

$$= 129,194 > 128$$

maka :

$$\begin{aligned}
 F_a &= \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{(Kl/r)^2} & (3.1.33) \\
 &= \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{129,194} \\
 &= 647,8694 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$P_{\max} = F_a \cdot A = 647,8694 \cdot 9,6 = 6219,547 \text{ kg} > 706,3544 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

b. Batang atas

• Batang Tarik (Dihitung dengan rumus 3.1.17 – 3.1.26)

- Gaya tarik (P_{\max}) = 761,8433 kg (Tabel 4.18 Lampiran II-4)

- Panjang = 1,5777 m = 157,7782 cm

$$- r_{\min} = \frac{L}{240} = \frac{157,7782}{240} = 0,657 \text{ cm}$$

$$- A_{g1} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{761,8433}{0,6 \cdot 2500} = 0,508 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 - A_{g2} &= \frac{P}{0,5 \cdot F_u \cdot \mu} + \phi_{lb} \cdot t_p \cdot n \quad \mu = 0,75 \\
 &= \frac{761,8433}{0,5 \cdot 4000 \cdot 0,75} + (1,27 + 0,3175) \cdot 0,5 \cdot 2 = 2,095 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

→ dicoba profil 2L 50x50x5

$$A = 2 \times 4,80 \text{ cm}^2 \quad W = 3,77 \text{ kg/m}$$

$$r = 1,51 \text{ cm} \geq r_{\min} = 0,509 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } r = 1,51 \text{ cm}$$

Check kelangsingan :

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1.157,7782}{1,51} = 104,489 < 240 \dots \text{Ok}$$

$$\begin{aligned}
 A_{netto} &= A_{profil} - (d_{baut} + 1/8'').t_p.n \\
 &= 9,6 - (1,27 + 0,3175).0,5.2 \\
 &= 8,012 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{eff} &= A_{netto} \times \mu \\
 &= 8,012 \times 0,75 = 6,009 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan

$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{P}{A_{profil}} \\
 &= \frac{761,8433}{9,6} = 79,359 < 0,6.F_y = 0,6.2500 = 1500 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{P}{A_{eff}} \\
 &= \frac{761,8433}{6,009} = 126,784 < 0,5.F_u = 0,5.4000 = 2000 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Karena batang atas terdapat juga batang tekan maka dicek juga sebagai batang tekan (Dihitung dengan rumus 3.1.27 – 3.1.34).

$P_{maks} = -4437,717 \text{ kg}$ (Tabel 4.18 Lampiran II-4)

Panjang = 210,4156 cm

$$A_{bruto} = \frac{P}{0,6.F_y} = \frac{4437,717}{0,6.2500} = 2,958 \text{ cm}^2$$

$$r_{min} = \frac{L}{240} = \frac{210,4156}{240} = 0,877 \text{ cm}$$

$$A_{eff_{perlu}} = \frac{P}{0,5.F_u} = \frac{4437,717}{0,5.4000} = 2,219 \text{ cm}^2$$

$$A_{netto} = \frac{A_{eff_{perlu}}}{\mu} = \frac{2,219}{0,75} = 2,958 \text{ cm}^2$$

Digunakan profil 2L 50x50x5

$$A = 2 \times 4,8 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Check local buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{50}{5} \leq \frac{76}{\sqrt{36}}$$

$$10 \leq 12,667 \dots (\text{ok})$$

Check Kelangsingan :

$$\frac{kL}{r} = \frac{1.210,4156}{1,51} \leq Cc = \frac{6400}{\sqrt{fy}}$$

$$= 139,3481 > 128$$

maka :

$$F_a = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{(kL/r)^2}$$

$$= \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{139,3481^2}$$

$$= 556,8914 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\max} = F_a \cdot A = 556,8914 \cdot 9,6 = 5346,157 \text{ kg} > 4437,717 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

c. Batang diagonal

• Batang tarik (Dihitung dengan rumus 3.1.17 – 3.1.26)

- Gaya tarik (Pmaks) = 3977,63 kg (Tabel 4.18 Lampiran II-4)

- Panjang = 189,6243 cm

$$- r_{\min} = \frac{189,6243}{240} = 0,790$$

$$- A_{g1} = \frac{3977,63}{0,6.2500} = 2,652 \text{ cm}^2$$

$$- A_{g2} = \frac{3977,63}{0,5.4000.0,75} + (1,27+0,3175).0,5.2 = 4,239 \text{ cm}^2$$

→ dicoba profil 2L 50x50x5

Check kelangsingan :

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1.189,6243}{1,51} = 125,579 < 240 \dots \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} - A_{\text{netto}} &= 9,6 - (1,27+0,3175).0,5.2 \\ &= 8,012 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$- A_{\text{eff}} = 8,012 \times 0,75 = 6,009 \text{ cm}^2$$

Kontrol tegangan

$$f_t = \frac{3977,63}{9,6} = 414,336 \text{ kg/cm}^2 < 1500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = \frac{3977,63}{6,009} = 661,945 < 2000 \text{ kg/cm}^2$$

• Batang tekan (**Dihitung dengan rumus 3.1.27 – 3.1.34**)

$$- \text{Gaya tekan (Pmaks)} = -497,6931 \text{ kg (Tabel 4.18 Lampiran II-4)}$$

$$- \text{Panjang} = 216,6781 \text{ cm}$$

$$- A_{\text{bruto}} = \frac{497,6931}{0,6.2500} = 0,332 \text{ cm}^2$$

$$- r_{\min} = \frac{216,6781}{240} = 0,903 \text{ cm}$$

$$- A_{\text{eff}_{\text{perlu}}} = \frac{497,6931}{0,5 \cdot 4000} = 0,249 \text{ cm}^2$$

$$- A_{\text{netto}} = \frac{0,249}{0,75} = 0,332 \text{ cm}^2$$

→ profil 2L 50x50x5

Check local buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{f_y}}$$

$$10 \leq 12,667 \dots \text{Ok}$$

Check kelangsingan

$$\frac{K \cdot l}{r} = \frac{1.216,6781}{1,51} = 143,4954 > 128$$

terjadi tekuk elastis

$$F_a = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{143,4954^2}$$

$$= 525,1656 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\text{max}} = F_a \cdot A$$

$$= 525,1656 \cdot 9,6$$

$$= 5041,59 \text{ kg} > 497,6931 \text{ kg} \dots \text{Ok}$$

D. Batang Vertikal

- Batang Tarik (Dihitung dengan rumus 3.1.17 – 3.1.26)

- Gaya tarik (P_{maks}) = 2865,341 kg (Tabel 4.18 Lampiran II-4)

- Panjang = 200,1 cm

$$- r_{\text{min}} = \frac{L}{240} = \frac{200,1}{240} = 0,834 \text{ cm}$$

$$- A_{g1} = \frac{P}{0,6 \cdot l \cdot y} = \frac{2865,341}{0,6 \cdot 2500} = 1,91 \text{ cm}^2$$

$$- A_{g2} = \frac{P}{0,5 \cdot l \cdot u \cdot \mu} + \phi_{tb} \cdot t_p \cdot n \quad \mu = 0,75$$

$$= \frac{2865,341}{0,5 \cdot 4000 \cdot 0,75} + (1,27 + 0,3175) \cdot 0,5 \cdot 2 = 3,497 \text{ cm}^2$$

→ dicoba profil 2L 50x50x5

$$A = 2 \times 4,80 \text{ cm}^2 \quad W = 3,77 \text{ kg/m}$$

$$r = 1,51 \text{ cm} \geq r_{\min} = 0,833 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } r = 1,51 \text{ cm}$$

Check kelangsingan :

$$\frac{K \cdot l}{r} = \frac{1.200,1}{1,51} = 132,516 < 240 \dots \text{Ok}$$

$$A_{\text{netto}} = A_{\text{profil}} - (d_{\text{baut}} + 1/8'').t_p \cdot n$$

$$= 9,6 - (1,27 + 0,3175) \cdot 0,5 \cdot 2$$

$$= 8,012 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = A_{\text{netto}} \times \mu$$

$$= 8,012 \times 0,75 = 6,009 \text{ cm}^2$$

Kontrol tegangan

$$f_t = \frac{P}{A_{\text{profil}}}$$

$$= \frac{2865,341}{9,6} = 298,473 < 0,6 \cdot F_y = 0,6 \cdot 2500 = 1500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = \frac{P}{A_{\text{eff}}}$$

$$= \frac{2865,341}{6,009} = 476,841 < 0,5 \cdot F_u = 0,5 \cdot 4000 = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

Karena batang vertikal terdapat juga batang tekan maka dicek juga sebagai batang tekan (Dihitung dengan rumus 3.1.27 – 3.1.34).

$$P_{maks} = -2920,961 \text{ kg (Tabel 4.18 Lampiran II-4)}$$

$$\text{Panjang} = 0,700 \text{ m} = 70 \text{ cm}$$

$$A_{bruto} = \frac{P}{0,6 \cdot F_y} = \frac{2920,961}{0,6 \cdot 2500} = 1,947 \text{ cm}^2$$

$$r_{min} = \frac{L}{240} = \frac{70}{240} = 0,292 \text{ cm}$$

$$A_{eff_{perlu}} = \frac{P}{0,5 \cdot F_u} = \frac{2920,961}{0,5 \cdot 4000} = 1,46 \text{ cm}^2$$

$$A_{netto} = \frac{A_{eff_{perlu}}}{\mu} = \frac{1,46}{0,75} = 1,947 \text{ cm}^2$$

Digunakan profil 2L 50x50x5

$$A = 2 \times 4,8 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,51 \text{ cm}$$

Check local buckling :

$$\frac{bf}{tw} \leq \frac{76}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{50}{5} \leq \frac{76}{\sqrt{36}}$$

$$10 \leq 12,667 \dots (\text{ok})$$

Check Kelangsingan :

$$\frac{kL}{r} = \frac{1,70}{1,51} \leq C_c = \frac{6400}{\sqrt{f_y}}$$

$$= 46,358 \leq 128$$

maka :

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3 kl/r}{8 Cc} - \frac{1 (kl/r)^3}{8 Cc^3}$$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3 \cdot 46,358}{8 \cdot 128} - \frac{1 \cdot 46,358^3}{8 \cdot 128^3}$$

$$= 1,796$$

$$F_a = \frac{F_y}{F_s} \left[1 - 0,5 \left(\frac{kl/r}{Cc} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{2500}{1,796} \left[1 - 0,5 \left(\frac{46,358}{128} \right)^2 \right]$$

$$= 1300,690$$

$$P_{max} = F_a \cdot A$$

$$= 1300,690 \cdot 9,6 = 12486,625 \text{ kg} > 2920,961 \text{ kg} \dots (\text{OK})$$

Tabel 4.1 Jenis dan Berat Profil Terpakai Kuda-Kuda KK-4

Batang	Profil	Berat Profil (kg/m)	Panjang (m)	Berat (kg)
Batang atas	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	15,78	118,981
Batang bawah	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	14,534	109,586
Batang diagonal	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	12,104	91,264
Batang vertikal	2L 50x50x5	2 x 3,77 = 7,54	8,801	66,359
				$W_{tot} = 386,190 \text{ kg}$

Kontrol berat kuda-kuda :

- Berat total kuda-kuda = 386,190 kg
- Berat baut dan plat sambung = 20% . berat total kuda-kuda

$$= 77,238 \text{ kg}$$

jumlah (Σ) = berat total kuda-kuda + berat baut dan plat sambung

$$= 386,190 + 77,238$$

$$= 463,428 \text{ kg}$$

Panjang bentang kuda-kuda = 14,142 m

$$\frac{\Sigma}{L} < \text{berat taksiran}$$

$$\frac{463,428}{14,142} < 54,28 \text{ kg/m}$$

$$32,769 \text{ kg/m} < 54,28 \text{ kg/m} \dots \text{ (OK)}$$

4.1.4 Perencanaan Sambungan

Dalam perencanaan sambungan pada tiap joint menggunakan baut $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " (1,27 cm), dan pelat baja A36 ($F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 4000 \text{ kg/cm}^2$) dengan tebal 0,8 cm. Baut yang digunakan adalah A325x (baut non full drat) dengan kekuatan ultimit ($F_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$, $F_v = 2070 \text{ kg/cm}^2$).

Sehingga didapat kekuatan 1 baut untuk menahan gaya adalah :

$$P_{\text{tumpu}} = t_p \cdot D_{\text{baut}} \cdot 1,2 \cdot F_u \cdot n \quad (3.1.35)$$

$$= 0,8 \cdot 1,27 \cdot 1,2 \cdot 4000 \cdot 1$$

$$= 4876,8 \text{ kg}$$

$$P_{\text{geser}} = A_{\text{baut}} \cdot F_v \cdot m \quad (3.1.36)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \cdot 2070 \cdot 2$$

$$= 5244,422 \text{ kg}$$

dipakai P yang kecil yaitu $P = 4876,8 \text{ kg}$

Perhitungan jumlah baut untuk masing-masing joint adalah sebagai berikut :

Rangka kuda-kuda 4

1. Joint 1

$$\text{a. Batang A1} = \text{A8} = 761,8433 \text{ kg}$$

$$n = \frac{761,8433}{4876,8} = 0,156 \sim \text{dipakai 2 baut}$$

$$\text{b. Batang B1} = \text{B8} = -682,76 \text{ kg}$$

$$n = \frac{682,76}{4876,8} = 0,14 \sim \text{dipakai 2 baut}$$

2. Joint 2

$$\text{a. Batang A1} = \text{A8} = 761,8433 \text{ kg}$$

→ dipakai 2 baut

$$\text{b. Batang A2} = \text{A7} = -3651,885 \text{ kg}$$

$$n = \frac{3651,885}{4876,8} = 0,749 \sim \text{dipakai 2 baut}$$

$$\text{c. Batang V1} = \text{V7} = -2920,961 \text{ kg}$$

$$n = \frac{2920,961}{4876,8} = 0,600 \sim \text{dipakai 2 baut}$$

$$\text{d. Batang D1} = \text{D6} = 3977,63 \text{ kg}$$

$$n = \frac{3977,63}{4876,8} = 0,816 \sim \text{dipakai 2 baut}$$

Untuk sambungan pada joint berikutnya, dengan perhitungan yang sama didapat jumlah baut yang sama pula yaitu 2 buah, karena gaya-gaya batang yang terjadi kurang dari kekuatan 1 baut untuk menahan gaya (= 4876,8 kg). Perhitungan baut meliputi setengah bentang rangka kuda-kuda untuk mewakili perhitungan satu bentang.

Tabel 4.2 Jumlah Baut pada Kuda-kuda 4

Joint	Elemen/Batang	Jumlah baut
1	A1	2 buah
	B1	2 buah
2	A1	2 buah
	A2	2 buah
	D1	2 buah
	V1	2 buah
3	A2	2 buah
	A3	2 buah
	D2	2 buah
	V2	2 buah
4	A3	2 buah
	A4	2 buah
	D3	2 buah
	V3	2 buah
5	A4	2 buah
	A5	2 buah
	V4	2 buah
10	B1	2 buah
	V1	2 buah
	B2	2 buah
11	B2	2 buah
	B3	2 buah
	D1	2 buah
	V2	2 buah
12	B3	2 buah
	B4	2 buah
	D2	2 buah
	V3	2 buah
13	B4	2 buah
	B5	2 buah
	D3	2 buah
	V4	2 buah
	D4	2 buah

4.2 Perencanaan Pelat

4.2.1 Pembebanan Pelat Atap

Spesifikasi bahan : Mutu beton ($f'c$) = 28 Mpa

Mutu baja (f_y) = 240 Mpa

- Beban mati pelat atap

1. berat pelat (taksiran) : $0,10 \times 24 = 2,40 \text{ KN/m}^2$

2. lapisan kedap air/aspal(tebal 3 cm) : $\frac{0,03 \times 23}{1000} = 0,66 \text{ KN/m}^2$ +

beban mati total (q_D) = $3,09 \text{ KN/m}^2$

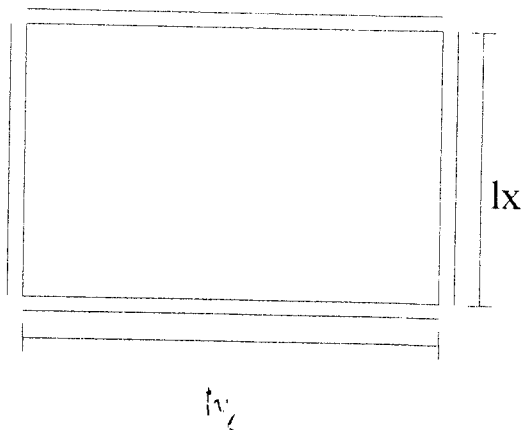
- Beban hidup pelat

Pada pelat atap terdapat beban hidup pekerja atau air hujan (q_L) sebesar 100 kg/cm^2 atau 1 KN/m^2 (PPIUG 1983 tabel 3.1).

- Kombinasi pembebanan

$$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L = 1,2 \cdot 3,09 + 1,6 \cdot 1,0 = 5,308 \text{ KN/m}^2$$

4.2.2 Perencanaan Pelat Atap



$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{3,0}{2,0} = 1,5 \rightarrow \text{dihitung sebagai pelat 2 arah}$$

Koefisien Momen (Tabel PBI 1971)

Koef. momen pelat (C)	1,5
Mlx = - Mtx	56
Mly	37
- Mty	37

- Momen yang bekerja pada pelat

$$Mu = 0,001 \cdot qU \cdot lx^2 \cdot C$$

$$Mulx = - Mutx = 0,001 \cdot 5,308 \cdot 2^2 \cdot 56 = 1,1889 \text{ KNm}$$

$$Muly = 0,001 \cdot 5,308 \cdot 2^2 \cdot 37 = 0,7856 \text{ KNm}$$

$$- Muty = 0,001 \cdot 5,308 \cdot 2^2 \cdot 37 = 0,7856 \text{ KNm}$$

Tebal pelat dipakai = 100 mm

- Tinggi manfaat (d) pelat atap

Digunakan tulangan pokok \emptyset 8 mm

Penutup beton (Pb) = 20 mm

$$\begin{aligned} \text{- Lapangan arah -x : } d &= h - Pb - \frac{1}{2}\emptyset_{tul,x} \\ &= 100 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 8 = 76 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lapangan arah -y : } d &= h - Pb - \emptyset_{tul,x} - \frac{1}{2}\emptyset_{tul,y} \\ &= 100 - 20 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 8 = 68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- Tumpuan arah -x dan arah -y : } d = 76 \text{ mm}$$

- Perencanaan Tulangan Mlx dan Mtx

$$Mu = 1,1889 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{0,8} = \frac{1,1889}{0,8} = 1,4861 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 28} = 10,0840 \quad (3.2.13)$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,4861 \cdot 10^6}{1000 \cdot 76^2} = 0,2573 \text{ MPa} \quad (3.2.12)$$

Rasio Tulangan (ρ) :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0602$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0602 = 0,0452$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{10,0840} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,0840 \cdot 0,2573}{240}} \right) \\ &= 0,00116 < \rho_{\min} = 0,00583 \end{aligned} \quad (3.2.14)$$

$$1,33 \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot 0,00116 = 0,00143 < \rho_{\min} = 0,00583$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,33 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 0,00143$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00143 \cdot 1000 \cdot 76 = 108,68 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{tul.susut}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \quad (3.2.15)$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = A_{S_{\text{tul.susut}}} = 200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos \emptyset 8 mm, maka :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{1\phi} \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{200} = 251,2 \text{ mm} \quad (3.2.16)$$

$$\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm} \quad (3.2.17)$$

$$\leq 250 \text{ mm} \quad (3.2.18)$$

Dipakai jarak antar tulangan (s_{pakai}) = 200 mm

DIPAKAI TULANGAN POKOK : P8- 200 mm

Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_{Spakai} = \frac{A_{1\phi} \cdot 1000}{s_{pakai}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{200} = 251,2 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 200 \text{ mm}^2 \quad (3.2.20)$$

Tulangan susut

dipakai tulangan polos $\phi 8 \rightarrow A_{1\phi} = 50,24 \text{ mm}^2$

$$s \leq \frac{A_{1\phi} \cdot b}{A_{sst}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{200} = 251,2 \text{ mm}$$

$$\leq 5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm}$$

DIPAKAI TULANGAN SUSUT : P8 - 250

Kontrol Kapasitas Lentur Pelat (arah Mtx dan Mlx) :

$$a = \frac{A_{s_{pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{251,2 \cdot 240}{0,85 \cdot 28 \cdot 1000} = 2,533 \text{ mm} \quad (3.2.21)$$

$$M_n = A_{s_{pakai}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 251,2 \cdot 240 \cdot (76 - \frac{2,533}{2}) \quad (3.2.22)$$

$$= 4,5055 \text{ KNm} > 1,4861 \text{ KNm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

b. Perencanaan Tulangan Mly (Dihitung menggunakan rumus 3.2.12 – 3.2.22)

$$M_u = 0,7856 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{0,7856}{0,8} = 0,982 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 28} = 10,0840$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{0,982 \cdot 10^6}{1000 \cdot 68^2} = 0,2123 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan (ρ) :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{240} \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0602$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0602 = 0,0452$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{10,0840} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,0840 \cdot 0,2123}{240}} \right)$$

$$= 0,00088 < \rho_{\min} = 0,00583$$

$$1,33 \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot 0,00088 = 0,00118 < \rho_{\min} = 0,00583$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,33 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 0,00118$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00118 \cdot 1000 \cdot 68 = 80,388 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{tul.susut}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = A_{S_{\text{tul.susut}}} = 200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos \emptyset 8 mm, maka :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{1\emptyset} \cdot b}{A_{S_{\text{perlu}}}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{200} = 251,2 \text{ mm}^2$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

$$\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm}$$

Dipakai jarak antar tulangan (s_{pakai}) = 200 mm

DIPAKAI TULANGAN POKOK : P8- 200 mm

Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{A_{1\phi} \cdot 1000}{s_{\text{pakai}}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{200} = 251,2 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 80,388 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kapasitas Lentur Pelat (arah Mly) :

$$a = \frac{A_{S_{\text{pakai}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{251,2 \cdot 240}{0,85 \cdot 28 \cdot 1000} = 2,533 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{S_{\text{pakai}}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 251,2 \cdot 240 \cdot (68 - \frac{2,533}{2}) \\ &= 4,0232 \text{ KNm} > 0,982 \text{ KNm} \dots\dots\dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

c. Perencanaan Tulangan Mty (Dihitung menggunakan rumus 3.2.12 – 3.2.22)

$$M_u = 0,7856 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{0,7856}{0,8} = 0,982 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 28} = 10,0840$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{0,982 \cdot 10^6}{1000 \cdot 76^2} = 0,1700 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan (ρ) :

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0602$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0602 = 0,0452$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{10,0840} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,0840 \cdot 0,1700}{240}} \right)$$

$$= 0,00071 < \rho_{min} = 0,00583$$

$$1,33 \rho_{perlu} = 1,33 \cdot 0,00071 = 0,00094 < \rho_{min} = 0,00583$$

$$\rho_{pakai} = 1,33 \cdot \rho_{perlu} = 0,00094$$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,00094 \cdot 1000 \cdot 76 = 71,8617 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{tul.susut}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}}$$

$$A_{S_{perlu}} = A_{S_{tul.susut}} = 200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos $\emptyset 8$ mm, maka :

$$A_{1\emptyset} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{1\emptyset} \cdot b}{A_{S_{perlu}}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{71,8617} = 699,12 \text{ mm}^2$$

Dipakai jarak antar tulangan (s_{pakai}) = 200 mm

DIPAKAI TULANGAN POKOK : P8- 200 mm

Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_{S_{pakai}} = \frac{A_{1\emptyset} \cdot 1000}{s_{pakai}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{200} = 251,2 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} = 71,8617 \text{ mm}^2$$

Tulangan susut

dipakai tulangan polos $\emptyset 8 \rightarrow A_{1\emptyset} = 50,24 \text{ mm}^2$

$$s \leq \frac{A_{1\phi} \cdot b}{A_{sst}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{200} = 251,2 \text{ mm}$$

$$\leq 5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm}$$

DIPAKAI TULANGAN SUSUT : P8 - 250

Kontrol Kapasitas Lentur Pelat (arah Mty) :

$$a = \frac{A_{s_{pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{251,2 \cdot 240}{0,85 \cdot 28 \cdot 1000} = 2,533 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{pakai}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 251,2 \cdot 240 \cdot (76 - \frac{2,533}{2})$$

$$= 4,505 \text{ KNm} > 0,982 \text{ KNm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Tabel 4.3 Perencanaan Pelat Atap

	Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu (KNm)	1.1889	1.1889	0.7856	0.7856
Mn (KNm)	1.486125	1.486125	0.982	0.982
h (mm)	100	100	100	100
M	10.084	10.084	10.084	10.084
d (mm)	76	76	68	76
Rn (MPa)	0.25729311	0.257293	0.21237	0.170014
P _{min}	0.00583	0.00583	0.00583	0.00583
P _b	0.0602	0.0602	0.0602	0.0602
P _{maks}	0.00452	0.00452	0.00452	0.00452
P _{perlu}	0.00107791	0.001078	0.000889	0.000711
1.33.p _{perlu}	0.00143362	0.001434	0.001182	0.000946
P _{perlu}	0.00143362	0.001434	0.001182	0.000946
A _{Sperlu} (mm ²)	108.955436	108.9554	80.36846	71.86176
A _{stul susut} (mm ²)	200	200	200	200
	A _{Sperlu} < A _{stul.susut}			
A _{1Ø} (mm ²)	50.24	50.24	50.24	50.24
s (mm)	251.2	251.2	251.2	251.2
Spakai (mm)	200	200	200	200
A _{Spakai} (mm ²)	251.2	251.2	251.2	251.2
a (mm)	2.53310924	2.533109	2.533109	2.533109
Mn (KNm)	4.50552995	4.50553	4.023226	4.50553
Kontrol	OK	OK	OK	OK
Tul. Pokok	P8-200	P8-200	P8-200	P8-200
A _{Ssusut} (mm ²)		200		200
D _{tul.susut}		8		8
A _{1Øsusut} (mm ²)		50.24		50.24
S _{maks} (mm)		251.2		251.2
Spakai (mm)		250		250
Tul. susut		P8-250		P8-250

4.2.3 Pembebanan Pelat Lantai

- Beban mati pelat lantai :

1. berat sendiri pelat (perkiraan) : $0,12 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$

2. pasir (tebal 5 cm) : $0,05 \times 16 = 0,80 \text{ kN/m}^2$

3. spesi (tebal 3 cm) : $0,03 \times 21 = 0,63 \text{ kN/m}^2$

4. keramik : $0,01 \times 20 = 0,20 \text{ kN/m}^2$

beban mati total (qD) = $4,51 \text{ kN/m}^2$

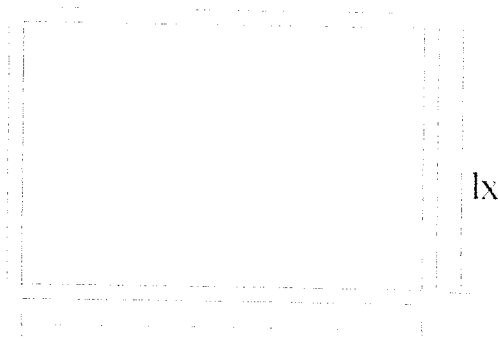
- Beban hidup pelat lantai :

Gedung ini berfungsi sebagai kantor dan ruang kuliah, sehingga beban hidup (qL) sebesar 250 kg/cm^2 atau $2,5 \text{ kN/m}^2$ (PPIUG, 1983 tabel 3.1, halaman 17)

- Kombinasi pembebanan (SK SNI T-15-1991-03, pasal 3.2.2)

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL = 1,2 \cdot 4,51 + 1,6 \cdot 2,5 = 9,412 \text{ kNm}$$

4.2.5 Perencanaan Pelat Lantai (Menggunakan Rumus 3.2.1 – 3.2.22)



$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{3,0}{2,0} = 1,5 \rightarrow \text{dihitung sebagai pelat 2 arah}$$

Koefisien Momen (Tabel PBI 1971)

Koef. momen pelat (C)	1,5
$M_{lx} = - M_{tx}$	56
M_{ly}	37
$- M_{ty}$	37

- Momen yang bekerja pada pelat

$$M_u = 0,001 \cdot qU \cdot lx^2 \cdot C$$

$$M_{lx} = - M_{tx} = 0,001 \cdot 9,412 \cdot 2^2 \cdot 56 = 2,1083 \text{ KNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot 9,412 \cdot 2^2 \cdot 37 = 1,3929 \text{ KNm}$$

$$- M_{ty} = 0,001 \cdot 9,412 \cdot 2^2 \cdot 37 = 1,3929 \text{ KNm}$$

Tebal pelat dipakai = 120 mm

- Tinggi manfaat (d) pelat lantai

Digunakan tulangan pokok \hat{O} 10 mm

Penutup beton (P_b) = 20 mm

$$\text{- Lapangan arah -x : } d = h - P_b - \frac{1}{2} \cdot \hat{O}_{tul,x}$$

$$= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 8 = 96 \text{ mm}$$

$$\text{- Lapangan arah -y : } d = h - P_b - \hat{O}_{tul,x} - \frac{1}{2} \hat{O}_{tul,y}$$

$$= 120 - 20 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 8 = 88 \text{ mm}$$

$$\text{- Tumpuan arah -x dan arah -y : } d = 95 \text{ mm}$$

Perencanaan Tulangan M_{lx} dan M_{tx}

$$M_u = 2,1083 \text{ KNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,8} = \frac{2,1083}{0,8} = 2,6354 \text{ KNm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 28} = 10,0840$$

Koefisien ketahanan (Rn), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{2,6354 \cdot 10^6}{1000 \cdot 96^2} = 0,2859 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan (ρ) :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{240} = 0,00583$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{fy} \cdot \left(\frac{600}{600 + fy} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{240} \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0602$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0602 = 0,0452$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{10,0840} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 10,0840 \cdot 0,2859}{240}} \right) \\ &= 0,001198 < \rho_{\min} = 0,00583 \end{aligned}$$

$$1,33 \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot 0,001198 = 0,00594 < \rho_{\min} = 0,00583$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,33 \rho_{\text{perlu}} = 0,00594$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00594 \cdot 1000 \cdot 96 = 153,054 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{tul.susut}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = A_{S_{\text{tul.susut}}} = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan polos \hat{O} 8 mm, maka :

$$A_{1\hat{O}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{1\phi} \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{240} = 209,333 \text{ mm}$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

$$\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

Dipakai jarak antar tulangan (s_{pakai}) = 200 mm

DIPAKAI TULANGAN POKOK : P8- 200 mm

Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_{s_{pakai}} = \frac{A_{1\phi} \cdot 1000}{s_{pakai}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{240} = 251,2 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 240 \text{ mm}^2$$

Tulangan Susut

Digunakan tulangan polos $\phi 8 \text{ mm} \rightarrow A_{1\phi} = 50,24 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak antar tulangan : } s \leq \frac{A_{1\phi} \cdot 1000}{A_{s_{sus}}} = \frac{50,24 \cdot 1000}{240} = 209,333 \text{ mm}$$

$$\leq 500 \text{ mm}$$

$$\leq 5 \cdot h = 5 \cdot 120 = 600 \text{ mm}$$

DIPAKAI TULANGAN SUSUT : P8-200 mm

Kontrol Kapasitas Lentur Pelat (arah M_{tx} dan M_{ly}) :

$$a = \frac{A_{s_{pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{251,2 \cdot 240}{0,85 \cdot 28 \cdot 1000} = 2,533 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{pakai}} \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 251,2 \cdot 240 \cdot (96 - \frac{2,533}{2})$$

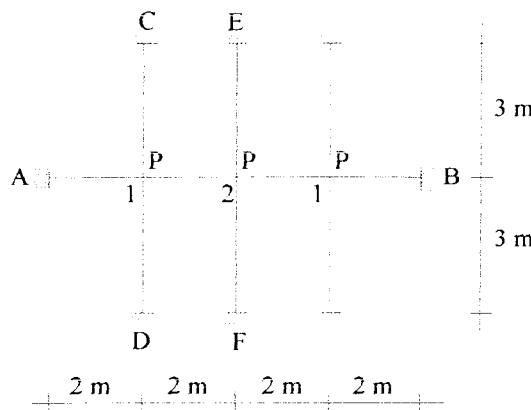
$$= 5,711 \text{ KNm} > 2,6354 \text{ KNm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Tabel 4.4 Perencanaan Pelat Lantai Tipe 1

	Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu (KNm)	2,1083	2,1083	1,3929	1,3929
Mn (KNm)	2,635375	2,635375	1,741125	1,741125
h (mm)	120	120	120	120
m	10,084	10,084	10,084	10,084
d (mm)	96	96	88	96
Rn (MPa)	0,285956489	0,2859565	0,224835	0,188924
ρ_{min}	0,00583	0,00583	0,00583	0,00583
ρ_b	0,0602	0,0602	0,0602	0,0602
ρ_{maks}	0,00452	0,00452	0,00452	0,00452
ρ_{perlu}	0,00119873	0,0011987	0,000941	0,00079
$1.33 \cdot \rho_{perlu}$	0,001594312	0,0015943	0,001252	0,001051
ρ_{pakai}	0,001594312	0,0015943	0,001252	0,001051
A_{Sperlu} (mm ²)	153,0539097	153,05391	110,1676	100,9098
$A_{Stul\ susut}$ (mm ²)	240	240	240	240
	$A_{Sperlu} < A_{Stul\ susut}$			
\emptyset_{tul} (mm)	8	8	8	8
$A1\emptyset$ (mm ²)	50,24	50,24	50,24	50,24
S_{maks} (mm)	209,3333333	209,33333	209,3333	209,3333
S_{pakai} (mm)	200	200	200	200
A_{Spakai} (mm ²)	251,2	251,2	251,2	251,2
a (mm)	2,533109244	2,5331092	2,533109	2,533109
Mn (KNm)	5,711289955	5,71129	5,228986	5,71129
Kontrol	OK	OK	OK	OK
Tul. Pokok	P8-200	P8-200	P8-200	P8-200
$A_{Stul\ susut}$ (mm ²)		240		240
$D_{tul\ susut}$		8		8
$A1\emptyset_{sst}$ (mm ²)		50,24		50,24
S_{maks} (mm)		209,33333		209,3333
S_{pakai} (mm)		200		200
Tul. bagi		P8-200		P8-200

4.3 Perencanaan Balok Anak (Balok Grid)

4.3.1 Balok Grid 1



A-B = balok arah panjang

C-D = E-F = balok arah pendek

EI = sama untuk semua balok

Gambar 4.4 Rencana balok grid 1

4.3.1.1 Pembebanan Balok Grid

Perhitungan beban yang bekerja pada balok silang :

1. Beban mati (PD)

- Beban pelat lantai $= (3 \times 2) \cdot 4,51 = 27,06 \text{ kN}$
- Berat balok silang $(25/40) = 0,25 \cdot (0,4-0,12) \cdot 24 \cdot 2 = 3,36 \text{ kN}$
- Berat balok bawah $(25/40) = 0,25 \cdot (0,4-0,12) \cdot 24 \cdot 3 = 5,04 \text{ kN}$

$$PD = 35,46 \text{ kN}$$

2. Beban hidup (PL)

- Beban hidup pelat lantai $= (3 \times 2) \cdot 2,5 = 15 \text{ kN}$

$$P = 1,2PD + 1,6PL = 1,2 \cdot 35,46 + 1,6 \cdot 15 = 66,552 \text{ kN}$$

Simpul 1

Perhitungan lendutan dengan tabel Makowski :

$$\left\{ 9(P - x_1) + 11(P - x_2) + 7(P - x_1) \right\} \frac{L^3}{768EI} = x_1 \cdot \frac{L^3}{48EI}$$

$$\{9(66,552 - x_1) + 11(66,552 - x_2) + 7(66,552 - x_1)\} \frac{8^3}{768EI} = x_1 \cdot \frac{6^3}{48EI}$$

$$\{598,968 - 9x_1 + 732,072 - 11x_2 + 465,864 - 7x_1\} 0,667 = 4,5x_1$$

$$\{1796,904 - 16x_1 - 11x_2\} 0,667 = 4,5x_1$$

$$1198,5350 - 15,172x_1 - 7,337x_2 = 0 \dots\dots\dots (1)$$

Simpul 2

$$\{11(P - x_1) + 16(P - x_2) + 11(P - x_1)\} \frac{L^3}{768EI} = x_2 \cdot \frac{L^3}{48EI}$$

$$\{11(66,552 - x_1) + 16(66,552 - x_2) + 11(66,552 - x_1)\} \frac{8^3}{768EI} = x_2 \cdot \frac{6^3}{48EI}$$

$$\{732,072 - 11x_1 + 1064,832 - 16x_2 + 732,072 - 11x_1\} 0,667 = 4,5 \cdot x_2$$

$$\{2528,976 - 22x_1 - 16x_2\} 0,667 = 4,5x_2$$

$$1686,8270 - 14,674x_1 - 15,172x_2 = 0 \dots\dots\dots (2)$$

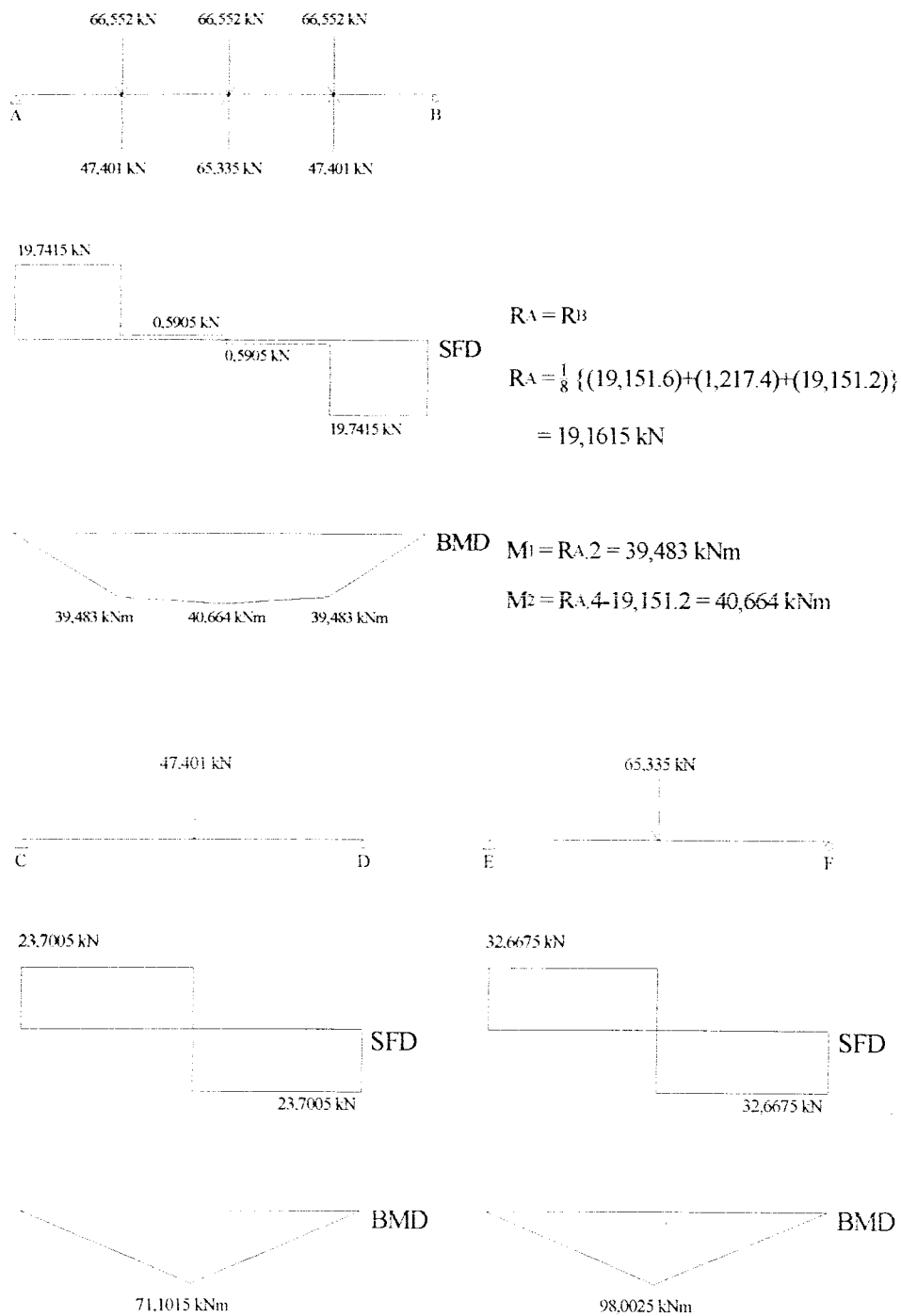
substitusi pers. (1) dan (2) :

$$15,172x_1 + 7,337x_2 = 1198,5350$$

$$14,674x_1 + 15,172x_2 = 1686,8270$$

didapat : $x_1 = 47,401 \text{ kN}$

$$x_2 = 65,335 \text{ kN}$$



Gambar 4.5 Grafik SFD dan BMD Balok Grid 1

$$R_C = R_D = 23,7005 \text{ kN}$$

$$R_E = R_F = 32,6675 \text{ kN}$$

$$M_1 = R_C \cdot 3 = 71,1015 \text{ kNm}$$

$$M_2 = R_E \cdot 3 = 98,0025 \text{ kNm}$$

4.3.1.2 Perhitungan Tulangan Tumpuan Balok Grid 1 Arah Panjang (BG1)

Data : - $f'c = 28$ MPa

- f_y ulir = 400 MPa

- Tul. pokok ϕ 16 mm

- Tul. sengkang ϕ 8 mm

Perhitungan :

Mmaks pada balok atas = 40,664 kNm (BMD bentang AB hal 105)

$M_u = 2/3 \cdot 40,664 = 27,1093$ kNm

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{27,1093}{0,8} = 33,8866 \text{ kNm}$$

Perencanaan balok dipakai ukuran 25/40

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{240} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303 \quad (3.3.10)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227 \quad (3.3.11)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,0227 = 0,0114 \quad (3.3.12)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067 \quad (3.3.13)$$

$$R_n = \rho_{pakai} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{pakai} \cdot m) = 0,0114 \cdot 400 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0114 \cdot 16,8067) \quad (3.3.14)$$

$$= 4,1232 \text{ MPa}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{M_u / \phi}{R_n} = \frac{33,8866 \cdot 10^6}{4,1232} = 8231924,286 \text{ mm}^2$$

diambil $b = 250$ mm, maka :

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{8231924,286}{250}} = 181,4599 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{pakai}} &= h - p_b - \phi_{\text{sengkang}} - 0,5 \cdot \phi_{\text{tul.pokok}} \\ &= 400 - 40 - 8 - 0,5 \cdot 16 = 344 \text{ mm} > d_{\text{perlu}} = 181,4599 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $d_{\text{pakai}} > d_{\text{perlu}}$, maka direncanakan sebagai tulangan sebelah

$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{33,8866 \cdot 10^6}{250 \cdot 344^2} = 1,1454 \text{ MPa} \quad (3.3.16)$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} \rho_{\text{pakai}} = \frac{1,1454}{4,1232} \cdot 0,0114 = 0,00317 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{baru}} = 0,00421$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 250 \cdot 344 = 301 \text{ mm}^2 \quad (3.3.18)$$

$$A_{1\phi 16} = 200,96 \text{ mm}^2$$

dipakai 2 $\phi 16$, maka :

$$A_{S_{\text{tul}}} = 2 \times 200,96 = 401,92 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 340,385 \text{ mm}^2 \quad (3.3.20)$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2 \cdot p_b - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul}}}{(n-1)} = \frac{250 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 16}{2-1} \\ &= 134 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_{S_{\text{pakai}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{401,92 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 250} = 27,01983 \text{ mm} \quad (3.3.21)$$

$$Mn = A_{S_{\text{pakai}}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 401,92 \cdot 400 \left(344 - \frac{27,0198}{2} \right) \quad (3.3.22)$$

$$= 53,132 \text{ KNm} > 33,8866 \text{ KNm} \dots \dots (\text{OK})$$

4.3.1.3 Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Panjang

Mmaks pada balok atas = 40,664 kNm (BMD bentang AB hal 105)

$$M_u = 2/3 \cdot 40,664 = 27,1093 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{27,1093}{0,8} = 33,8866 \text{ kNm}$$

Perencanaan balok dipakai ukuran 25/40

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{240} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,0227 = 0,0114$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067$$

$$R_n = \rho_{pakai} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{pakai} \cdot m) = 0,0114 \cdot 400 (1 - 0,5 \cdot 0,0114 \cdot 16,8067) \\ = 4,1232 \text{ MPa}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{M_u / \phi}{R_n} = \frac{33,8866 \cdot 10^6}{4,1232} = 8231924,286 \text{ mm}^2$$

diambil $b = 250 \text{ mm}$, maka :

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{8231924,286}{250}} = 181,4599 \text{ mm}$$

$$d_{pakai} = h - p_b - \phi_{sengkang} - \phi_{tul.blk.pendek} - 0,5 \cdot \phi_{tul.lap} \\ = 400 - 40 - 8 - 16 - 0,5 \cdot 16 = 328 \text{ mm} > d_{perlu} = 181,4599 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan sebelah

$$Rn_{baru} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{33,8866 \cdot 10^6}{250 \cdot 328^2} = 1,2599 \text{ MPa}$$

$$\rho_{baru} = \frac{Rn_{baru}}{Rn} \rho_{pakai} = \frac{1,2599}{4,1232} \cdot 0,0114 = 0,00348 > \rho_{min} = 0,0035$$

$$< \rho_{maks} = 0,0227$$

$$1,33. \rho_{baru} = 0,00463 > \rho_{min} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,0035$$

$$A_{Sperlu} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 250 \cdot 328 = 287 \text{ mm}^2$$

$$A1\text{Ø}16 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan terpakai} = \frac{287}{200,96} = 1,434 \approx 2$$

Dipakai tulangan 2Ø16

$$A_{Spakai} = 2 \times 200,96 = 401,92 \text{ mm}^2 > A_{Sperlu} = 287 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n - 1)} = \frac{250 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 16}{2 - 1}$$

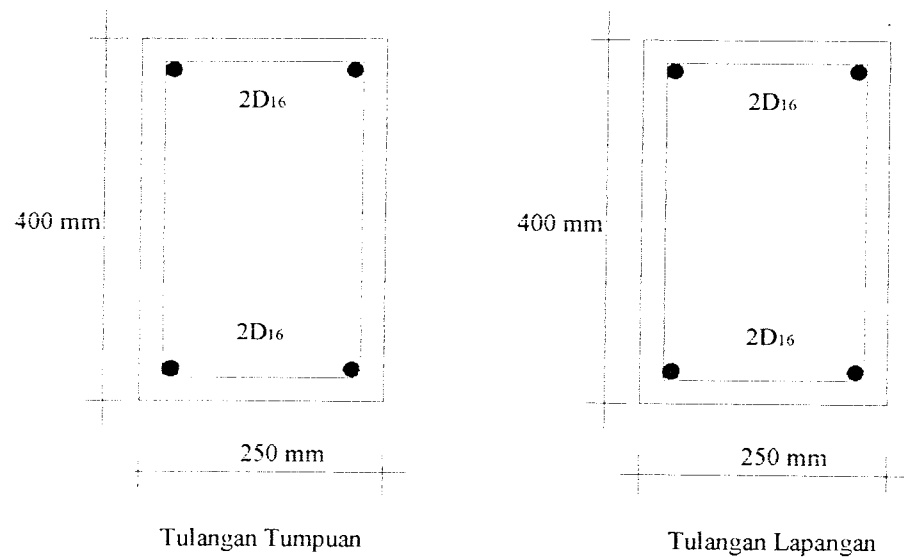
$$= 134 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_{Spakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{401,92 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 250} = 27,0198 \text{ mm}$$

$$Mn = A_{Spakai} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 401,92 \cdot 400 \left(328 - \frac{27,0198}{2} \right)$$

$$= 50,5599 \text{ KNm} > 33,8866 \text{ KNm} \dots \dots (\text{OK})$$



Gambar 4.6 Gambar Penulangan Balok Grid Arah Panjang

4.3.1.4 Penulangan Geser Balok Grid I

Dimensi balok : $b = 250 \text{ mm}$

$h = 400 \text{ mm}$

$d = 325 \text{ mm}$

$L = 8 \text{ m}$

Mutu bahan : $f'_c = 28 \text{ MPa}$

$f_y = 240 \text{ MPa}$

- Gaya geser maksimum pada ujung bentang :

$V_u = 19,7415 \text{ kN}$ (SFD bentang AB hal 105)

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{19,7415}{0,6} = 32,9025 \text{ kN}$$

- Gaya geser pada penampang kritis

$$\frac{V_{u_{kritis}}}{\phi} = \frac{4 - 0,325}{4} \cdot 32,9025 = 30,2292 \text{ kN}$$

- Kekuatan geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b.d = \frac{1}{6} \sqrt{28} \cdot 250 \cdot 325 = 71,6558 \text{ kN} \quad (3.3.38)$$

$$\frac{1}{2} V_c = \frac{1}{2} \cdot 71,6558 = 35,8279 \text{ kN}$$

$$0,5V_c < \frac{V_{u_{kritis}}}{\phi} < V_c, \text{ diperlukan sengkang minimum} \quad (3.3.41)$$

Dipakai sengkang $\emptyset 8 \text{ mm}$:

$$A_v = 2 \cdot (\pi \cdot 4^2) = 100,48 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak sengkang : } s \leq \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b} = \frac{3 \cdot 100,48 \cdot 240}{250} = 289,3824 \text{ mm} \quad (3.3.42)$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

$$\leq \frac{d}{2} = \frac{333}{2} = 166,5 \text{ mm} \quad (3.3.43)$$

Dipakai sengkang $\emptyset 8-150$

4.3.2 Perhitungan Balok Grid 1 Arah Pendek (BG1')

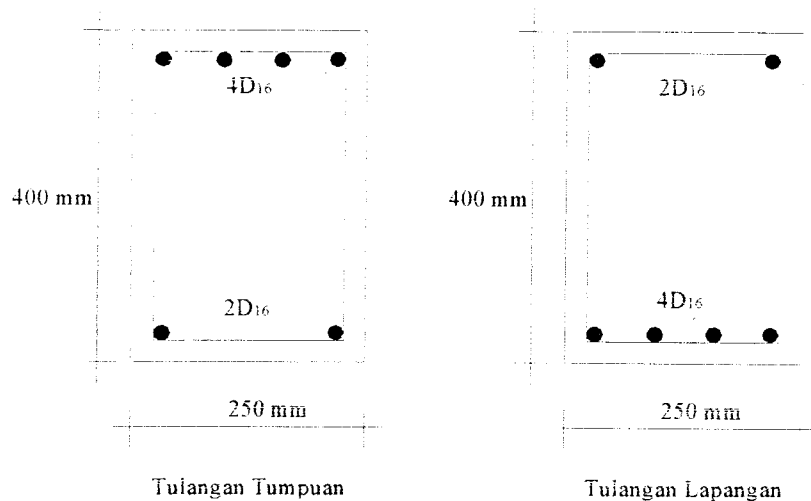
$M_{maks} = 98,0025 \text{ kN}$ (BMD bentang EF hal 105)

$M_u = 2/3 \cdot 98,0025 = 65,3349 \text{ kN}$

Tabel 4.5 Perencanaan Balok Grid 1' (BG 1')

	Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	65,335	65,335
Mu/Φ (kNm)	81,66875	81,66875
f _c (Mpa)	28	28
f _y (Mpa)	400	400
β ₁	0,85	0,85
M	16,80672	16,80672
ρ _b	0,030345	0,030345
ρ _{maks}	0,022759	0,022759
ρ _{min}	0,0035	0,0035

ρ_{pakai}	0,011379	0,011379
Rn (Mpa)	4,116489	4,116489
b.d ² perlu	19839419	19839419
b (mm)	250	250
d _{perlu} (mm)	281,7049	281,7049
h (mm)	400	400
d _{pakai} (mm)	344	328
	d _{pakai} > d _{perlu}	
Perencanaan	Tul.sebelah	Tul.sebelah
Rn _{baru} (Mpa)	2,760572	3,036465
ρ_{baru}	0,007631	0,008394
1,33. ρ_{baru}	0,010149	0,011164
ρ_{pakai}	0,007631	0,008394
A _{Sperlu} (mm ²)	656,2796	688,2933
Øtul (mm)	16	16
A _{1Øtul} (mm ²)	200,96	200,96
n perlu	3,265723	3,425026
jumlah tul. Pakai	4	4
A _{Sada} (mm ²)	803,84	803,84
s > 25 (mm)	40,66667	40,66667
a (mm)	54,03966	54,03966
Mn (kNm)	101,9205	96,77596
Kontrol	Ok !	Ok !



Gambar 4.7 Gambar Penulangan Balok Grid 1 Arah Pendek (BG1')

4.3.2.1 Penulangan Geser Balok Grid 1

Dimensi balok : $b = 250 \text{ mm}$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$d = 323,5 \text{ mm}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

Mutu bahan : $f'_c = 28 \text{ MPa}$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

- Gaya geser maksimum pada ujung bentang :

$$V_u = 32,6675 \text{ kN (SFD bentang EF hal 105)}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{32,6675}{0,6} = 54,4458 \text{ kN}$$

- Gaya geser pada penampang kritis

$$\frac{V_{u_{kritis}}}{\phi} = \frac{3 - 0,3235}{3} \cdot 54,4458 = 48,5747 \text{ kN}$$

- Kekuatan geser beton

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{28} \cdot 250 \cdot 323,5 = 71,325 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} V_c = \frac{1}{2} \cdot 71,325 = 35,6625 \text{ kN}$$

$$0,5 V_c < \frac{V_{u_{kritis}}}{\phi} < V_c, \text{ diperlukan sengkang minimum}$$

Dipakai sengkang $\phi 8 \text{ mm}$:

$$A_v = 2 \cdot (\pi \cdot 4^2) = 100,48 \text{ mm}^2$$

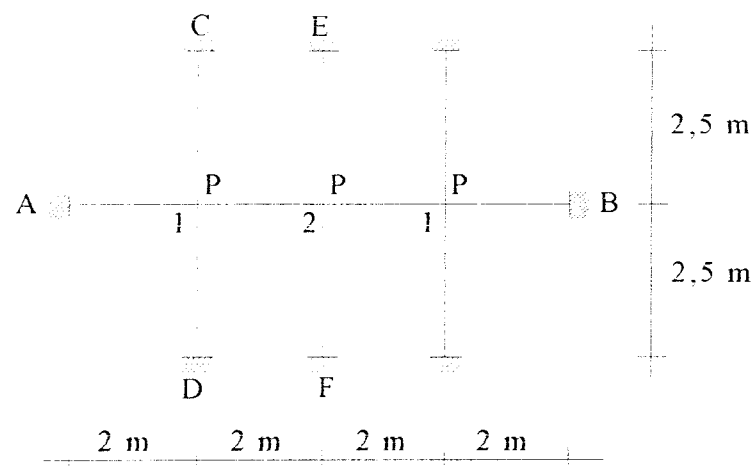
$$\text{Jarak sengkang : } s \leq \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b} = \frac{3 \cdot 100,48 \cdot 240}{250} = 289,3824 \text{ mm}$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

$$\leq \frac{d}{2} = \frac{323,5}{2} = 161,75 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang Ø8-150

4.3.3 Balok Grid 2



Gambar 4.8 Rencana balok grid 2

4.3.3.1 Pembebanan Balok Grid 2

Perhitungan beban yang bekerja pada balok silang :

1. Beban mati (PD)

- Beban pelat lantai $= (2,5 \times 2) \cdot 4,51 = 22,55 \text{ kN}$
- Berat balok silang $(25/40) = 0,25 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 24 \cdot 2 = 3,36 \text{ kN}$
- Berat balok bawah $(25/40) = 0,25 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 24 \cdot 2,5 = 4,2 \text{ kN}$ +

$$PD = 30,11 \text{ kN}$$

2. Beban hidup (PL)

- Beban hidup pelat lantai = $(2,5 \times 2) \cdot 2,5 = 12,5 \text{ kN}$

$$P = 1,2PD + 1,6PL = 1,2 \cdot 30,11 + 1,6 \cdot 12,5 = 56,132 \text{ kN}$$

Simpul 1

Perhitungan lendutan dengan tabel Makowski :

$$\{ 9(P - x_1) + 11(P - x_2) + 7(P - x_1) \} \frac{L^3}{768EI} = x_1 \cdot \frac{L^3}{48EI}$$

$$\{ 9(56,132 - x_1) + 11(56,132 - x_2) + 7(56,132 - x_1) \} \frac{8^3}{768EI} = x_1 \cdot \frac{5^3}{48EI}$$

$$\{ 505,188 - 9x_1 + 617,452 - 11x_2 + 392,924 - 7x_1 \} 0,667 = 2,604x_1$$

$$1010,881 - 10,672x_1 - 7,337x_2 = 2,604x_1$$

$$13,276x_1 + 7,337x_2 - 1010,881 = 0 \dots\dots\dots (1)$$

Simpul 2

$$\{ 11(P - x_1) + 16(P - x_2) + 11(P - x_1) \} \frac{L^3}{768EI} = x_2 \cdot \frac{L^3}{48EI}$$

$$\{ 11(56,132 - x_1) + 16(56,132 - x_2) + 11(56,132 - x_1) \} \frac{8^3}{768EI} = x_2 \cdot \frac{5^3}{48EI}$$

$$\{ 617,452 - 11x_1 + 898,112 - 16x_2 + 617,452 - 11x_1 \} 0,667 = 2,604 \cdot x_2$$

$$1422,722 - 14,674x_1 - 10,672x_2 = 2,604x_2$$

$$14,674x_1 - 13,276x_2 - 1422,722 = 0 \dots\dots\dots (2)$$

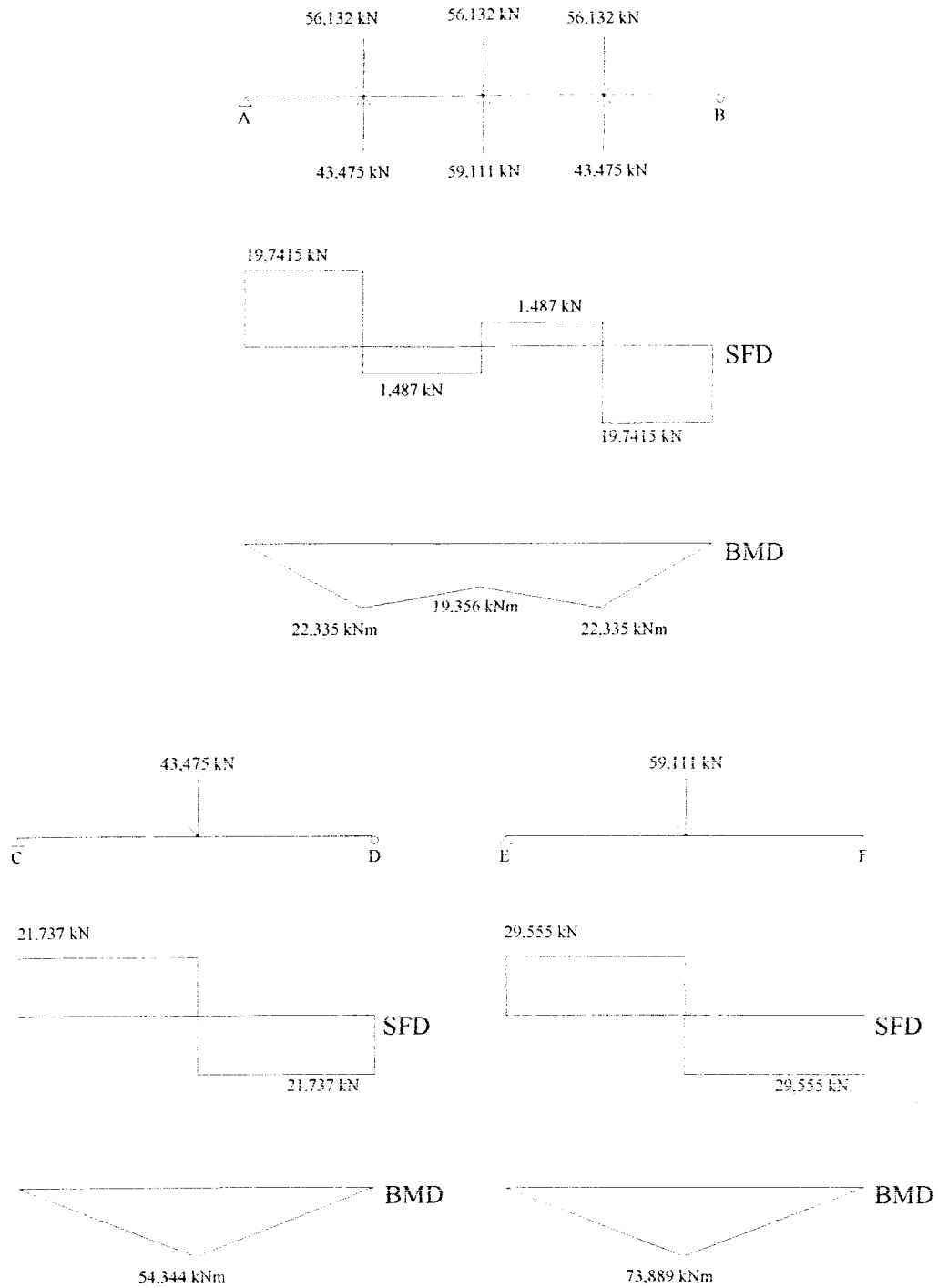
substitusi pers. (1) dan (2) :

$$13,276x_1 + 7,337x_2 = 1010,881$$

$$14,674x_1 + 13,276x_2 = 1422,722$$

didapat : $x_1 = 43,475 \text{ kN}$

$$x_2 = 59,111 \text{ kN}$$



Gambar 4.9 Grafik SFD dan BMD Balok Grid 2

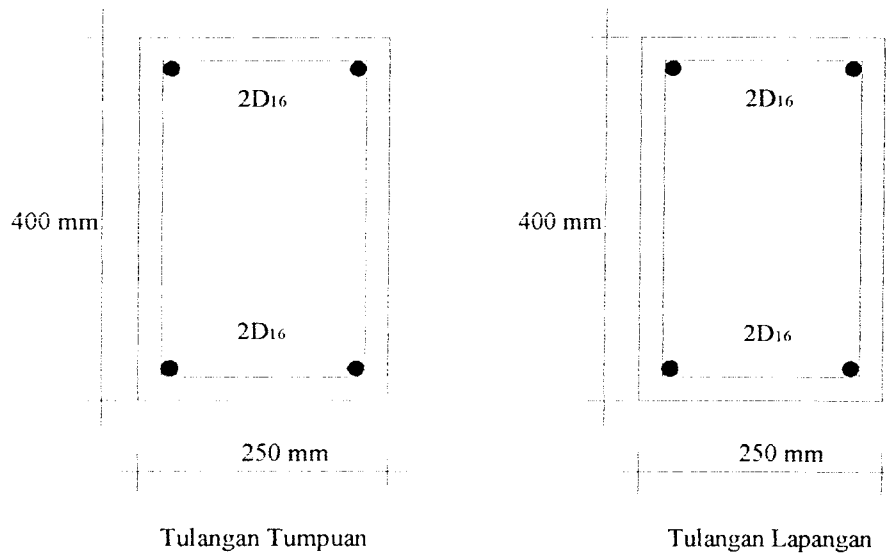
4.3.3.2 Perencanaan Tulangan Balok Grid 2

$M_{maks} = 22,34 \text{ kN}$ (Dari diagram BMD bentang AB hai 116)

$$M_u = \frac{2}{3} \cdot 22,34 = 14,89 \text{ kN}$$

Tabel 4.6 Perencanaan Balok Grid 2 (BG 2)

	Tumpuan	Lapangan
M_u (kNm)	14.89	14.89
M_u/Φ (kNm)	18.6125	18.6125
f_c (Mpa)	28	28
f_y (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269
ρ_b	0.030345	0.030345
ρ_{maks}	0.02275875	0.02275875
ρ_{min}	0.0035	0.0035
ρ_{pakai}	0.011379375	0.011379375
R_n (Mpa)	4.116488906	4.116488906
$b \cdot d^2_{perlu}$	4521450.3	4521450.3
b (mm)	250	250
d_{perlu} (mm)	134.4834607	134.4834607
h (mm)	400	400
d_{pakai} (mm)	344	328
	$d_{pakai} > d_{perlu}$	
Perencanaan	Tul.sebelah	Tul.sebelah
R_{nbaru} (Mpa)	0.629140752	0.6920174
ρ_{baru}	0.001739159	0.001912971
$1,33 \cdot \rho_{baru}$	0.002313081	0.002544252
ρ_{pakai}	0.002313081	0.002544252
A_{Sperlu} (mm ²)	198.9250012	208.6286598
ϕ_{tul} (mm)	16	16
$A_{1\phi_{tul}}$ (mm ²)	200.96	200.96
n_{perlu}	0.989873613	1.03816013
jumlah tul. Pakai	2	2
A_{Sada} (mm ²)	401.92	401.92
$s > 25$ (mm)	154	154
a (mm)	27.01983193	27.01983193
M_n (kNm)	53.13222983	50.55994183
Kontrol	Ok !	Ok !



Gambar 4.10 Tulangan Balok Grid 2 (BG 2)

4.3.3.3 Perencanaan Tulangan Geser Balok Grid 2 (BG 2)

$$V_{u_{maks}} = 11,17 \text{ kN (SFD bentang AB hal 116)}$$

Tabel 4.7 Penulangan Geser Balok Grid 2

L (m)	8
b (mm)	250
h (mm)	400
d (mm)	328
f_c (Mpa)	28
f_y (Mpa)	240
V_u (kN)	11.17
V_u/Φ (kN)	18.61666667
V_u/Φ_{kritis} (kN)	17.0901
V_c (kN)	72.3172025
$0,5 \cdot V_c$ (kN)	36.15860125
Kondisi	$0,5 \cdot V_c < (V_u/\Phi_{kritis}) < V_c$ sengkang minimum
ϕ sengkang (mm)	8
A_v (mm ²)	100.48
s (mm)	289.3824
d/2 (mm)	164
Penulangan	P8-160

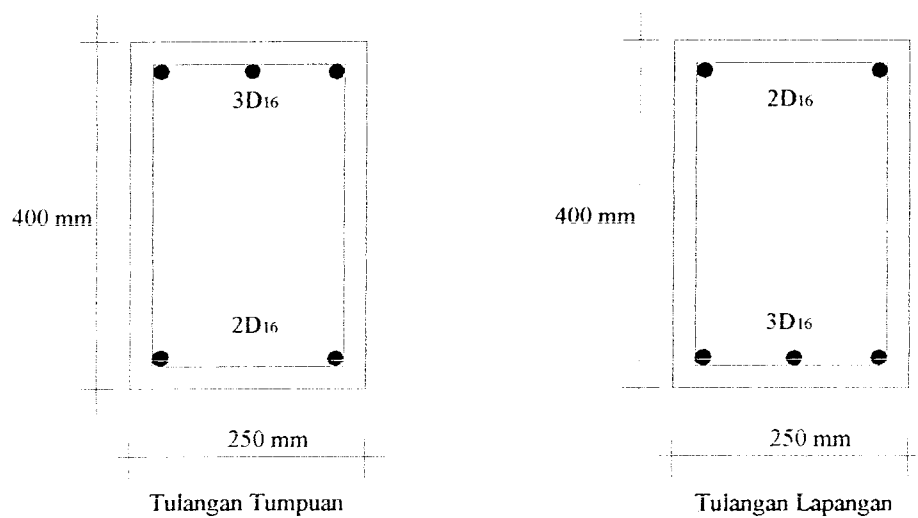
4.3.4 Perencanaan Balok Grid 2' (BG2')

$M_{maks} = 79,889 \text{ kNm}$ (BMD bentang EF hal 116)

$M_u = 2/3 \cdot 73,889 = 49,259 \text{ kNm}$

Tabel 4.8 Perencanaan Balok Grid 2' (BG 2')

	Tumpuan	Lapangan
M_u (kNm)	49.259	49.259
M_u/Φ (kNm)	61.57375	61.57375
f_c (Mpa)	28	28
f_y (Mpa)	400	400
β_1	0.85	0.85
m	16.80672269	16.80672269
ρ_b	0.030345	0.030345
ρ_{maks}	0.02275875	0.02275875
ρ_{min}	0.0035	0.0035
ρ_{pakai}	0.011379375	0.011379375
R_n (Mpa)	4.116488906	4.116488906
$b \cdot d^2_{perlu}$	14957832.12	14957832.12
b (mm)	250	250
d_{perlu} (mm)	244.6044327	244.6044327
h (mm)	400	400
d_{pakai} (mm)	344	328
	$d_{pakai} > d_{perlu}$	
Perencanaan	Tul.sebelah	Tul.sebelah
$R_{n_{baru}}$ (Mpa)	2.081319294	2.289327409
ρ_{baru}	0.005753474	0.006328479
$1,33 \cdot \rho_{baru}$	0.007652121	0.008416878
ρ_{pakai}	0.005753474	0.006328479
$A_{S_{perlu}}$ (mm ²)	494.7987818	518.9353077
ϕ_{tul} (mm)	16	16
$A_{l\phi_{tul}}$ (mm ²)	200.96	200.96
n_{perlu}	2.462175467	2.582281587
jumlah tul. Pakai	3	3
$A_{s_{ada}}$ (mm ²)	602.88	602.88
$s > 25$ (mm)	69	69
a (mm)	40.5297479	40.5297479
M_n (kNm)	78.06937312	74.21094112
Kontrol	Ok !	Ok !



Gambar 4.11 Tulangan Balok Grid 2' (BG 2')

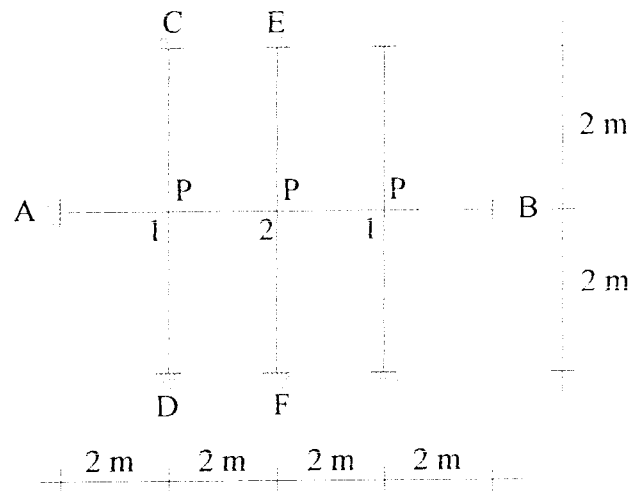
4.3.4.1 Perencanaan Tulangan Geser Balok Grid 2' (BG2')

$V_{maks} = 29,555 \text{ kN}$ (Dari diagram SFD bentang EF hal 116)

Tabel 4.9 Penulangan Geser Balok Grid 2'

L (m)	5
b (mm)	250
h (mm)	400
d (mm)	328
f'_c (Mpa)	28
f_y (Mpa)	240
V_u (kN)	29.555
V_u/Φ (kN)	49.25833333
V_u/Φ_{kritis} (kN)	42.79564
V_c (kN)	72.3172025
$0,5 \cdot V_c$ (kN)	36.15860125
Kondisi	$0,5 \cdot V_c < (V_u/\Phi_{kritis}) < V_c$
	sengkang minimum
ϕ sengkang (mm)	8
A_v (mm ²)	100.48
s (mm)	289.3824
d/2 (mm)	164
Penulangan	P8-160

4.3.5 Perencanaan Balok Grid 3 (BG 3)



Gambar 4.12 Rencana balok grid 3

4.3.5.1 Pembebanan Balok Grid 3

Perhitungan beban yang bekerja pada balok silang :

1. Beban mati (PD)

- Beban pelat lantai $= (2 \times 2) \cdot 4,51 = 18,04 \text{ kN}$
- Berat balok silang $(25/40) = 0,25 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 24 \cdot 2 = 3,36 \text{ kN}$
- Berat balok bawah $(25/40) = 0,25 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 24 \cdot 2 = 3,36 \text{ kN} +$

$$PD = 24,76 \text{ kN}$$

2. Beban hidup (PL)

- Beban hidup pelat lantai $= (2 \times 2) \cdot 2,5 = 10 \text{ kN}$

$$P = 1,2PD + 1,6PL = 1,2 \cdot 24,76 + 1,6 \cdot 10 = 45,712 \text{ kN}$$

Simpul 1

Perhitungan lendutan dengan tabel Makowski :

$$\{ 9(P - x_1) + 11(P - x_2) + 7(P - x_1) \} \frac{L^3}{768EI} = x_1 \cdot \frac{L^3}{48EI}$$

$$\{ 9(45,712 - x_1) + 11(45,712 - x_2) + 7(45,712 - x_1) \} \frac{8^3}{768EI} = x_1 \cdot \frac{4^3}{48EI}$$

$$\{ 411,408 - 9x_1 + 502,832 - 11x_2 + 319,984 - 7x_1 \} 0,667 = 1,333x_1$$

$$823,227 - 10,672x_1 - 7,3373x_2 = 1,333x_1$$

$$12,005x_1 + 7,337x_2 - 823,227 = 0 \dots\dots\dots (1)$$

Simpul 2

$$\{ 11(P - x_1) + 16(P - x_2) + 11(P - x_1) \} \frac{L^3}{768EI} = x_2 \cdot \frac{L^3}{48EI}$$

$$\{ 11(45,712 - x_1) + 16(45,712 - x_2) + 11(45,712 - x_1) \} \frac{8^3}{768EI} = x_2 \cdot \frac{4^3}{48EI}$$

$$\{ 502,832 - 11x_1 + 731,392 - 16x_2 + 502,832 - 11x_1 \} 0,667 = 1,333 \cdot x_2$$

$$1158,612 - 14,674x_1 - 10,672x_2 = 1,333x_2$$

$$14,674x_1 - 12,005x_2 - 1158,612 = 0 \dots\dots\dots (2)$$

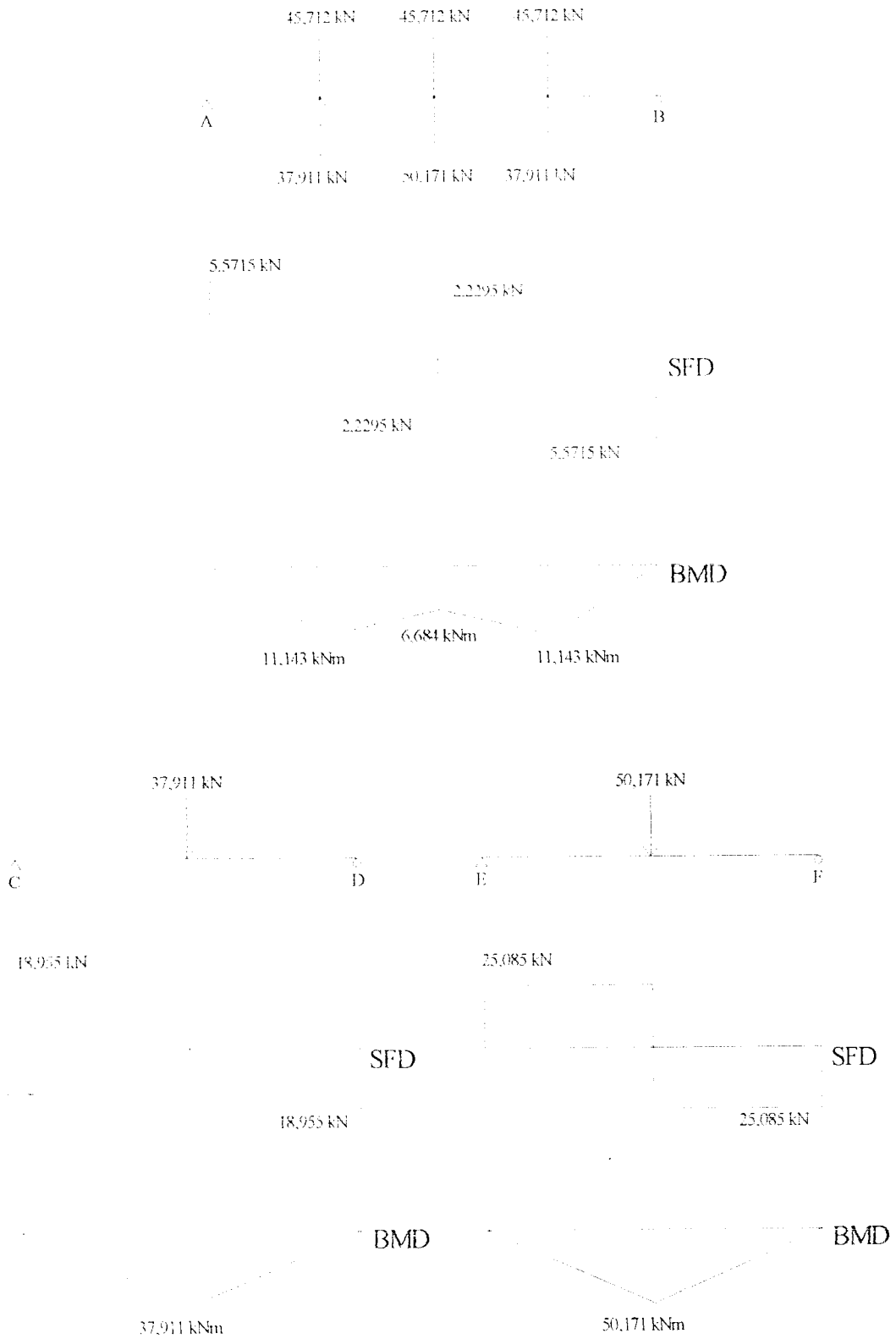
substitusi pers. (1) dan (2) :

$$12,0056x_1 + 7,337x_2 = 823,227$$

$$14,674x_1 + 12,005x_2 = 1158,612$$

didapat : $x_1 = 50,171 \text{ kN}$

$$x_2 = 37,911 \text{ kN}$$



Gambar 4.13 Grafik SFD dan BMD Balok Grid 3

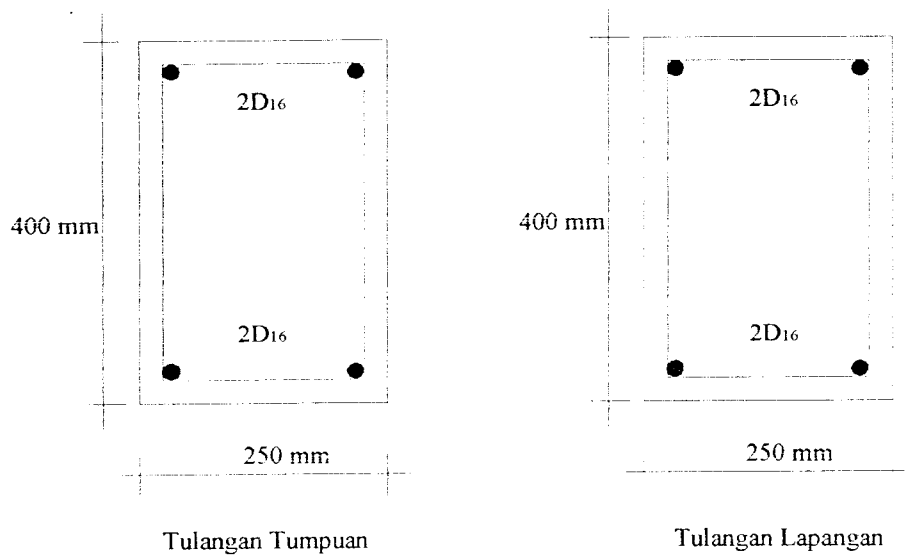
4.3.5.1 Perencanaan Tulangan Balok Grid 3 (BG 3)

$M_{maks} = 11,143 \text{ kN}$ (Dari diagram BMD bentang AB hai 123)

$M_u = 2/3 \cdot 11,143 = 7,429 \text{ kNm}$

Tabel 4.10 Perencanaan Balok Grid 3 (BG 3)

	Tumpuan	Lapangan
M_u (kNm)	7,429	7,429
M_u/Φ (kNm)	9,28625	9,28625
f'_c (Mpa)	28	28
f_y (Mpa)	400	400
β_1	0,85	0,85
m	16,80672269	16,80672269
ρ_b	0,030345	0,030345
ρ_{maks}	0,02275875	0,02275875
ρ_{min}	0,0035	0,0035
ρ_{pakai}	0,011379375	0,011379375
R_n (Mpa)	4,116488906	4,116488906
$b \cdot d^2$ perlu	2255866,641	2255866,641
b (mm)	250	250
d_{perlu} (mm)	94,99192893	94,99192893
h (mm)	400	400
d_{pakai} (mm)	344	328
	$d_{pakai} > d_{perlu}$	
Perencanaan	Tul.sebelah	Tul.sebelah
$R_{n_{baru}}$ (Mpa)	0,313894335	0,345265095
ρ_{baru}	0,000867711	0,00095443
$1,33 \cdot \rho_{baru}$	0,001154055	0,001269392
ρ_{pakai}	0,001154055	0,001269392
$A_{S_{perlu}}$ (mm ²)	99,2487464	104,0901487
ϕ_{tul} (mm)	16	16
$A_{I\phi_{tul}}$ (mm ²)	200,96	200,96
n perlu	0,493873141	0,517964514
jumlah tul. Pakai	2	2
$A_{S_{ada}}$ (mm ²)	401,92	401,92
$s > 25$ (mm)	154	154
a (mm)	27,01983193	27,01983193
M_n (kNm)	53,13222983	50,55994183
Kontrol	Ok !	Ok !



Gambar 4.14 Tulangan Balok Grid 3 (BG 3)

4.3.5.2 Perencanaan Tulangan Geser Balok Grid 3 (BG 3)

$V_{maks} = 5,5715 \text{ kN}$ (Dari diagram SFD bentang AB hai 123)

Tabel 4.11 Penulangan Geser Balok Grid 3

L (m)	8
b (mm)	250
h (mm)	400
d (mm)	328
f_c (Mpa)	28
f_y (Mpa)	240
V_u (kN)	5,5715
V_u/Φ (kN)	9,285833333
V_u/Φ_{kritis} (kN)	8,524395
V_c (kN)	72,3172025
$0,5 \cdot V_c$ (kN)	36,15860125
Kondisi	$0,5 \cdot V_c < (V_u/\Phi_{kritis}) < V_c$ sengkang minimum
\emptyset sengkang (mm)	8
A_v (mm ²)	100,48
s (mm)	289,3824
d/2 (mm)	164
Penulangan	P8-160

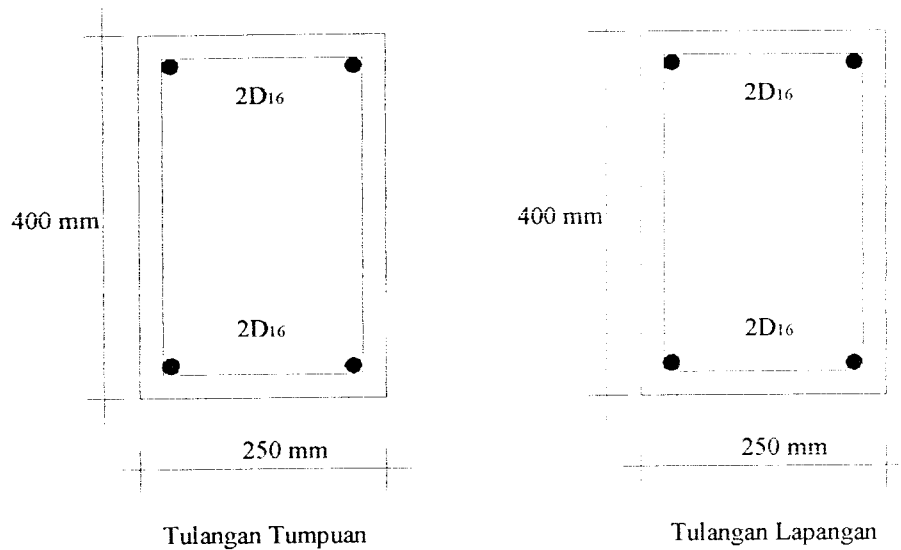
4.3.5.3 Perencanaan Tulangan Balok Grid 3' (BG 3')

Maks = 50,171 kNm (Dari diagram BMD EF hal 123)

Mu = 2/3. 50,171 = 33,447 kNm

Tabel 4.12 Perencanaan Balok Grid 3' (BG 3')

	Tumpuan	Lapngan
Mu (kNm)	33,447	33,447
Mu/Φ (kNm)	41,80875	41,80875
f'c (Mpa)	28	28
fy (Mpa)	400	400
β ₁	0,85	0,85
m	16,80672269	16,80672269
ρ _b	0,030345	0,030345
ρ _{maks}	0,02275875	0,02275875
ρ _{min}	0,0035	0,0035
ρ _{pakai}	0,011379375	0,011379375
Rn (Mpa)	4,116488906	4,116488906
b.d ² perlu	10156410,22	10156410,22
b (mm)	250	250
d _{perlu} (mm)	201,5580335	201,5580335
h (mm)	400	400
d _{pakai} (mm)	344	328
	d _{pakai} > d _{perlu}	
Perencanaan	Tul.sebelah	Tul.sebelah
Rn _{baru} (Mpa)	1,413221674	1,554459771
ρ _{baru}	0,003906625	0,004297055
1,33.ρ _{baru}	0,005195812	0,005715084
ρ _{pakai}	0,003906625	0,004297055
A _{s,perlu} (mm ²)	335,969769	352,3585383
Øtul (mm)	16	16
A _{1Øtul} (mm ²)	200,96	200,96
n perlu	1,67182409	1,753376484
jumlah tul. Pakai	2	2
A _{s,ada} (mm ²)	401,92	401,92
s > 25 (mm)	154	154
a (mm)	27,01983193	27,01983193
Mn (kN.m)	53,13222983	50,55994183
Kontrol	Ok !	Ok !



Gambar 4.15 Tulangan Balok Grid 3' (BG 3')

4.3.5.4 Perencanaan Tulangan Geser Balok Grid 3' (BG 3')

$V_{maks} = 25,085 \text{ kN}$ (Dari diagram SFD EF hal 123)

Tabel 4.13 Penulangan Geser Balok Grid 3'

L (m)	4
b (mm)	250
h (mm)	400
d (mm)	328
f_c (Mpa)	28
f_y (Mpa)	240
V_u (kN)	25,085
V_u/Φ (kN)	41,80833333
V_u/Φ_{kritis} (kN)	34,95176667
V_c (kN)	72,3172025
$0,5 \cdot V_c$ (kN)	36,15860125
Kondisi	$0,5 \cdot V_c < (V_u/\Phi_{kritis}) < V_c$
	sengkang minimum
\emptyset sengkang (mm)	8
A_v (mm ²)	100,48
s (mm)	289,3824
d/2 (mm)	164
Penulangan	P8-160

4.4 Perencanaan Struktur Portal dengan Daktilitas Penuh

4.4.1 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Total Akibat Gempa

1. Beban mati yang digunakan

- Perhitungan pembebanan pelat lantai untuk beban mati per m^2
 1. berat sendiri pelat (perkiraan) : $0,12 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$
 2. pasir (tebal 5 cm) : $0,05 \times 16 = 0,80 \text{ kN/m}^2$
 3. spesi (tebal 3 cm) : $0,03 \times 21 = 0,63 \text{ kN/m}^2$
 4. keramik : $0,01 \times 20 = 0,20 \text{ kN/m}^2$ +

berat mati total (qD) = $4,51 \text{ kN/m}^2$
- Perhitungan pembebanan pelat atap untuk beban mati per m^2
 1. berat pelat (taksiran) : $0,10 \times 24 = 2,40 \text{ kN/m}^2$
 2. lapisan kedap air (tebal 3 cm) : $0,03 \times 23 = 0,66 \text{ kN/m}^2$ +

beban mati total (qD) = $3,09 \text{ kN/m}^2$

2. Beban hidup yang digunakan

$$\text{Beban hidup pelat lantai untuk ruang kuliah} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup pelat selasar} = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup pekerja atap} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

4.4.1.1 Arah X_1 (As – A)

A. Berat Total Bangunan

Lantai 1 s.d 4

- Beban mati

$$\text{- Pelat} = 232 \cdot 0,12 \cdot 24 = 668,16 \text{ kN}$$

- Balok induk	$= \{0,4 \cdot (0,6 - 0,12)\} \cdot 102 \cdot 24$	$= 470 \text{ kN}$
- Balok anak	$= \{0,25 \cdot (0,4 - 0,12)\} \cdot 106 \cdot 24$	$= 178,1 \text{ kN}$
	$= \frac{1}{2} \cdot \{(0,25 \cdot (0,4 - 0,12)) \cdot 58 \cdot 24\}$	$= 48,7 \text{ kN}$
- Kolom	$= 12 \cdot 3,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 24$	$= 362,9 \text{ kN}$
- Dinding	$= 74 \cdot 3,5 \cdot 2,5$	$= 647,5 \text{ kN}$
- Keramik	$= 232 \cdot 0,24$	$= 55,7 \text{ kN}$
- Pasir	$= 232 \cdot 0,05 \cdot 18$	$= 208,8 \text{ kN}$
	<hr style="width: 100%;"/>	$+ 208,8 \text{ kN}$
		$W_D = 2639,9 \text{ kN}$

- Beban hidup

- Beban hidup lantai :

$$W_h = 232 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 290 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 2639,9 + 290 = 2929,9 \text{ kN}$$

Lantai atap

- Beban mati

- Balok atap $= (0,3 \cdot 0,4 \cdot 102) \cdot 24 = 293,8 \text{ kN}$

- Kuda-kuda $= \frac{1}{2} \cdot 2,8952 = 1,5 \text{ kN}$

$$2 \cdot 1,6068 = 3,2 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (16 \cdot 3,0627) = 24,5 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 3,8619 = 1,9 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{1}{2} \cdot 3,8619\right) \cdot 1 = 1,9 \text{ kN}$$

- Berat baut $= 0,2 \cdot \text{Berat total kuda-kuda} = 6,6 \text{ kN}$

- Plafond $= 298 \cdot 0,18 = 53,6 \text{ kN}$

$$\begin{aligned}
 - \text{Genteng} + \text{reng} + \text{usuk} &= (60 \cdot 6,105) \cdot 0,5 &= 183,1 \text{ kN} &+ \\
 W_D &= 570,1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{total}} = 570,1 + 0 = 570,1 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ total bangunan} &= 4 \cdot (2929,9) + 570,1 \\
 &= 12289,7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

B Waktu getar (T)

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{2/3} = 0,06 \cdot 18^{2/3} = 0,412 \text{ dt} \quad (3.5.5)$$

C. Koefisien gempa dasar

$$T_x = T_y = 0,412 \text{ dt} ; \text{Zona tiga dan tanah lunak diperoleh } C = 0,07$$

D. Faktor keutamaan gedung (I) dan factor jenis bangunan (k)

$$I = 1,0 ; k = 1,0$$

E. Gaya geser horizontal akibat gempa (V) (3.5.3)

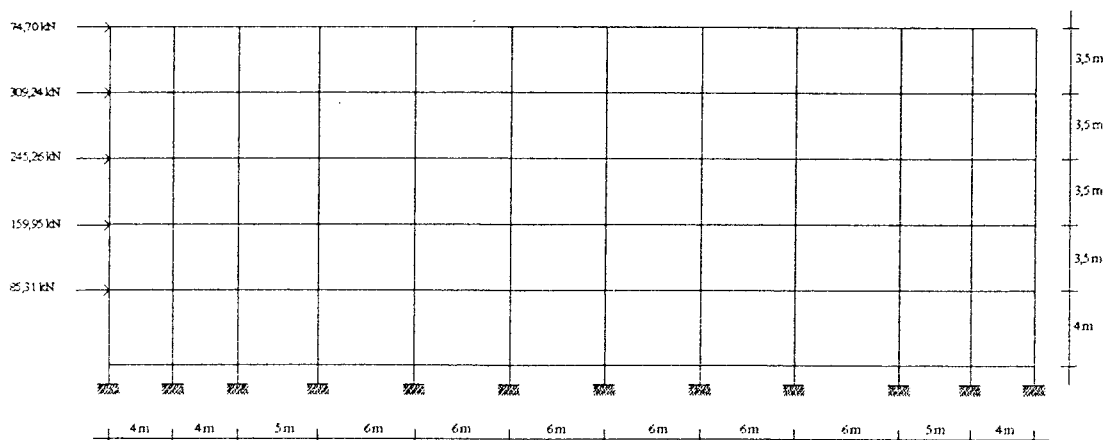
$$\begin{aligned}
 V &= C \cdot I \cdot k \cdot W_t = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12289,7 \\
 &= 860,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

F. Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa (Fi)

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V \quad (3.5.4)$$

Tabel 4.14 Portal X1

Lantai	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kN)	Fix total (kN)
atap	18	570,1	10261,8	74,70
4	14,5	2929,9	42483,55	309,24
3	11,5	2929,9	33693,85	245,26
2	7,5	2929,9	21974,25	159,95
1	4	2929,9	11719,6	85,31
		Σ	120133,1	874,45



Gambar 4.16 Distribusi Beban Gempa Portal Arah X_1

4.4.1.2 Arah X_2 (arah As – C)

A. Berat total bangunan

Lantai 1 s.d 4

- Beban mati

- Pelat = $348 \cdot 0,12 \cdot 24 = 1002,2 \text{ kN}$
- Balok induk = $\{0,4 \cdot (0,6 - 0,12)\} \cdot 124 \cdot 24 = 571,4 \text{ kN}$
- Balok anak = $\{0,25 \cdot (0,4 - 0,12)\} \cdot 130 \cdot 24 = 218,4 \text{ kN}$
 $= \frac{1}{2} \cdot \{(0,25 \cdot (0,4 - 0,12)) \cdot 58 \cdot 24\} = 48,7 \text{ kN}$
- Kolom = $11 \cdot 3,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 24 = 332,6 \text{ kN}$
- Dinding = $66 \cdot 3,5 \cdot 2,5 = 577,5 \text{ kN}$
- Keramik = $348 \cdot 0,24 = 83,5 \text{ kN}$
- Pasir = $348 \cdot 0,05 \cdot 18 = 313,2 \text{ kN} +$

$$W_D = 3147,5 \text{ kN}$$

- Beban hidup

- Beban hidup lantai :

$$W_h = 348 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 435 \text{ kN}$$

- Beban hidup selasar :

$$W_h = 50 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5 = \underline{150 \text{ kN}} +$$

$$W_h = 585 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 3147,5 + 585 = 3732,5 \text{ kN}$$

Lantai atap

- Beban mati

- Pelat = $50 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 24 = 240 \text{ kN}$

- Balok atap = $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 124) \cdot 24 = 357,1 \text{ kN}$

- Balok anak = $\{0,25 \cdot (0,4 - 0,10) \cdot 50\} \cdot 24 = 84 \text{ kN}$

- Kuda-kuda = $\frac{1}{2} \cdot 2,8952 = 1,4 \text{ kN}$

$2 \cdot 1,6068 = 3,2 \text{ kN}$

$\frac{1}{2} \cdot (16 \cdot 3,0627) = 24,5 \text{ kN}$

$\frac{1}{2} \cdot 3,8619 = 1,9 \text{ kN}$

$(\frac{1}{2} \cdot 3,8619) \cdot 1 = 1,9 \text{ kN}$

- Berat baut = $0,2 \cdot \text{Berat total kuda-kuda} = 6,6 \text{ kN}$

- Plafond = $300 \cdot 0,18 = 54 \text{ kN}$

- Genteng + reng + usuk = $(60 \cdot 6,102) \cdot 0,5 = \underline{183,1 \text{ kN}} +$

$$W_D = 957,7 \text{ kN}$$

- Beban hidup

- Pelat atap :

$$W_h = 50 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,5 = 50 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 957,7 + 50 = 1007,7 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total bangunan}} = 4 \cdot (3732,5) + 1007,7$$

$$= 15937,7 \text{ kN}$$

B. Waktu getar (T)

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{2/3} = 0,06 \cdot 18^{2/3} = 0,412 \text{ dt} \quad (3.5.5)$$

C. Koefisien gempa dasar

$$T_x = T_y = 0,412 \text{ dt} ; \text{ Zona tiga dan tanah lunak diperoleh } C = 0,07$$

D. Faktor keutamaan gedung (I) dan faktor jenis bangunan (k)

$$I = 1,0 ; k = 1,0$$

E. Gaya geser horizontal akibat gempa

$$V = C \cdot I \cdot k \cdot W_t = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 15937,7 \quad (3.5.3)$$

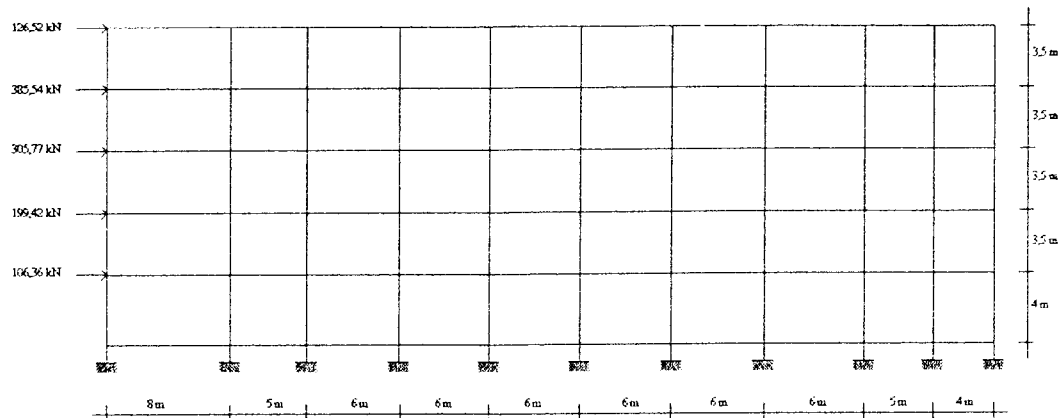
$$= 1115,6 \text{ kN}$$

F. Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V \quad (3.5.4)$$

Tabel 4.15 PORTAL X2

Lantai	h _i (m)	W _i (kN)	W _i ·h _i (kN)	Fix total (kN)
atap	18	1007,7	18138,6	126,52
4	14,5	3732,5	54121,25	385,54
3	11,5	3732,5	42923,75	305,77
2	7,5	3732,5	27993,75	199,42
1	4	3732,5	14930	106,36
		Σ	158107,4	1123,61



Gambar 4.17 Distribusi Beban Gempa Portal Arah X_2

4.4.1.3 Arah X_3 (As – E) = arah Y_3 (As – 9)

A. Berat total bangunan

Lantai 1 s.d 4

- Beban mati

- Pelat	$= 60 \cdot 0,12 \cdot 24$	$= 172,8 \text{ kN}$
- Balok induk	$= \{0,4 \cdot (0,6 - 0,12)\} \cdot 22 \cdot 24$	$= 101,4 \text{ kN}$
- Balok anak	$= \{0,25 \cdot (0,4 - 0,12)\} \cdot 34 \cdot 24$	$= 57,1 \text{ kN}$
- Kolom	$= 2 \cdot 3,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 24$	$= 60,5 \text{ kN}$
- Dinding	$= 20 \cdot 3,5 \cdot 2,5$	$= 175 \text{ kN}$
- Keramik	$= 60 \cdot 0,24$	$= 14,4 \text{ kN}$
- Pasir	$= 60 \cdot 0,05 \cdot 18$	$= 54 \text{ kN} \quad +$

$$W_D = 635,2 \text{ kN}$$

- Beban hidup

- Beban hidup lantai :

$$W_h = 48 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 60 \text{ kN}$$

- Beban hidup selasar :

$$W_h = 6 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5 = \underline{18 \text{ kN}} +$$

$$W_h = 78 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 635,2 + 78 = 713,2 \text{ kN}$$

Lantai atap

- Beban mati

- Pelat	= $6 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 24$	= 28,8 kN
- Balok atap	= $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 22) \cdot 24$	= 63,4 kN
- Balok anak	= $\{0,25 \cdot (0,4 - 0,10) \cdot 6\} \cdot 24$	= 10,8 kN
- Kuda-kuda	= 3,0627	= 3,1 kN
- Berat baut	= $0,2 \cdot \text{Berat total kuda-kuda}$	= 0,6 kN
- Plafond	= $10 \cdot 0,18$	= 1,8 kN
- Genteng + reng + usuk	= $2 \cdot (6 \cdot 6,102) \cdot 0,5$	= 36,6 kN +
		<u> </u>
		$W_D = 126,8 \text{ kN}$

- Beban hidup

- Pelat atap :

$$W_h = 6 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,5 = 6 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 126,8 + 6 = 132,8 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{total bangunan}} &= 4 \cdot (713,2) + 132,8 \\ &= 2985,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

B. Waktu getar (T)

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{2/3} = 0,06 \cdot 18^{2/3} = 0,412 \text{ dt}$$

C. Koefisien gempa dasar

$$T_x = T_y = 0,412 \text{ dt} ; \text{ Zona tiga dan tanah lunak diperoleh } C = 0,07$$

D. Faktor keutamaan gedung (I) dan faktor jenis bangunan (k)

$$I = 1,0 ; k = 1,0$$

E. Gaya geser horizontal akibat gempa

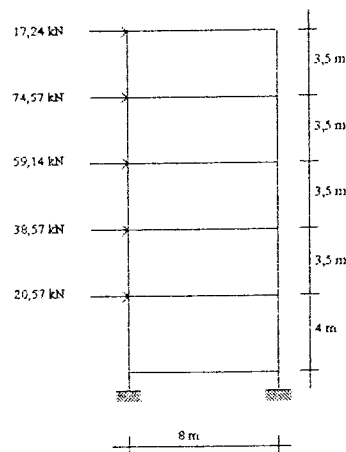
$$V = C \cdot I \cdot k \cdot W_t = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2985,6$$

$$= 208,9 \text{ kN}$$

F. Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa

Tabel 4.16 PORTAL X3 =Y3

Lantai	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kN)	Fix total (kN)
atap	18	132,8	2390,4	17,24
4	14,5	713,2	10341,4	74,57
3	11,5	713,2	8201,8	59,14
2	7,5	713,2	5349	38,57
1	4	713,2	2852,8	20,57
		Σ	29135,4	210,09



Gambar 4.18 Distribusi Beban Gempa Portal Arah X₃ & Y₃

4.4.1.4 Arah Y₁ (As – 1)

A. Berat total bangunan

Lantai 1 s.d 4

- Beban mati

- Pelat	$= 124 \cdot 0,12 \cdot 24$	$= 357,1 \text{ kN}$
- Balok induk	$= \{0,4 \cdot (0,6 - 0,12)\} \cdot 59 \cdot 24$	$= 271,9 \text{ kN}$
- Balok anak	$= \{0,25 \cdot (0,4 - 0,12)\} \cdot 59 \cdot 24$	$= 99,1 \text{ kN}$
	$= \frac{1}{2} \cdot \{(0,25 \cdot (0,4 - 0,12)) \cdot 31 \cdot 24\}$	$= 26,0 \text{ kN}$
- Kolom	$= 8 \cdot 3,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 24$	$= 241,9 \text{ kN}$
- Dinding	$= 43 \cdot 3,5 \cdot 2,5$	$= 376,2 \text{ kN}$
- Keramik	$= 124 \cdot 0,24$	$= 29,8 \text{ kN}$
- Pasir	$= 124 \cdot 0,05 \cdot 18$	$= 111,6 \text{ kN}$
		<u>+</u>
		$W_D = 1513,7 \text{ kN}$

- Beban hidup

- Beban hidup lantai :

$$W_h = 124 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 155 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 1513,7 + 155 = 1668,7 \text{ kN}$$

Lantai atap

- Beban mati

- Balok atap $= (0,3 \cdot 0,4 \cdot 59) \cdot 24 = 169,9 \text{ kN}$

- Kuda-kuda $= \frac{1}{2} \cdot 2,8952 = 1,4 \text{ kN}$

$$2 \cdot 1,6068 = 3,2 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (7 \cdot 3,0627) = 10,7 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 3,8619 = 1,9 \text{ kN}$$

$$(\frac{1}{2} \cdot 3,8619) \cdot 1 = 1,9 \text{ kN}$$

- Berat baut $= 0,2 \cdot \text{Berat total kuda-kuda} = 3,8 \text{ kN}$

- Plafond $= 163 \cdot 0,18 = 29,3 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} - \text{Genteng} + \text{reng} + \text{usuk} &= (6,102 \cdot 33) \cdot 0,5 = 100,7 \text{ kN} + \\ W_D &= 322,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$W_{\text{total}} = 322,8 + 0 = 322,8 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{total bangunan}} &= 4 \cdot (1668,7) + 322,8 \\ &= 6997,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

B. Waktu getar (T)

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{2/3} = 0,06 \cdot 18^{2/3} = 0,412 \text{ dt} \quad (3.5.5)$$

C. Koefisien gempa dasar

$$T_x = T_y = 0,412 \text{ dt} ; \text{ Zona tiga dan tanah lunak diperoleh } C = 0,07$$

D. Faktor keutamaan gedung (I) dan faktor jenis bangunan (k)

$$I = 1,0 ; k = 1,0$$

E. Gaya geser horizontal akibat gempa

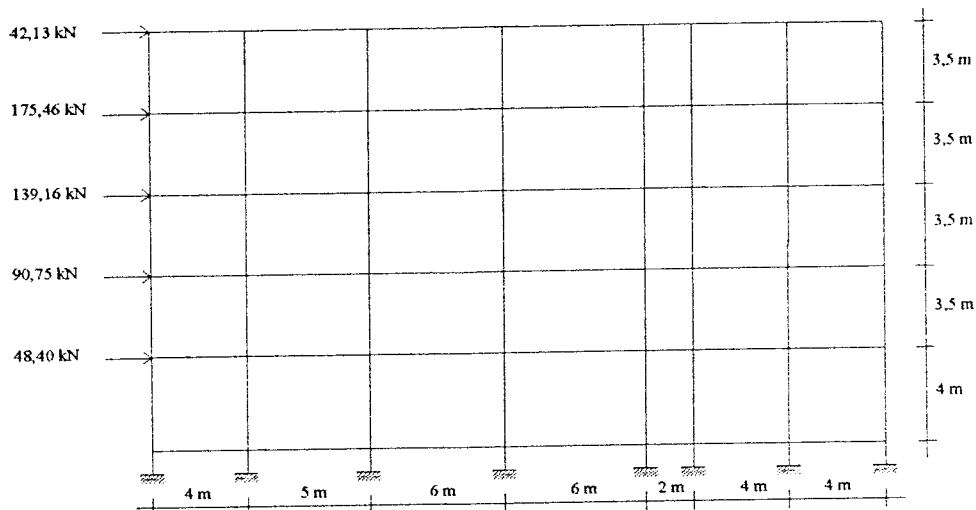
$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot k \cdot W_t = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6997,6 \\ &= 489,8 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.5.3)$$

F. Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V \quad (3.5.4)$$

Tabel 4.17 PORTAL Y1

Lantai	h _i (m)	W _i (kN)	W _i ·h _i (kN)	Fix total (kN)
atap	18	322,8	5810,4	42,13
4	14,5	1668,7	24196,15	175,46
3	11,5	1668,7	19190,05	139,16
2	7,5	1668,7	12515,25	90,76
1	4	1668,7	6674,8	48,40
	Σ		68386,65	495,91



Gambar 4.19 Distribusi Beban Gempa Portal Arah Y_1

4.4.1.5 Arah Y_2 (As - 3)

A. Berat total bangunan

Lantai 1 s.d 4

- Beban mati

- Pelat	$= 191 \cdot 0,12 \cdot 24$	$= 550,08 \text{ kN}$	
- Balok induk	$= \{0,4 \cdot (0,6 - 0,12)\} \cdot 72 \cdot 24$	$= 331,76 \text{ kN}$	
- Balok anak	$= \{0,25 \cdot (0,4 - 0,12)\} \cdot 90 \cdot 24$	$= 151,2 \text{ kN}$	
	$= \frac{1}{2} \cdot \{(0,25 \cdot (0,4 - 0,12)) \cdot 31 \cdot 24\}$	$= 26,04 \text{ kN}$	
- Kolom	$= 7 \cdot 3,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 24$	$= 211,68 \text{ kN}$	
- Dinding	$= 48 \cdot 3,5 \cdot 2,5$	$= 420 \text{ kN}$	
- Keramik	$= 191 \cdot 0,24$	$= 45,84 \text{ kN}$	
- Pasir	$= 191 \cdot 0,05 \cdot 18$	$= 171,9 \text{ kN}$	+
		<hr/>	
		$W_D = 1908,5 \text{ kN}$	

- Beban hidup

- Beban hidup lantai :

$$W_h = 134 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 167,5 \text{ kN}$$

- Beban hidup selasar :

$$W_h = 46 \cdot 3 \cdot 0,5 = \underline{69 \text{ kN}} +$$

$$W_h = 236,5 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 1908,5 + 236,5 = 2145 \text{ kN}$$

Lantai atap

- Beban mati

- Pelat = $47 \cdot 0,1 \cdot 24 = 112,8 \text{ kN}$

- Balok atap = $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 72) \cdot 24 = 207,4 \text{ kN}$

- Balok anak = $\{0,25 \cdot (0,4 - 0,10) \cdot 23,5\} \cdot 24 = 42,3 \text{ kN}$

- Kuda-kuda = $1,5 \cdot 2,8952 = 4,3 \text{ kN}$

$$1 \cdot 1,6068 = 1,61 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (7 \cdot 3,0627) = 10,72 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 3,8619 = 1,93 \text{ kN}$$

$$(1/2 \cdot 3,8619) \cdot 1 = 1,93 \text{ kN}$$

- Berat baut = $0,2 \cdot \text{Berat total kuda-kuda} = 4,12 \text{ kN}$

- Plafond = $175 \cdot 0,18 = 31,5 \text{ kN}$

- Genteng + reng + usuk = $(6,102 \cdot 33) \cdot 0,5 = \underline{100,7 \text{ kN}} +$

$$W_D = 519,2 \text{ kN}$$

- Beban hidup

- Pelat atap :

$$W_h = 23 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,5 = 23 \text{ kN}$$

$$W_{\text{total}} = 519,2 + 23 = 542,2 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{total bangunan}} &= 4.(2145) + 542,2 \\ &= 9122,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

B. Waktu getar (T)

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{2/3} = 0,06 \cdot 18^{2/3} = 0,412 \text{ dt} \quad (3.5.5)$$

C. Koefisien gempa dasar

$$T_x = T_y = 0,412 \text{ dt} ; \text{ Zona tiga dan tanah lunak diperoleh } C = 0,07$$

D. Faktor keutamaan gedung (I) dan faktor jenis bangunan (k)

$$I = 1,0 ; k = 1,0$$

E. Gaya geser horizontal total akibat gempa

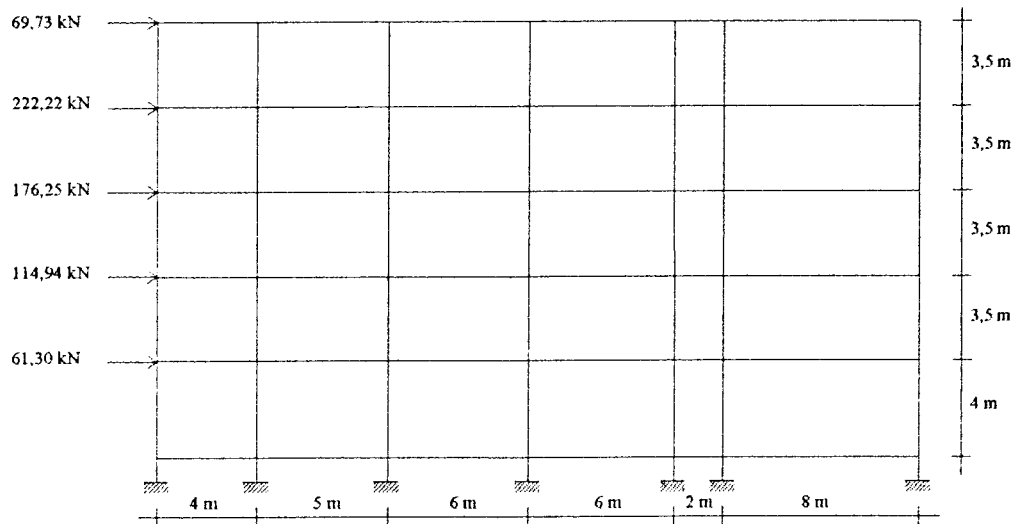
$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot k \cdot W_t = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 9122,2 \\ &= 638,5 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.5.3)$$

F. Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V \quad (3.5.4)$$

Tabel 4.18 PORTAL Y2

Lantai	hi (m)	Wi (kN)	Wi.hi (kN)	Fix total (kN)
atap	18	542,2	9759,6	69,73
4	14,5	2145	31102,5	222,22
3	11,5	2145	24667,5	176,25
2	7,5	2145	16087,5	114,94
1	4	2145	8580	61,30
		Σ	90197,1	644,45



Gambar 4.20 Distribusi Beban Gempa Portal Arah Y_2

4.4.2 Desain Balok

4.4.2.1 Desain Tulangan Lentur Balok

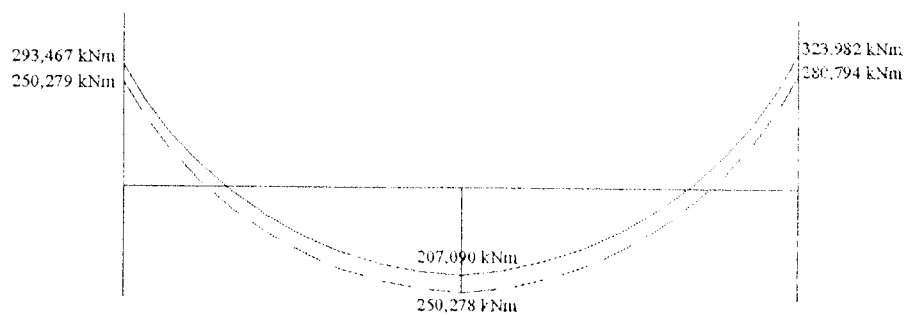
A. Momen Rencana Balok

Momen rencana balok diambil yang terbesar setelah dikombinasikan sebagai berikut :

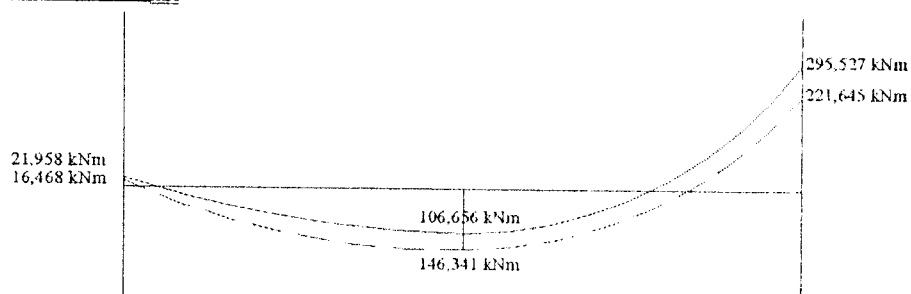
1. $1,2.M_D + 1,6.M_L$
2. $0,9.M_D \pm M_E$
3. $1,05 (M_D + 0,6.M_L \pm M_E)$

Berikut diberikan contoh perhitungan balok pada portal As-E lantai 1. Untuk hasil perhitungan balok lainnya dapat dilihat pada lampiran.

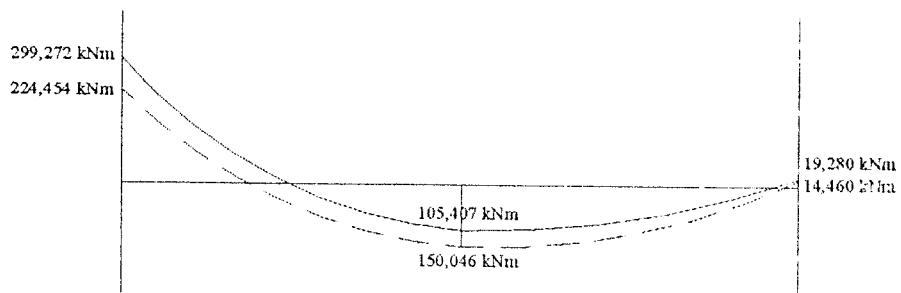
1,2MD + 1,6ML



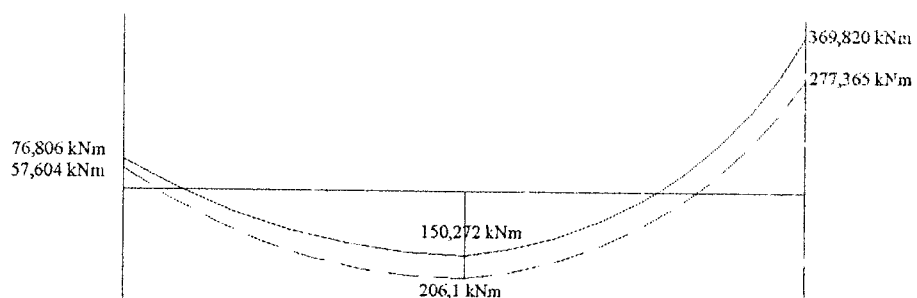
0,9MD ± ME_{kiri}



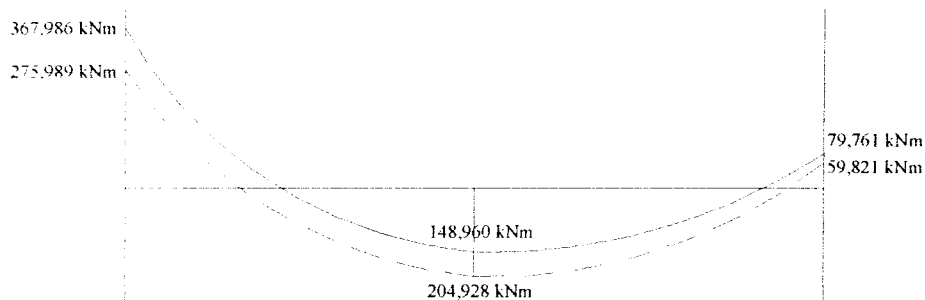
0,9MD ± ME_{kanan}



1,05(MD + 0,6ML ± ME_{kiri})



$$1,05(MD + 0,6ML \pm ME_{\text{kanan}})$$



Gambar 4.21 Diagram Momen

	Tumpuan kiri	Lapangan	Tumpuan kanan
Mu_{maks}	-275,9890 kNm	250,2780 kNm	-280,794 kNm

B. Tulangan Tumpuan Kiri (Perhitungan menggunakan rumus 3.3.10 – 3.3.22)

$$Mu_{\text{maks}} = 275,9890 \text{ kNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{275,9890}{0,8} = 344,98625 \text{ kNm}$$

Perencanaan balok dipakai ukuran 400/600

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{240} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{maks}} = 0,5 \cdot 0,0227 = 0,0114$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067$$

$$Rn = \rho_{\text{pakai}} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{\text{pakai}} \cdot m) = 0,0114 \cdot 400 (1 - 0,5 \cdot 0,0114 \cdot 16,8067)$$

$$= 4,1165 \text{ MPa}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{Mu / \phi}{Rn} = \frac{344,98625 \cdot 10^6}{4,1165} = 83805946,73 \text{ mm}^2$$

diambil $b = 400 \text{ mm}$, maka :

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{83805946,73}{400}} = 457,7279 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{pakai}} &= h - pb - \phi_{\text{sengkang}} - 1/2 \cdot \phi_{\text{tul.pokok}} \\ &= 600 - 40 - 10 - 1/2 \cdot 22 = 539 \text{ mm} > d_{\text{perlu}} = 457,7279 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $d_{\text{pakai}} > d_{\text{perlu}}$, maka direncanakan sebagai tulangan sebelah.

$$Rn_{\text{baru}} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{344,98625 \cdot 10^6}{400 \cdot 539^2} = 2,9687 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn} \rho_{\text{pakai}} = \frac{2,9687}{4,1165} \cdot 0,0114 = 0,00821 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{baru}} = 0,00821$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00821 \cdot 400 \cdot 539 = 1769,312 \text{ mm}^2$$

$$A1\phi22 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1769,312}{379,94} = 4,66 \approx 5 \text{ buah}$$

dipakai $5\phi22$, maka :

$$A_{s_{\text{tul}}} = 5 \times 379,94 = 1899,7 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 1769,312 \text{ mm}^2$$

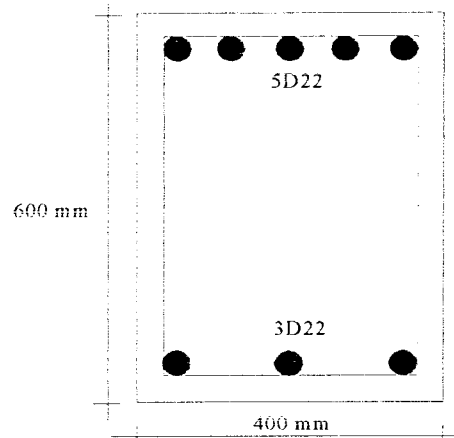
$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul}}}{(n-1)} = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 5 \cdot 22}{5-1} \\ &= 47,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_{s_{\text{pakai}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1899,7 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 400} = 79,82 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{S_{\text{pakai}}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1899,7 \cdot 400 \left(539 - \frac{79,82}{2} \right) \\
 &= 379,249 \text{ KNm} > \frac{M_u}{\phi} = 344,986 \text{ KNm} \dots \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$



Gambar 4.22 Tulangan Tumpuan kiri

C. Tulangan Lapangan (Perhitungan menggunakan rumus 3.3.10 – 3.3.22)

$$M_u \text{ maks} = 250,2780 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{250,2780}{0,8} = 312,8475 \text{ kNm}$$

Perencanaan balok dipakai ukuran 400/600

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{240} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{maks}} = 0,5 \cdot 0,0227 = 0,0114$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067$$

$$Rn = \rho_{pakai} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{pakai} \cdot m) = 0,0114 \cdot 400 (1 - 0,5 \cdot 0,0114 \cdot 16,8067) \\ = 4,1165 \text{ MPa}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{Mu / \phi}{Rn} = \frac{312,8475 \cdot 10^6}{4,1165} = 75998625,8 \text{ mm}^2$$

diambil $b = 400 \text{ mm}$, maka :

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{75998625,8}{400}} = 435,8859 \text{ mm}$$

$$d_{pakai} = h - pb - \phi_{sengkang} - 1/2 \cdot \phi_{tul.pokok} \\ = 600 - 40 - 10 - 1/2 \cdot 22 = 539 \text{ mm} > d_{perlu} = 435,8859 \text{ mm}$$

Karena $d_{pakai} > d_{perlu}$, maka direncanakan sebagai tulangan sebelah.

$$Rn_{baru} = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{312,8475 \cdot 10^6}{400 \cdot 539^2} = 2,6921 \text{ MPa}$$

$$\rho_{baru} = \frac{Rn_{baru}}{Rn} \rho_{pakai} = \frac{2,6921}{4,1165} \cdot 0,0114 = 0,00744 > \rho_{min} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = \rho_{min} = 0,00744$$

$$A_{sperlu} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d = 0,00744 \cdot 400 \cdot 539 = 1604,484 \text{ mm}^2$$

$$A1\phi22 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1604,484}{379,94} = 4,223 \approx 5 \text{ buah}$$

dipakai $5\phi22$, maka :

$$A_{stul} = 5 \times 379,94 = 1899,7 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} = 1604,484 \text{ mm}^2$$

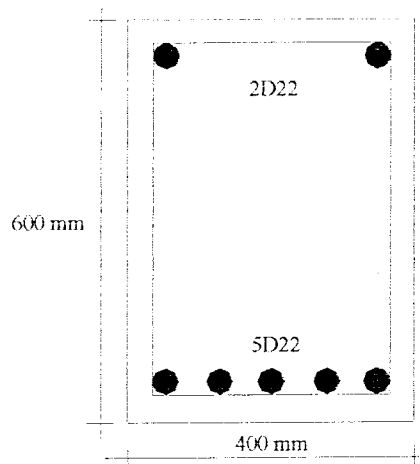
$$s = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n - 1)} = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 5 \cdot 22}{5 - 1}$$

$$= 47,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol M_n :

$$a = \frac{A_{s_{pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1899,7 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 400} = 79,82 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s_{pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1899,7 \cdot 400 \left(539 - \frac{79,82}{2} \right) \\ &= 379,249 \text{ KNm} > \frac{M_u}{\phi} = 312,8475 \text{ KNm} \dots \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$



Gambar 4.23 Tulangan Lapangan

D. Tul. Tumpuan Kanan (Perhitungan menggunakan rumus 3.3.10 – 3.3.22)

$$M_u \text{ maks} = 280,794 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{280,794}{0,8} = 350,9925 \text{ kNm}$$

Perencanaan balok dipakai ukuran 400/600

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{240} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{maks}} = 0,5 \cdot 0,0227 = 0,0114$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067$$

$$\begin{aligned} R_n &= \rho_{\text{pakai}} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{\text{pakai}} \cdot m) = 0,0114 \cdot 400 (1 - 0,5 \cdot 0,0114 \cdot 16,8067) \\ &= 4,1165 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$b \cdot d^2 = \frac{M_u / \phi}{R_n} = \frac{350,9925 \cdot 10^6}{4,1165} = 85265017,83 \text{ mm}^2$$

diambil $b = 400 \text{ mm}$, maka :

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{85265017,83}{400}} = 461,695 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pakai}} = h - p_b - \phi_{\text{sengkang}} - 1/2 \cdot \phi_{\text{tul.pokok}}$$

$$= 600 - 40 - 10 - 1/2 \cdot 22 = 539 \text{ mm} > d_{\text{perlu}} = 461,695 \text{ mm}$$

Karena $d_{\text{pakai}} > d_{\text{perlu}}$, maka direncanakan sebagai tulangan sebelah.

$$R_{n\text{baru}} = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{350,9925 \cdot 10^6}{400 \cdot 539^2} = 3,02037 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{baru}} = \frac{R_{n\text{baru}}}{R_n} \cdot \rho_{\text{pakai}} = \frac{3,02037}{4,1165} \cdot 0,0114 = 0,00835 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{baru}} = 0,00835$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d = 0,00835 \cdot 400 \cdot 539 = 1800,116 \text{ mm}^2$$

$$A1\phi22 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1800,116}{379,94} = 4,74 \approx 5 \text{ buah}$$

dipakai $5\phi22$, maka :

$$A_{S\text{tul}} = 5 \times 379,94 = 1899,7 \text{ mm}^2 > A_{S\text{perlu}} = 1800,116 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{b - 2 \cdot pb - 2 \cdot \phi_{sengkang} - n \cdot \phi_{tul}}{(n-1)} = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 5 \cdot 22}{5-1}$$

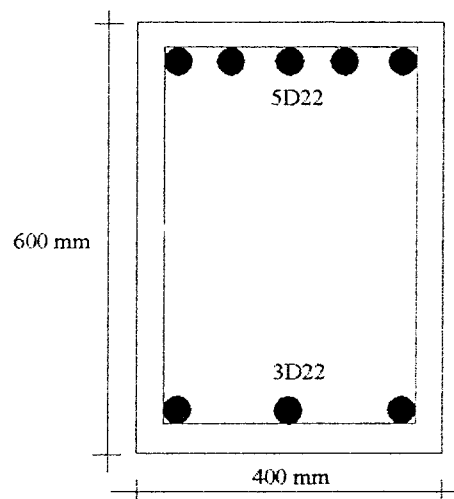
$$= 47,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Kontrol Mn :

$$a = \frac{A_{s_{pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1899,7 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 400} = 79,82 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{pakai}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1899,7 \cdot 400 \left(539 - \frac{79,82}{2} \right)$$

$$= 379,249 \text{ KNm} > \frac{M_u}{\phi} = 350,9925 \text{ KNm} \dots \dots (\text{OK})$$



Gambar 4.24 Tulangan Tumpuan Kanan

4.4.2.2 Momen Nominal Aktual Balok Tumpuan

$$\text{Tulangan atas} = 5D22, A_s = 1899,7 \text{ mm}^2, \rho = \frac{A_s}{b \cdot d_{pakai}} = \frac{1899,7}{400 \cdot 539} = 0,00881$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3D22, A_s' = 1140,4 \text{ mm}^2, \rho' = \frac{A_s'}{b \cdot d_{pakai}} = \frac{1140,4}{400 \cdot 539} = 0,0053$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot f_y \cdot d} \right) \cdot 600$$

$$= \left(1 - \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \cdot 61}{(0,00881 - 0,0053) \cdot 400 \cdot 539} \right) 600$$

$$= 378,41 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa, maka baja desak belum leleh}$$

$$f_s'_{\text{pakai}} = f_s' = 378,41 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s'}{0,85 \cdot f' \cdot c \cdot b} = \frac{1899,7 \cdot 400 - 1140,4 \cdot 378,41}{0,85 \cdot 28 \cdot 400} = 34,49 \text{ mm}$$

$$M_{n1} = (A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s') \cdot (d - a/2)$$

$$= (1899,7 \cdot 400 - 1140,4 \cdot 378,41) \cdot \left(539 - \frac{34,49}{2} \right) = 171,314 \text{ kNm}$$

$$M_{n2} = A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

$$= 1140,4 \cdot 378,41 \cdot (539 - 61) = 206,275 \text{ kNm}$$

$$M_{nak} = M_{n1} + M_{n2} = 171,314 + 206,275 = 377,589 \text{ kNm}$$

4.4.2.3 Momen Nominal Aktual Balok Daerah Lapangan

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d_{\text{pakai}}} = \frac{1140,4}{400 \cdot 539} = 0,0053$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot (1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m) = 0,0053 \cdot 400 \cdot (1 - \frac{1}{2} \cdot 0,0053 \cdot 16,8067) = 2,0256$$

$$M_{nak} = R_n \cdot b \cdot d^2 = 2,0256 \cdot 400 \cdot 539^2 = 235,392 \text{ KNm}$$

4.4.2.4 Desain Tulangan Geser Balok

Adapun syarat penentuan gaya geser rencana balok adalah sebagai berikut :

$$V_{u,b} = 0,7 \phi_0 \left[\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{L_n} \right] + 1,05 \cdot V_g \quad (3.6.6)$$

Tetapi tidak lebih besar dari

$$V_{u,b} = 1,05 (V_{D,b} + V_{L,b} + 4/k V_{E,b}) \quad (3.6.7)$$

$$V_D = 121,549 \text{ kN}$$

$$V_L = 40,6476 \text{ kN}$$

$$V_E = 38,9112 \text{ kN}$$

$$V_{u,b} = 0,7 \Phi_0 \left[\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{Ln} \right] + 1,05.Vg$$

$$V_{u,b} = 0,7 \cdot 1,25 \left[\frac{377,589 + 235,392}{7,4} \right] + 1,05 \cdot (121,549 + 40,6476)$$

$$= 242,787 \text{ kN}$$

Dengan syarat tidak lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1,05 (121,549 + 40,6476 + 4/1 \cdot 38,9112)$$

$$= 333,7335 \text{ kN}$$

$V_{u,b}$ pakai

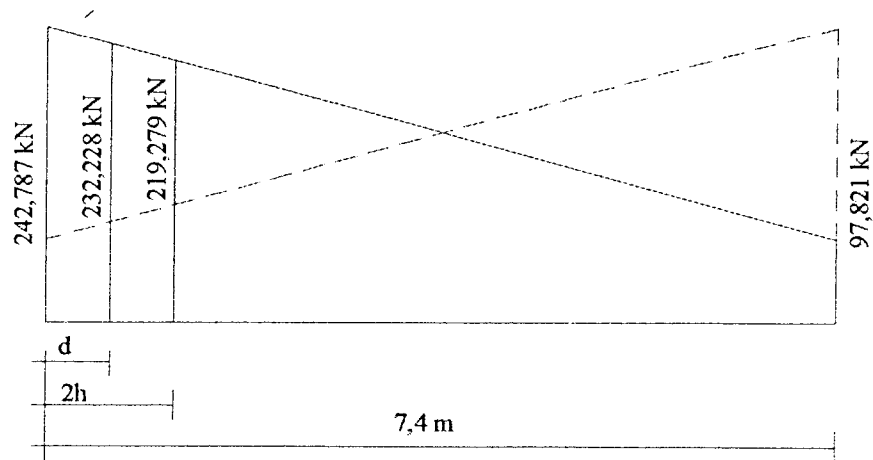
$$= \left[1,05.Vg - 0,7 \cdot \phi_0 \left[\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{Ln} \right] \right] + \frac{Ln - d}{Ln}$$

$$\left[V_{u,b} - \left[1,05.Vg - 0,7 \cdot \phi_0 \left[\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b'}}{Ln} \right] \right] \right]$$

$$= \left[1,05 \cdot (121,549 + 40,6476) - 0,7 \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{377,589 + 235,392}{7,4} \right) \right] + \frac{7,4 - 0,539}{7,4}$$

$$\left[242,787 - \left[1,05 \cdot (121,549 + 40,6476) - 0,7 \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{377,589 + 235,392}{7,4} \right) \right] \right]$$

$$= 232,228 \text{ kN}$$



Gambar 4.25 Gaya geser pada penampang kritis dan sendi plastis

1. Di dalam daerah sendi plastis

$$V_{u,b} = 232,228 \text{ kN}$$

$$V_c = 0$$

$$V_s = V_{u,b}/\phi = 232,228/0,6 = 387,047 \text{ kN}$$

$$S \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 539}{387,047 \cdot 10^3} = 52,5 \text{ mm}$$

$$d/4 \leq \frac{539}{4} = 134,75 \text{ mm}$$

dipakai P₁₀₋₅₀

2. Di luar sendi plastis

$$V_{u,b} = 97,821 + \frac{7,4 - 2,0,6}{7,4} \cdot (242,787 - 97,821) = 219,279 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{28} \cdot 400 \cdot 539 = 190,141 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{\phi} - V_c = \frac{219,279}{0,6} - 190,141 = 175,324 \text{ kN}$$

Syarat spasi

$$S \leq d/2 = \frac{539}{2} = 269,5 \text{ mm}$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 539}{175,324 \cdot 10^3} = 115,9 \text{ mm}$$

Dipakai P₁₀₋₁₁₀

4.5 Perencanaan Kolom

4.5.1 Perhitungan Momen dan Gaya Aksial Rencana

a. Momen untuk portal arah X

Data momen :

$$M_{Dy \text{ atas}} = 3,40 \text{ kNm}$$

$$M_{Dy \text{ bawah}} = -7,34 \text{ kNm}$$

$$M_{Ly \text{ atas}} = 1,58 \text{ kNm}$$

$$M_{Ly \text{ bawah}} = -2,9 \text{ kNm}$$

$$M_{Ey \text{ atas}} = 127,05 \text{ kNm}$$

$$M_{Ey \text{ bawah}} = -221,17 \text{ kNm}$$

Daerah atas

$$1,2 M_{Dy} + 1,6 M_{Ly} = 1,2 \cdot 3,40 + 1,6 \cdot 1,58 = 6,608 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly}) = 1,05 \cdot (3,40 + (1,58 \cdot 0,6))$$

$$M_{by} = 4,5654 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ey} = 1,05 \cdot 127,05 = 133,4025 \text{ kNm}$$

$$M_{sy} = 133,4025 \text{ kNm}$$

$$M_{by} + M_{sy} = 4,5654 + 133,4025 = 137,9679 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly} + 4/k \cdot M_{Ey}) = 1,05 (3,40 + 1,58 + 4/1 \cdot 127,05)$$

$$= 538,839 \text{ kNm}$$

Daerah bawah

$$1,2 M_{Dy} + 1,6 M_{Ly} = 1,2 \cdot -7,34 + 1,6 \cdot -2,9 = -13,448 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly}) = 1,05 \cdot (-7,34 + (-2,9 \cdot 0,6))$$

$$M_{by} = -9,534 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ey} = 1,05 \cdot -221,17 = -232,2285 \text{ kNm}$$

$$M_{sy} = -232,2285 \text{ kNm}$$

$$M_{by} + M_{sy} = (-9,534) + (-232,2285) = -241,7625 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dy} + M_{Ly} + 4/k \cdot M_{By}) = -939,666 \text{ kNm}$$

$$M \text{ pakai : atas} = 137,9679 \text{ kNm}$$

$$\text{bawah} = -214,7625 \text{ kNm}$$

b. Momen untuk portal arah Y

Data momen :

$$M_{Dx \text{ atas}} = 88,04 \text{ kNm}$$

$$M_{Dx \text{ bawah}} = -43,25 \text{ kNm}$$

$$M_{Lx \text{ atas}} = 30,62 \text{ kNm}$$

$$M_{Lx \text{ bawah}} = -14,95 \text{ kNm}$$

$$M_{Ex \text{ atas}} = 61,98 \text{ kNm}$$

$$M_{Ex \text{ bawah}} = -211,48 \text{ kNm}$$

Daerah atas

$$1,2 M_{Dx} + 1,6 M_{Lx} = 1,2 \cdot 88,04 + 1,6 \cdot 30,62 = 154,64 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx}) = 1,05 \cdot (88,04 + (30,62 \cdot 0,6))$$

$$M_{bx} = 111,7326 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ex} = 1,05 \cdot 61,98 = 65,079 \text{ kNm}$$

$$M_{sx} = 65,079 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} + M_{sx} = 111,7326 + 65,079 = 176,8116 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx} + 4/k.M_{Ex}) = 366,58 \text{ kNm}$$

Daerah bawah

$$1,2 M_{Dx} + 1,6 M_{Lx} = 1,2 \cdot -43,25 + 1,6 \cdot -14,95 = -75,82 \text{ kNm}$$

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx}) = 1,05 \cdot (-43,25 + (-14,95 \cdot 0,6))$$

$$M_{bx} = -54,831 \text{ kNm}$$

$$1,05 M_{Ex} = 1,05 \cdot -221,48 = -222,054 \text{ kNm}$$

$$M_{sx} = -222,054 \text{ kNm}$$

$$M_{bx} + M_{sx} = (-54,831) + (-222,054) = -276,885 \text{ kNm}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (M_{Dx} + M_{Lx} + 4/k.M_{Ex}) = -949,326 \text{ kNm}$$

$$M \text{ pakai : atas} = 176,8116 \text{ kNm}$$

$$\text{bawah} = -276,885 \text{ kNm}$$

c . Gaya aksial

Data gaya aksial :

$$P_{D \text{ atas}} = -1189,84 \text{ kN}$$

$$P_{D \text{ bawah}} = -1224,4 \text{ kN}$$

$$P_{L \text{ atas}} = -233,32 \text{ kN}$$

$$P_{L \text{ bawah}} = -233,32 \text{ kN}$$

$$P_{E \text{ atas}} = -127,44 \text{ kN}$$

$$P_{E \text{ bawah}} = -127,44 \text{ kN}$$

Daerah atas

$$1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2 \cdot -1189,84 + 1,6 \cdot -233,32 = -1801,12 \text{ kN}$$

$$1,05 (P_D + P_L) = 1,05 \cdot (-1189,84 + (-233,32 \cdot 0,6))$$

$$P_b = -1396,3236 \text{ kN}$$

$$1,05 P_E = 1,05 \cdot -127,44 = -133,812 \text{ kN}$$

$$P_s = 133,812 \text{ kN}$$

$$P_b + P_s = (-1396,3236) + (-133,812) = -1530,1356 \text{ kN}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (P_D + P_L + 4/k \cdot P_E) = -2029,671 \text{ kN}$$

Daerah bawah

$$1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2 \cdot -1224,4 + 1,6 \cdot -233,32 = -1842,592 \text{ kN}$$

$$1,05 (P_D + P_L) = 1,05 \cdot (-1224,4 + (-233,32 \cdot 0,6))$$

$$P_b = -1432,6116 \text{ kN}$$

$$1,05 P_E = 1,05 \cdot -127,44 = -133,812 \text{ kN}$$

$$P_s = -133,6116 \text{ kN}$$

$$P_b + P_s = (-1432,6116) + (-133,812) = -1566,4236 \text{ kN}$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$1,05 (P_D + P_L + 4/k \cdot P_E) = -2065,854 \text{ kN}$$

$$P \text{ pakai : atas} = -1530,1356 \text{ kN}$$

$$\text{bawah} = -1566,4236 \text{ kN}$$

4.5.2 Kriteria Kolom dan Pembesaran Momen

Menghitung kekakuan kolom

a. Arah X

$$E_c = E_g = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{28} = 24870 \text{ MPa}$$

Dicoba dimensi kolom 600 x 600

$$I_c \text{ (Inersia kolom)} = 1/12 \cdot 600 \cdot 600^3 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \frac{1,2M_D}{1,2M_D + 1,6M_L} = \frac{1,2 \cdot 3,40}{1,2 \cdot 3,40 + 1,6 \cdot 1,58} = 0,617$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_c}{2,5(1 + \beta_d)} = \frac{24870 \cdot 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5(1 + 0,617)} = 6,644 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Menghitung momen inersia balok di kanan kiri kolom. Dengan menganggap momen inersia penampang retak balok sebesar setengah dari momen inersia penampang bruto, maka :

1. Momen inersia balok di kanan kiri ujung atas kolom yaitu :

$$I_{cr} = \frac{I_g}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 600^3 \right] = 3,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

2. Momen inersia balok di kanan kiri ujung bawah kolom = 0, karena ujung jepit.

Panjang bersih kolom : $L_{c1} = 3,7 \text{ m}$

$$L_{c2} = 2,9 \text{ m}$$

Panjang bersih balok : $L_g = 7,4 \text{ m}$

$$\psi_{atas} = \psi_{bawah} = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{E_c \cdot I_{cr}}{L_g} \right)}$$

$$\psi_{atas} = \frac{\left(\frac{6,644 \cdot 10^{13}}{3700} \right) + \left(\frac{6,644 \cdot 10^{13}}{2900} \right)}{\left(\frac{24870 \cdot 3,6 \cdot 10^9}{7400} \right)} = 3,38$$

$$\psi_{bawah} = 0$$

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,4$

$$\frac{k.l_u}{r} = \frac{1,4.3700}{0,3.600} = 28,78 > 22 \text{ (termasuk kolom panjang)}$$

Beban tekuk Euler yang terjadi adalah :

$$P_c = \frac{\pi^2 . EI}{(k.l_u)^2} = \frac{\pi^2 . 6,644 . 10^{13}}{(1,4.3700)^2} = 24438235,73 \text{ N}$$

menghitung factor pembesaran momen δ_{by}

$$\delta_{by} = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{P_u}{\phi . P_c} \right)} \geq 1$$

$C_m = 1$ (portal tanpa pengaku)

$$\delta_{by} = \frac{1}{1 - \left(\frac{1566424}{0,65.24438235,73} \right)} = 1,11 > 1$$

$$\sum P_c = 24438235,73 + 22788045,83 = 47226281,56 \text{ N}$$

$$\sum P_u = 1566424 + 1649508 = 3215932 \text{ N}$$

$$\delta_{sy} = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{\sum P_u}{\sum P_c} \right)} \geq 1$$

$C_m = 1$ (portal tanpa pengaku)

$$\delta_{by} = \frac{1}{1 - \left(\frac{3215932}{0,65.47226281,56} \right)} = 1,12 > 1$$

Momen akibat pembesaran momen :

$$\begin{aligned} M_{ux} \text{ bawah} &= \delta_{by} M_{bx} + \delta_{sy} M_{sx} \\ &= 1,11 . (-54,831) + 1,12 . (-222,054) \\ &= -309,563 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mux atas} &= \delta_{by} \text{Mbx} + \delta_{sy} \text{Msx} \\
 &= 1,11 \cdot 111,7326 + 1,12 \cdot 65,079 \\
 &= 196,912 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

b. Arah Y

$$E_c = E_g = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{28} = 24870 \text{ MPa}$$

Dicoba dimensi kolom 600 x 600

$$I_c (\text{Inersia kolom}) = 1/12 \cdot 600^3 \cdot 600 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \frac{1,2M_D}{1,2M_D + 1,6M_L} = \frac{1,2 \cdot 88,04}{1,2 \cdot 88,04 + 1,6 \cdot 30,62} = 0,683$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_c}{2,5(1 + \beta_d)} = \frac{24870 \cdot 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5(1 + 0,683)} = 6,384 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Menghitung momen inersia balok di kanan kiri kolom. Dengan menganggap momen inersia penampang retak balok sebesar setengah dari momen inersia penampang bruto, maka :

1. Momen inersia balok di kanan kiri ujung atas kolom yaitu :

$$I_{cr} = \frac{I_g}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 600^3 \right] = 3,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

2. Momen inersia balok di kanan kiri ujung bawah kolom = 0, karena ujung jepit.

Panjang bersih kolom : $L_{c1} = 3,7 \text{ m}$

$$L_{c2} = 2,9 \text{ m}$$

Panjang bersih balok : $L_{g1} = 5,4 \text{ m}$

$$L_{g2} = 5,4 \text{ m}$$

$$\psi_{atas} = \psi_{bawah} = \frac{\sum \left(\frac{EI}{Lc} \right)}{\sum \left(\frac{E_c \cdot I_{cr}}{Lg} \right)}$$

$$\psi_{atas} = \frac{\left(\frac{6,384 \cdot 10^{13}}{3700} \right) + \left(\frac{6,384 \cdot 10^{13}}{2900} \right)}{\left(\frac{24870 \cdot 3,6 \cdot 10^9}{5400} \right) + \left(\frac{24870 \cdot 3,6 \cdot 10^9}{5400} \right)} = 1,184$$

$$\psi_{bawah} = 0$$

Dari nomogram portal tanpa pengaku, didapat $k = 1,19$

$$\frac{k \cdot lu}{r} = \frac{1,19 \cdot 3700}{0,3 \cdot 600} = 24,46 > 22 \text{ (termasuk kolom panjang)}$$

Beban tekuk Euler yang terjadi adalah :

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot lu)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 6,384 \cdot 10^{13}}{(1,19 \cdot 3700)^2} = 32500889,93 \text{ N}$$

menghitung factor pembesaran momen δb_y

$$\delta b_y = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{Pu}{\phi \cdot P_c} \right)} \geq 1$$

$C_m = 1$ (portal tanpa pengaku)

$$\delta b_y = \frac{1}{1 - \left(\frac{1566424}{0,65 \cdot 32500889,93} \right)} = 1,08 > 1$$

$$\begin{aligned} \sum P_c &= 32500889,93 + 29320418,48 + 38922196,12 + 38824106,36 + \\ &\quad 33436861,48 + 35672460,04 + 29619203,74 \\ &= 238296136,1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum P_u &= 1566424 + 1072436 + 1320967 + 1373429 + 1656833 + 1340991 + \\ & 620964 \\ &= 8952044 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\delta_{s_y} = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{\sum P_u}{\sum P_c} \right)} \geq 1$$

$C_m = 1$ (portal tanpa pengaku)

$$\delta_{b_y} = \frac{1}{1 - \left(\frac{8952044}{0,65 \cdot 238296136,1} \right)} = 1,06 > 1$$

Momen akibat pembesaran momen :

$$\begin{aligned}\text{Mux bawah} &= \delta_{b_y} M_{by} + \delta_{s_y} M_{sy} \\ &= 1,08 \cdot (-9,534) + 1,06 \cdot (-232,2285) \\ &= -256,459 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mux atas} &= \delta_{b_y} M_{by} + \delta_{s_y} M_{sy} \\ &= 1,08 \cdot 4,565 + 1,06 \cdot 133,4025 \\ &= 146,337 \text{ kNm}\end{aligned}$$

4.5.3 Analisis Gaya Aksial dan Momen akibat Kekuatan Balok

$$h = 3,5 \text{ m}$$

$$h_n = 2,9 \text{ m}$$

$$R_v = 1 \text{ (jumlah lantai di atasnya ; } n = 3)$$

$$\omega_d = 1 \text{ (untuk lantai dasar)}$$

$$k = 1$$

a. Perhitungan arah X

$$M_{kap(kiri)} = 0$$

$$M_{kap(kanan)} = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \cdot 377,589 = 471,986 \text{ kNm}$$

menghitung gaya aksial rencana :

$$\begin{aligned} N_{u,k_x} &= 0,7 R_v \cdot \frac{M_{kap_{kiri}} + M_{kap_{kanan}}}{l} + 1,05 \cdot N_g \\ &= 0,7 \cdot 1 \cdot \frac{471,986}{8} + 1,05 \cdot (1224,4 + 233,32) \\ &= 1571,905 \text{ kN} \end{aligned}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} N_{u,k_x} &= 1,05 (N_D + N_L + 4 \cdot N_E) \\ &= 1,05 (1224,4 + 233,32 + 127,44) \\ &= 1664,418 \text{ kN} \end{aligned}$$

dipakai $N_{u,k_x} = 1571,905 \text{ kN}$

menghitung α :

$$M_{E,K \text{ atas}} = 127,05 \text{ kNm}$$

$$M_{E,K \text{ bawah}} = -221,17 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,k(l_i+1 \text{ atas})}}{M_{E,k(l_i+1 \text{ atas})} + M_{E,k(l_i \text{ bawah})}} = \frac{127,05}{127,05 + 221,17} = 0,365$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,k(l_i \text{ bawah})}}{M_{E,k(l_i+1 \text{ atas})} + M_{E,k(l_i \text{ bawah})}} = -$$

menghitung momen rancang kolom :

$$M_{u,k_x \text{ atas}} = \frac{h_m}{h} \cdot \omega_d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki}^n} M_{kap, ki} + \frac{l_{kka}}{l_{kka}^n} M_{kap, ka} \right)$$

$$= \frac{2,9}{3,5} \cdot 1,0,365 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,4} \cdot 471,986 \right)$$

$$= 108,021 \text{ kNm}$$

$$Mu_{k_x \text{ bawah}} = \frac{lm}{h} \cdot \omega d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{I_{ki}}{I''_{ki}} M_{kap, ki} + \frac{I_{ka}}{I''_{ka}} M_{kap, ka} \right)$$

$$= \frac{2,9}{3,5} \cdot 1,0,7 \cdot \left(\frac{8}{7,4} \cdot 471,986 \right)$$

$$= 295,848 \text{ kNm}$$

tidak perlu melebihi :

$$Mu_{k_x} = 1,05 \left(M_{Dy} + M_{Ly} + \frac{4}{k} \cdot M_{Ey} \right)$$

$$= 1,05 \left(7,34 + 2,9 + \frac{4}{1} \cdot 221,17 \right)$$

$$= 939,666 \text{ kNm}$$

$$Mu_{k_x} \text{ pakai} = 295,848 \text{ kNm}$$

b. Perhitungan arah Y

$$M_{kap(kiri)} = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \cdot 225,99 = 282,4875 \text{ kNm}$$

$$M_{kap(kanan)} = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \cdot 225,99 = 282,4875 \text{ kNm}$$

menghitung gaya aksial rencana :

$$Nu_{k_y} = 0,7 \cdot R_v \cdot \frac{M_{kap_{kiri}} + M_{kap_{kanan}}}{l} + 1,05 \cdot N_g$$

$$= 0,7 \cdot 1 \cdot \frac{282,4875}{6} + 1,05 \cdot (1224,4 + 233,32)$$

$$= 1563,56 \text{ kN}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} Nu_{k_y} &= 1,05 (N_D + N_L + 4 \cdot N_E) \\ &= 1,05 (1224,4 + 233,32 + 127,44) \\ &= 1664,418 \text{ kN} \end{aligned}$$

dipakai $Nu_{k_x} = 1563,56 \text{ kN}$

menghitung α :

$$M_{E,K \text{ atas}} = 127,05 \text{ kNm}$$

$$M_{E,K \text{ bawah}} = -221,17 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,k(lt+1atas)}}{M_{E,k(lt+1atas)} + M_{E,k(ltibawah)}} = \frac{127,05}{127,05 + 221,17} = 0,365$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,k(ltibawah)}}{M_{E,k(lt+1atas)} + M_{E,k(ltibawah)}} = -$$

menghitung momen rancang kolom :

$$\begin{aligned} Mu_{k_y \text{ atas}} &= \frac{hm}{h} \cdot \alpha_d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{l_{ki}}{l''_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{kka}}{l''_{ka}} M_{kap,ka} \right) \\ &= \frac{2,9}{3,5} \cdot 1,0 \cdot 0,365 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{6}{5,4} \cdot 282,4875 + \frac{6}{5,4} \cdot 282,4874 \right) \\ &= 132,895 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu_{k_y \text{ bawah}} &= \frac{hm}{h} \cdot \alpha_d \cdot \alpha \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{l_{ki}}{l''_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{l_{kka}}{l''_{ka}} M_{kap,ka} \right) \\ &= \frac{2,9}{3,5} \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{6}{5,4} \cdot 282,4875 + \frac{6}{5,4} \cdot 282,4875 \right) \\ &= 364,095 \text{ kNm} \end{aligned}$$

tidak perlu melebihi :

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{k_y} &= 1,05 \left(M_{Dx} + M_{Lx} + \frac{4}{k} \cdot M_{Ex} \right) \\ &= 1,05 \left(88,04 + 30,62 + \frac{4}{1} \cdot 211,48 \right) \\ &= 1012,809 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Mu}_{k_x} \text{ pakai} = 364,095 \text{ kNm}$$

4.5.4 Perencanaan Penulangan Kolom

Berdasarkan analisa struktur diperoleh :

$$\text{Mux} = 276,885 \text{ kNm}$$

$$\text{Muy} = 214,7625 \text{ kNm}$$

$$\text{Pu} = 1566,4236 \text{ kN}$$

Berdasarkan kekuatan balok diperoleh :

$$\text{Mux} = 295,848 \text{ kNm}$$

$$\text{Muy} = 364,095 \text{ kNm}$$

$$\text{Nux} = 1571,905 \text{ kN}$$

$$\text{Nuy} = 1563,56 \text{ kN}$$

Dalam perencanaan kolom digunakan momen dan gaya aksial yang terbesar.

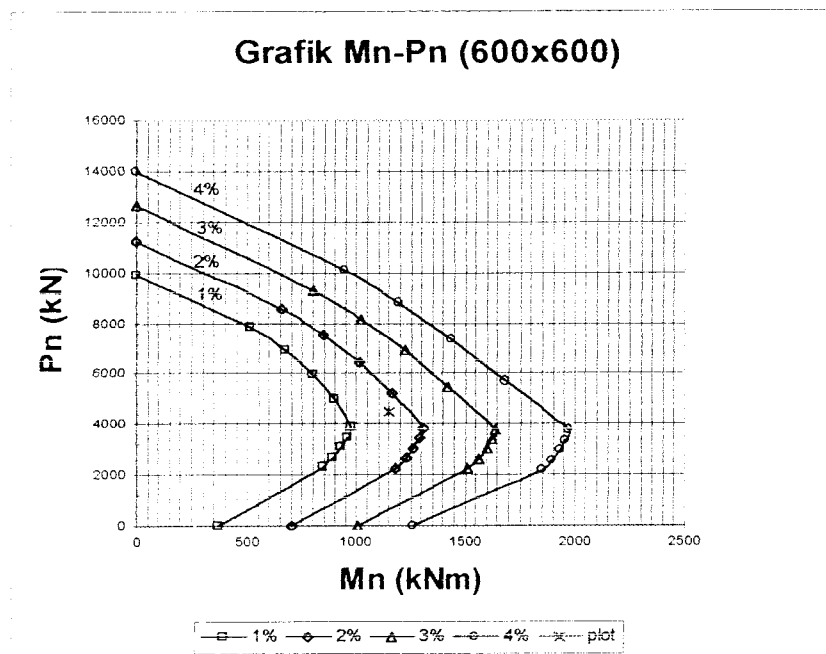
Digunakan Moy untuk perencanaan.

$$\begin{aligned} \text{Moy perlu} &= \text{Mny} + \text{Mnx} \cdot \left(\frac{b}{h} \right) \left(\frac{1-\beta}{\beta} \right) \\ &= 560,1461 + 455,1507 \cdot \left(\frac{0,6}{0,6} \right) \left(\frac{1-0,65}{0,65} \right) \end{aligned}$$

$$= 805,227 \text{ kNm}$$

$$P_n = \frac{1571,905}{0,65} = 2418,44 \text{ kN}$$

$$e = \frac{Moy}{P_n} = \frac{805,227}{2418,44} = 0,333m$$



Gambar 4.26 Diagram Pn-Mn kolom

Dari grafik Pn vs Mn dengan nilai Pn = 2418,44 kN dan Mn = 805,227

kNm, didapat Ast = 1,0 %. Ag

$$A_{st} = 0,01 \cdot 600 \cdot 600 = 3600 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s'} = 0,5 \cdot A_{st} = 1800 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan D22 dengan $A_{s_{tul}} = 379,94 \text{ mm}^2$

$$\text{jumlah tulangan } (n) = \frac{1800}{379,94} = 4,74$$

Dipakai 5D22

$$A_{s_{pakai}} = 5 \cdot 379,94 = 1899,7 \text{ mm}^2$$

Cek eksentrisitas balance (e_b)

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 539 = 323,4 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,85 \cdot 323,4 = 274,89 \text{ mm}$$

$$f_s = 600 \cdot \frac{(c_b - d')}{c_b} = 600 \cdot \frac{(323,4 - 61)}{323,4} = 486,827 \text{ MPa} > f_y = 400 \text{ MPa}$$

Dengan demikian digunakan $f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$

$$P_{n_b} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a_b + A_s' \cdot (f_s - 0,85 \cdot f_c) - A_s \cdot f_y$$

$$= 0,85 \cdot 28 \cdot 600 \cdot 274,89 + 1899,7 \cdot (400 - 0,85 \cdot 28) - 1899,7 \cdot 400$$

$$= 3880,216 \text{ kN}$$

$$M_{n_b} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a_b \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right) + A_s' \cdot f_s \cdot \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 28 \cdot 600 \cdot 274,89 \cdot \left(\frac{600}{2} - \frac{274,89}{2} \right) + 1899,7 \cdot 400 \cdot \left(\frac{600}{2} - 61 \right)$$

$$+ 1899,7 \cdot 400 \cdot \left(539 - \frac{600}{2} \right)$$

$$= 1001,321 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_{n_b}}{P_{n_b}} = \frac{1001,321}{3880,216} = 0,258$$

karena $e_b < e$, maka termasuk patah tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d \cdot \left[\left(\frac{h - 2e}{2d} \right) + \sqrt{\left(\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2 \cdot \rho \left(\frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \right) \left(1 - \frac{d'}{d} \right) \right)} \right]$$

$$= 0,85 \cdot 28 \cdot 600 \cdot 539$$

$$\left[\left(\frac{600 - 2.333}{2.539} \right) + \sqrt{\left(\left(\frac{600 - 2.333}{2.539} \right)^2 + 2.0,00587 \left(\frac{400}{0,85.28} \right) \left(1 - \frac{61}{539} \right) \right)} \right]$$

$$= 2782,767 \text{ kN} > 2418,44 \text{ kN}$$

$$M_{oyn} = P_n \cdot e$$

$$= 2782,767 \cdot 0,333$$

$$= 926,661 \text{ kNm} > M_{oyperlu} = 805,227 \text{ kNm}$$

Penampang diasumsikan bujur sangkar sehingga :

$$M_{oyn} = M_{oxn} = 922,661 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ny}}{M_{oyn}} = \frac{560,1461}{926,661} = 0,604$$

Dari diagram factor kontur β untuk kolom segiempat yang mengalami lentur

biaksial, dicoba $\beta = 0,65$ dengan $\frac{M_{ny}}{M_{oyn}} = 0,604$ diperoleh :

$$\frac{M_{nx}}{M_{oxn}} = 0,73$$

$$M_{nx} = 0,73 \cdot 926,661 = 673,632 \text{ kNm} > 455,1507 \text{ kNm}$$

4.5.5 Perencanaan Penulangan Geser

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k_{atas}} + M_{u,k_{bawah}}}{h'_k}$$

$$= \frac{132,895 + 364,095}{2,9}$$

$$= 171,376 \text{ kN}$$

tidak perlu melebihi :

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

$$= 1,05 (32,82 + 11,39 + 4 \cdot 68,37)$$

$$= 333,5745 \text{ kN}$$

$$V_{U,k} \text{ terpakai} = 171,376 \text{ kN}$$

4.5.5.1 Daerah sendi plastis

$$d = 0,539 \text{ m}$$

$V_c = 0$ (pada daerah sendi plastis, V_c dianggap 0)

$$\begin{aligned} V_{U,k} \text{ terhitung} &= \frac{h'_k - d}{h'_k} V_{U,k} \text{ terpakai} \\ &= \frac{2,9 - 0,539}{2,9} \cdot 171,376 \\ &= 139,524 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_{U,k} \text{ terhitung}}{\phi} \\ &= \frac{139,524}{0,6} \\ &= 232,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dipakai sengkang 2P10 dengan $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jarak (s)} &< \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157,08 \cdot 240 \cdot 539}{232,54 \cdot 10^3} = 87,38 \text{ mm} \\ &< \frac{d}{4} = 134,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai P10 – 80 mm

4.5.5.2 Daerah luar sendi plastis

$$V_{U,k} \text{ terhitung} = 139,524 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{u,k \text{ terhitung}}}{0,6} = \frac{139,524}{0,6} = 232,54 \text{ kN}$$

$$N_{u,k} = 1571,986 \text{ kN}$$

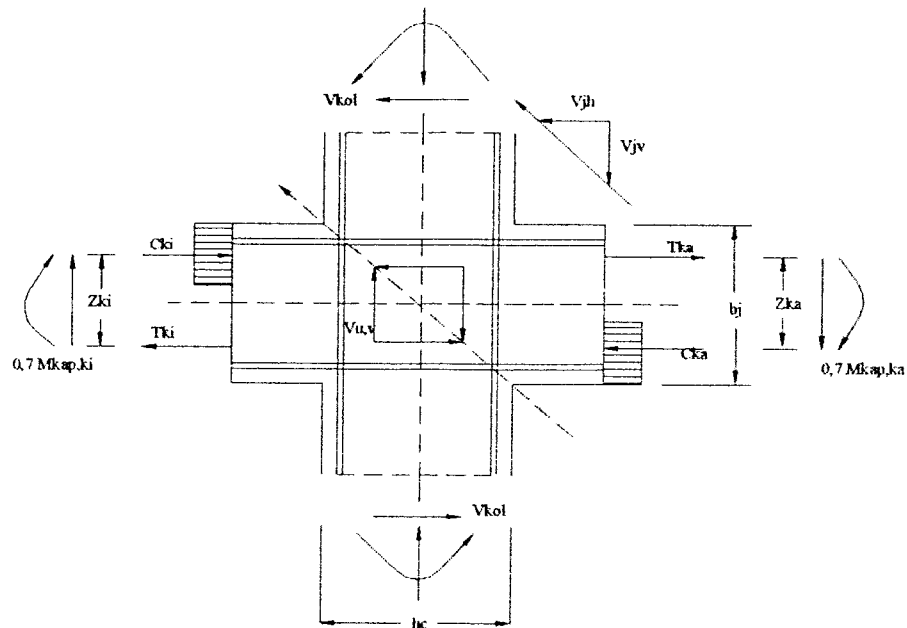
$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_{u,k}}{14 \cdot A_g}\right) \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \\ &= \left(1 + \frac{1571986}{14 \cdot 600 \cdot 600}\right) \frac{1}{6} \cdot \sqrt{28} \cdot 600 \cdot 539 \\ &= 374,17 \text{ kN} > \frac{V_{u,k \text{ terhitung}}}{0,6} = 232,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

karena $V_c > \frac{V_{u,k \text{ terhitung}}}{0,6}$, maka digunakan tulangan geser minimum

$$\text{dengan jarak } (s) < \frac{d}{2} = \frac{539}{2} = 269,5 \text{ mm}$$

Dipakai P10-200

4.5.6 Pertemuan Balok Kolom



Gambar 4.27 Joint Balok Kolom Dalam

a. Perhitungan gaya-gaya dalam

1. Arah X

$$b_j = bc = 600 \text{ mm}$$

$$= bb + 0,5 \cdot hc = 400 + 0,5 \cdot 600 = 700 \text{ mm}$$

$$b_j \text{ pakai} = 600 \text{ mm}$$

$$h_c = 600 \text{ mm}$$

$$V_{kol,x} = \frac{0,7 \cdot \phi_0 \cdot \left(\sum \frac{l_x}{l_{nx}} M_{nak,bx} + 0,3 \cdot \sum \frac{l_y}{l_{ny}} M_{nak,by} \right)}{1/2 \cdot (h_a + h_b)}$$

$$V_{kol,x} = \frac{0,7 \cdot 1,25 \cdot \left[\left(0 + \frac{8}{7,4} \cdot 377,589 \right) + 0,3 \cdot \left(\frac{6}{5,4} \cdot 225,99 + \frac{6}{5,4} \cdot 225,99 \right) \right]}{0,5 \cdot (3,5 + 4)}$$

$$V_{kol,x} = 130,4016 \text{ kN}$$

$$z_{ki,x} = 0$$

$$z_{ka,x} = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 539 = 485 \text{ mm} = 0,485 \text{ m}$$

$$C_{ki,x} = T_{ki,x} = 0$$

$$C_{ka,x} = T_{ka,x} = 0,7 \cdot \phi_0 \cdot (M_{nak,bx-ka}) / z_{ka,x}$$

$$= \frac{0,7 \cdot 1,25 \cdot 377,589}{0,485}$$

$$= 681,217 \text{ kN}$$

$$V_{jh,x} = C_{ki,x} + T_{ka,x} - V_{kol,x}$$

$$= 0 + 681,217 - 130,4016$$

$$= 550,8154 \text{ kN}$$

Kontrol tegangan geser horizontal :

$$v_{jh,x} = \frac{V_{jh,x}}{b_j \cdot h_c} \leq 1,5 \sqrt{f'c}$$

$$= \frac{550,8154}{0,6 \cdot 0,6}$$

$$= 1530,043 \text{ kN/m}^2 = 1,53 \text{ N/mm}^2 < 1,5 \cdot \sqrt{28} = 7,9 \text{ N/mm}^2 \dots \dots (\text{OK})$$

$$V_{ch,x} = 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{Nu,k}{Ag} \right) - 0,1 \cdot f'c \right\}} \cdot b_j \cdot h_c$$

$$= 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{1571,905 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} \right) - 0,1 \cdot 28 \right\}} \cdot 600 \cdot 600$$

$$= 300,374 \text{ kN}$$

$$V_{sh,x} = V_{jh,x} - V_{ch,x}$$

$$= 550,815 - 300,374 = 250,441 \text{ kN}$$

2). Arah Y

$$b_j = b_c = 600 \text{ mm}$$

$$= b_b + 0,5 \cdot h_c = 400 + 0,5 \cdot 600 = 700 \text{ mm}$$

$$b_j \text{ pakai} = 600 \text{ mm}$$

$$h_c = 600 \text{ mm}$$

$$V_{kol,y} = \frac{0,7 \cdot \phi_0 \cdot \left(0,3 \cdot \sum \frac{l_x}{l_{nx}} \cdot M_{nak,bx} + \sum \frac{l_y}{l_{ny}} \cdot M_{nak,by} \right)}{1/2 \cdot (h_a + h_b)}$$

$$V_{kol,y} = \frac{0,7 \cdot 1,25 \cdot \left[0,3 \cdot \left(0 + \frac{8}{7,4} \cdot 377,589 \right) + \left(\frac{6}{5,4} \cdot 225,99 + \frac{6}{5,4} \cdot 225,99 \right) \right]}{0,5 \cdot (3,5 + 4)}$$

$$V_{kol,x} = 145,754 \text{ kN}$$

$$z_{ki,x} = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 539 = 485 \text{ mm} = 0,485 \text{ m}$$

$$z_{ka,x} = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 539 = 485 \text{ mm} = 0,485 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} C_{ki,x} = T_{ki,x} &= \frac{0,7 \cdot \phi_0 \cdot (M_{nak,by-ki})}{z_{ki,y}} \\ &= \frac{0,7 \cdot 1,25 \cdot 225,99}{0,485} = 407,714 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{ka,x} = T_{ka,x} &= \frac{0,7 \cdot \phi_0 \cdot (M_{nak,by-ka})}{z_{ka,y}} \\ &= \frac{0,7 \cdot 1,25 \cdot 225,99}{0,485} \\ &= 407,714 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{jh,x} = C_{ki,x} + T_{ka,x} - V_{kol,x}$$

$$= 407,714 + 407,714 - 145,745 = 669,674 \text{ kN}$$

Kontrol tegangan geser horizontal :

$$\begin{aligned}
 v_{jh,y} &= \frac{V_{jh,y}}{b_j \cdot h_c} \leq 1,5 \sqrt{f'c} \\
 &= \frac{669,674}{0,6 \cdot 0,6} \\
 &= 1860,205 \text{ kN/m}^2 = 1,53 \text{ N/mm}^2 < 1,5 \cdot \sqrt{28} = 7,9 \text{ N/mm}^2 \dots \dots \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ch,y} &= 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{Nu, k}{Ag} \right) - 0,1 \cdot f'c \right\} \cdot b_j \cdot h_c} \\
 &= 2/3 \cdot \sqrt{\left\{ \left(\frac{1563,56 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} \right) - 0,1 \cdot 28 \right\} \cdot 600 \cdot 600} \\
 &= 298,143 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{sh,y} &= V_{jh,y} - V_{ch,y} \\
 &= 669,674 - 298,143 = 371,531 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Penulangan Geser Horizontal

$$V_{sh,mak} = V_{sh,y} = 371,531 \text{ kN}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh,mak}}{f_y} = \frac{371,531}{400} = 928,8275 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang P10 dengan $A_v = 157 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah lapis sengkang} = \frac{928,8275}{157} = 5,916 \text{ lapis}$$

digunakan sengkang 8P10

c. Penulangan geser vertical

$$V_{cv} = \frac{A_{s_c}'}{A_{s_c}} V_{jh,mak} \left(0,6 + \frac{Nu, k}{Ag \cdot f'c} \right)$$

$$= 1.669,674 \cdot 10^3 \cdot \left(0,6 + \frac{1563,56 \cdot 10^3}{600 \cdot 600 \cdot 28} \right)$$

$$= 505681 \text{ N} = 505,681 \text{ kN}$$

$$V_{jv} = \frac{b_j}{h_c} \cdot V_{jh, \text{mak}}$$

$$= \frac{0,6}{0,6} \cdot 669,674 = 669,674 \text{ kN}$$

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} = 669,674 - 505,681 = 163,993 \text{ kN}$$

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{163,674}{400} = 409,9825 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang P10 dengan $A_v = 157 \text{ mm}^2$

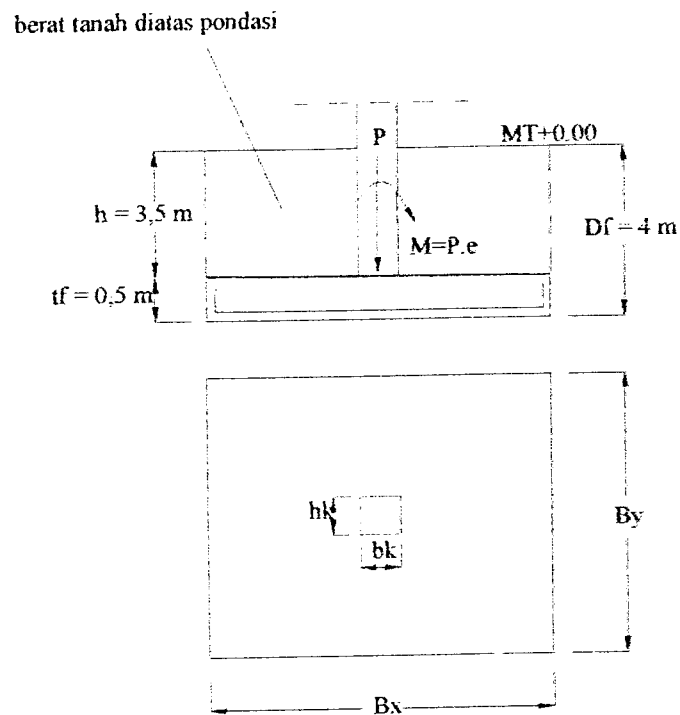
$$\text{Jumlah lapis sengkang} = \frac{409,9825}{157} = 2,6 \text{ lapis}$$

Digunakan sengkang 3P10

4.6 Perencanaan Pondasi

4.6.1 Perencanaan Pondasi Telapak Setempat (PS1)

A. Perencanaan Dimensi Pondasi



Gambar 4.28 Pondasi telapak setempat

$$\sigma_{\text{tanah}} = 400 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{tanah}} = 1,744 \text{ kN/m}^3$$

$$f'_c = 28 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Asumsi tebal pelat (tf) = 500 mm

$$P = 1842,592 \text{ kN}$$

Ukuran kolom :

$$M_x \text{ tetap} = 75,82 \text{ kNm}$$

$$h_k = 600 \text{ mm}$$

$$M_y \text{ tetap} = 13,45 \text{ kNm}$$

$$b_k = 600 \text{ mm}$$

$$M_x \text{ sementara} = 276,885 \text{ kNm}$$

$$M_y \text{ sementara} = 241,76 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{netto tanah}} &= \sigma_{\text{tanah}} - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{beton}}) - \Sigma(h \cdot \gamma'_{\text{tanah}}) \\
 &= 400 - (0,5 \cdot 24) - (3,5 \cdot 1,744) \\
 &= 381,896 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

1. Tinjauan Terhadap Beban Tetap

Digunakan pondasi penampang bujur sangkar, dicoba dengan nilai $B_x = B_y = 2,4 \text{ m}$

Luas penampang pelat pondasi :

$$A = B_x \cdot B_y = 2,4 \times 2,4 = 5,76 \text{ m}^2$$

Kontrol luas pelat pondasi dan tegangan yang terjadi :

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{P}{A} \pm \frac{6 \cdot M_y}{B_x^2 \cdot B_y} \pm \frac{6 \cdot M_x}{B_y^2 \cdot B_x} \quad (3.7.7)$$

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{1842,592}{5,76} + \frac{6 \cdot 13,45}{2,4^2 \cdot 2,4} + \frac{6 \cdot 75,82}{2,4^2 \cdot 2,4}$$

$$= 358,640 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{nettotanah}} = 381,896 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

2. Tinjauan Terhadap Beban Sementara

Eksentrisitas yang terjadi :

$$e_x = \frac{M_y}{P} = \frac{241,76}{1842,592} = 0,131 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{P} = \frac{276,886}{1842,592} = 0,15 \text{ m}$$

$$\frac{B}{6} = \frac{2,4}{6} = 0,4 > e_x \text{ dan } e_y \text{ (beban eksentrisitas di dalam teras), maka :}$$

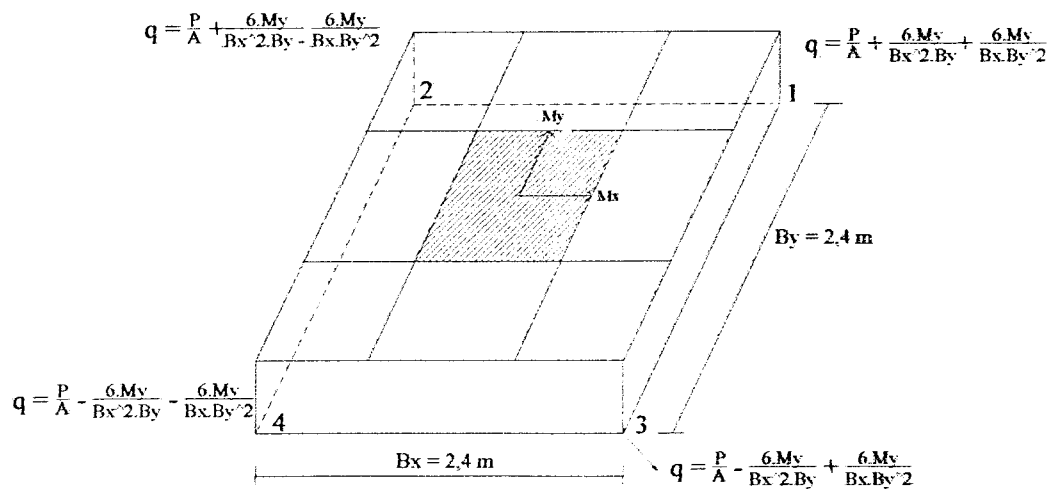
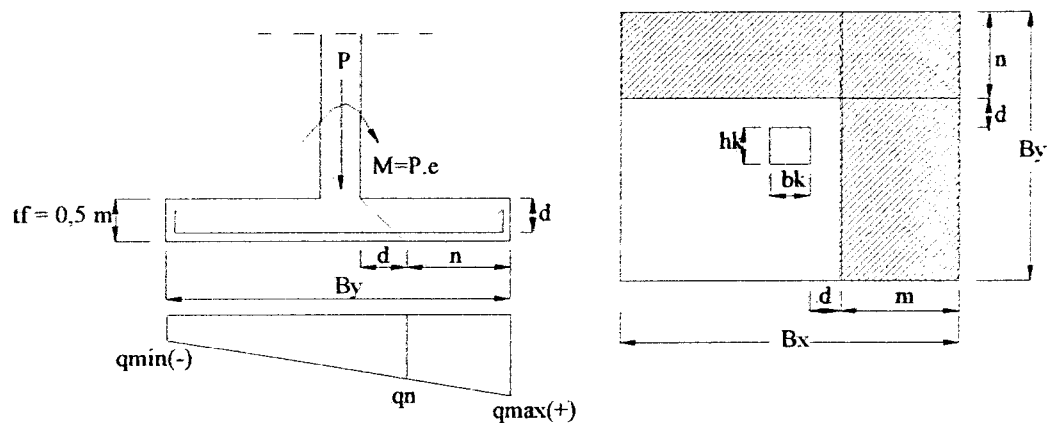
Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6 \cdot e_x}{B_x} + \frac{6 \cdot e_y}{B_y} \right)$$

$$= \frac{1842,592}{5,76} \left(1 + \frac{6,0,131}{2,4} + \frac{6,0,15}{2,4} \right)$$

$$= 545 \text{ kN/m}^2 < 1,5 \cdot \sigma_{\text{netto}} = 1,5 \cdot 381,896 = 572,844 \text{ kN/m}^2 \dots \text{Ok!}$$

B. Perencanaan Geser Satu Arah



Gambar 4.29 Pondasi dengan geser satu arah

Arah x

$$P = 1842,592 \text{ kN}$$

$$M_y = 241,76 \text{ kNm}$$

$$M_x = 276,885 \text{ kNm}$$

• Tegangan kontak yang terjadi :

$$q_u = \frac{P}{A} \pm \frac{6.M_y}{Bx^2.B_y} \pm \frac{6.M_x}{By^2.B_x}$$

$$\begin{aligned} q_{u1} &= \frac{1842,592}{5,76} + \frac{6.241,76}{2,4.2,4^2} + \frac{6.276,885}{2,4^2.2,4} \\ &= 545 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u2} &= \frac{1842,592}{5,76} + \frac{6.241,76}{2,4.2,4^2} - \frac{6.276,885}{2,4^2.2,4} \\ &= 304,65 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u3} &= \frac{1842,592}{5,76} - \frac{6.241,76}{2,4.2,4^2} + \frac{6.276,885}{2,4^2.2,4} \\ &= 335,14 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u4} &= \frac{1842,592}{5,76} - \frac{6.241,76}{2,4.2,4^2} - \frac{6.276,885}{2,4^2.2,4} \\ &= 94,788 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{ua} &= \frac{(545 - 304,65).(2,4 - 0,481)}{2,4} + 304,65 \\ &= 496,83 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{ub} &= \frac{(335,14 - 94,788).(2,4 - 0,481)}{2,4} + 94,788 \\ &= 286,97 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{uc} = \frac{545 + 496,83}{2} = 520,915 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ud} = \frac{335,14 + 286,97}{2} = 311,055 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u \text{ pakai}} = \frac{520,915 + 311,055}{2} = 415,985 \text{ kN/m}^2$$

Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton :

$$d = t_f - P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul, pokok}} = 500 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 419 \text{ mm} = 0,419 \text{ m} \quad (3.7.12)$$

$$m = \frac{B_x - b_k - 2 \cdot d}{2} = \frac{2,4 - 0,6 - 2 \cdot 0,419}{2} = 0,481 \text{ m} \quad (3.7.14)$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{u \text{ pakai}} \cdot m \cdot B_x = 415,985 \cdot 0,481 \cdot 2,4 = 480,213 \text{ kN} \quad (3.7.13)$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{480,213}{0,6} = 800,4 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser:

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot B_x \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{28} \cdot 2,4 \cdot 0,419 \cdot 10^3 = 886,856 \text{ kN} \quad (3.7.17)$$

- Kontrol gaya geser :

$$V_c = 886,856 \text{ kN} \geq \frac{V_u}{\phi} = 800,4 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

Arah y

$$q_{u_a} = \frac{(545 - 335,14) \cdot (2,4 - 0,481)}{2,4} + 335,14$$

$$= 502,94 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_b} = \frac{(304,65 - 94,788) \cdot (2,4 - 0,481)}{2,4} + 94,788$$

$$= 262,59 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_c} = \frac{545 + 502,94}{2} = 523,97 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_d} = \frac{304,65 + 262,59}{2} = 283,62 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u \text{ pakai}} = \frac{523,97 + 283,62}{2} = 403,795 \text{ kN/m}^2$$

Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton :

$$d = t_f - P_b - \frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 500 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 419 \text{ mm} = 0,419 \text{ m} \quad (3.7.12)$$

$$n = \frac{B_x - b_k - 2 \cdot d}{2} = \frac{2,4 - 0,6 - 2 \cdot 0,419}{2} = 0,481 \text{ m} \quad (3.7.16)$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$V_u = q_{u \text{ pakai}} \cdot n \cdot B_y = 403,795 \cdot 0,481 \cdot 2,4 = 466,141 \text{ kN} \quad (3.7.15)$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{466,141}{0,6} = 776,9 \text{ kN}$$

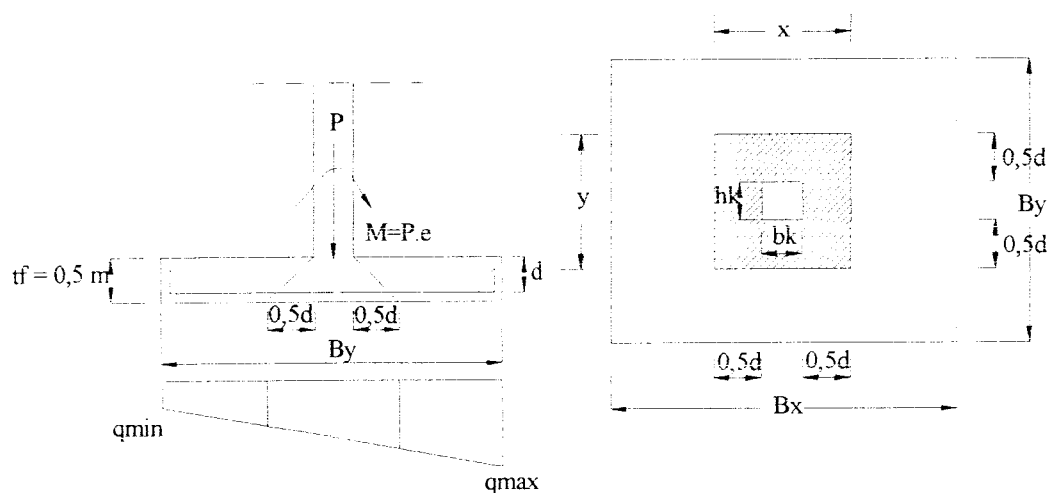
- Kekuatan beton menahan geser:

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot B_x \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{28} \cdot 2,4 \cdot 0,419 \cdot 10^3 = 886,856 \text{ kN} \quad (3.7.18)$$

- Kontrol gaya geser :

$$V_c = 886,856 \text{ kN} \geq \frac{V_u}{\phi} = 776,9 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

C. Perencanaan Geser Dua Arah



Gambar 4.30 Pondasi dengan geser dua arah

$$x = bk + d \quad (3.7.20)$$

$$= 600 + 419$$

$$= 1019 \text{ mm} = 1,019 \text{ m}$$

$$y = hk + d \quad (3.7.21)$$

$$= 600 + 419$$

$$= 1019 \text{ mm} = 1,019 \text{ m}$$

- Tegangan kontak yang terjadi :

$$\begin{aligned} qu_{\text{pakai}} &= \frac{qu_1 + qu_2 + qu_3 + qu_4}{4} \\ &= \frac{545 + 304,65 + 335,14 + 94,788}{4} \\ &= 319,8945 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$Vu = qu_{\text{pakai}} \cdot ((Bx \cdot By) - (x \cdot y)) \quad (3.7.19)$$

$$= 319,8945 \cdot ((2,4 \cdot 2,4) - (1,019 \cdot 1,019)) = 1510,426 \text{ kN}$$

$$Vu/\phi = 1510,426 / 0,6 = 2517,377 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser :

$$\beta_c = \frac{\text{sisipanjang}}{\text{sisipendek}} = \frac{y}{x} = \frac{1,019}{1,019} = 1$$

$$bo = 2 \cdot (x + y) = 2 \cdot (1019 + 1019) = 4076 \text{ mm} \quad (3.7.24)$$

$$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) \cdot (2 \cdot \sqrt{f'_c}) \cdot bo \cdot d \quad (3.7.23)$$

$$= (1 + \frac{2}{1}) \cdot (2 \cdot \sqrt{28}) \cdot 4076 \cdot 419 \cdot 10^{-3} = 54222 \text{ kN}$$

$$V_{c2} = 4 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bo \cdot d \quad (3.7.22)$$

$$= 4 \cdot \sqrt{28} \cdot 4076 \cdot 419 \cdot 10^{-3} = 36148 \text{ kN}$$

$$V_c = 36148 \text{ kN} \geq \frac{V_u}{\phi} = 2517,377 \text{ kN} \dots \text{Ok!}$$

D. Kuat Tumpuan Pondasi

- Kuat tumpuan Pondasi :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}})$$

$$\text{Luas penampang kolom } (A_1) = b_k \cdot h_k = 0,60 \cdot 0,60 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas pelat pondasi } (A_2) = B_x \cdot B_y = 2,4 \cdot 2,4 = 5,76 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{5,76}{0,36}} = 4 > 2 \text{ (jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2)}$$

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1 \cdot 2)$$

$$= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 28 \cdot 0,36 \cdot 2) \cdot 10^3 = 11995 \text{ kN}$$

- Kuat tumpuan kolom :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1)$$

$$= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 28 \cdot 0,36) \cdot 10^3 = 5997 \text{ kN}$$

- Kontrol kuat tumpuan :

$$\phi \cdot P_{n_{\text{pondasi}}} = 11995 \text{ kN} > \phi \cdot P_{n_{\text{kolom}}} = 5997 \text{ kN} \dots \text{Ok!}$$

E. Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi

Karena penampang pondasi berbentuk bujur sangkar, sehingga arah x dan arah y sama panjang, maka perencanaan tulangan lenturnya dianggap sama.

$$L = \frac{B_x - b_k}{2} = \frac{2,4 - 0,60}{2} = 0,9 \text{ m}$$

$$q_u = 545 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = 0,5 \cdot q_u \cdot L^2 = 0,5 \cdot 545 \cdot 0,9^2 = 220,571 \text{ kNm} \quad (3.7.26)$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{220,571}{0,8} = 275,714 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan pokok \varnothing_{22} mm, maka $A_{1\varnothing} = 380,133 \text{ mm}^2$

- Tebal pelat pondasi : $t_f = 500$ mm, selimut beton (P_b) = 70 mm

$$d = t_f - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 500 - 70 - 0,5 \cdot 22 = 419 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,807 \quad (3.7.29)$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{275,714 \cdot 10^6}{1000 \cdot 419^2} = 1,57 \text{ MPa} \quad (3.7.30)$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (3.7.32)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,807} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,807 \cdot 1,57}{400}} \right) = 0,00406 < \rho_{\max} = 0,0227 \\ &> \rho_{\min} = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{ada}} = 0,00406$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00406 \cdot 1000 \cdot 419 = 1701,14 \text{ mm}^2 \quad (3.7.33)$$

$$0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 500 = 1000 \text{ mm}^2 < A_{s_{\text{perlu}}}, \text{ maka, } A_{s_{\text{perlu}}} = 1701,14 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{01} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{380,133 \cdot 1000}{1701,14} = 223,458 \text{ mm} \quad (3.7.35)$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Pokok : D₂₂ – 220 mm

$$A_{s_{\text{ada}}} = \frac{A_{10} \cdot 1000}{s} = \frac{380,133 \cdot 1000}{220} = 1727,877 \text{ mm}^2 \quad (3.7.36)$$

• Kontrol Kapasitas Lentur Pelat pondasi :

$$a = \frac{A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1727,877 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 1000} = 29,04 \text{ mm} \quad (3.7.37)$$

$$M_n = A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) \quad (3.7.38)$$

$$= 1727,877 \cdot 400 (419 - \frac{29,04}{2})$$

$$= 279,557 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 275,714 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

Perencanaan Tulangan Bagi Pondasi

$$A_{s_{\text{bagi}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 500 = 1000 \text{ mm}^2$$

• Digunakan tulangan bagi Ø12 mm, maka: A_{1Ø} = 113,097 mm²

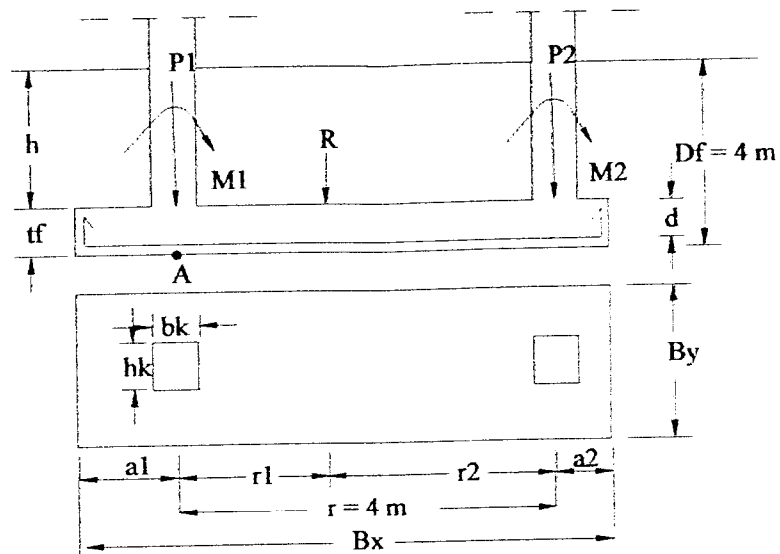
Jarak antar tulangan susut :

$$s \leq \frac{A_{01} \cdot b}{A_{s_{\text{susut}}}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{1000} = 113,097 \text{ mm} \approx 110 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Susut : P₁₂ – 110 mm

4.5.2 Perencanaan Pondasi Gabungan

A. Perencanaan Dimensi Pondasi



Gambar 4.31 Pondasi telapak gabungan

$$\sigma_{\text{tanah}} = 400 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{tanah}} = 1,744 \text{ kN/m}^3$$

$$f_{\text{tanjah}} = 28 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Asumsi tebal pelat (tf) = 600 mm

$$P_1 = 1360,768 \text{ kN}$$

Ukuran kolom :

$$M_{x_1} \text{ tetap} = 39,42 \text{ kNm}$$

$$P_1 : 600/600$$

$$M_{y_1} \text{ tetap} = 26,26 \text{ kNm}$$

$$P_2 : 600/600$$

$$M_{x_1} \text{ sementara} = 260,15 \text{ kNm}$$

$$M_{y_1} \text{ sementara} = 260,24 \text{ kNm}$$

$$P_2 = 651,224 \text{ kN}$$

$$M_{x_2} \text{ tetap} = 10,76 \text{ kNm}$$

$$M_{y_2} \text{ tetap} = 27,12 \text{ kNm}$$

$$M_{x_2} \text{ sementara} = 237,67 \text{ kNm}$$

$$M_{y_2} \text{ sementara} = 233,52 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{netto tanah}} &= \sigma_{\text{tanah}} - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{beton}}) - \Sigma(h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) \\ &= 400 - (0,6 \cdot 24) - (3,4 \cdot 1,744) \\ &= 379,67 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

1. Tinjauan Terhadap Beban Tetap

$$R = P_1 + P_2 = 1360,768 + 651,224 = 2011,992 \text{ kN}$$

$$\text{Luas minimum pondasi } A = \frac{R}{\sigma_{\text{netto tanah}}} = \frac{2011,992}{379,67} = 5,3 \text{ m}^2$$

Pusat berat beban kolom :

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R \cdot r_1 + P_2 \cdot r + M_1 + M_2 = 0$$

$$2011,992 \cdot r_1 + 651,224 \cdot 4 + 39,42 + 10,76 = 0$$

$$r_1 = 1,32 \text{ m}$$

$$r_2 = 4 - 1,32 = 2,68 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pondasi : } r_2 + a_2 = \frac{1}{2} \cdot B_x$$

$$B_x = 2 (r_2 + a_2) = 2 (2,68 + 0,5) = 6,36 \text{ m}$$

$$a_1 = 6,36 - 4 - 0,5 = 1,86 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pondasi : } B_y = \frac{A}{B_x} = \frac{5,3}{6,41} = 0,83 \text{ m}$$

Diambil nilai $B_x = 6,5 \text{ m}$ dan $B_y = 2 \text{ m}$

$$A = B_x \cdot B_y = 6,5 \cdot 2 = 13 \text{ m}^2$$

$$M_{x_{\text{tot}}} = 39,42 + 10,76 = 50,18 \text{ kNm}$$

$$M_{y_{\text{tot}}} = 26,26 + 27,12 = 53,38 \text{ kNm}$$

$$e_x = \frac{M_x}{R} = \frac{50,18}{2011,992} = 0,025m$$

$$e_y = \frac{M_y}{R} = \frac{53,38}{2011,992} = 0,026m$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{maks}} &= \frac{R}{A} \left(1 + \frac{6 \cdot e_x}{B_x} + \frac{6 \cdot e_y}{B_y} \right) \\ &= \frac{2011,992}{13} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,025}{6,5} + \frac{6 \cdot 0,026}{2} \right) \\ &= 170,412 \text{ kN/m}^2 \leq 379,67 \text{ kN/m}^2 \dots\dots \text{Ok!}\end{aligned}$$

2. Tinjauan Terhadap Beban Sementara

$$M_{x_{\text{tot}}} = 260,15 + 237,67 = 497,82 \text{ kNm}$$

$$M_{y_{\text{tot}}} = 160,24 + 233,52 = 493,76 \text{ kNm}$$

Eksentrisitas yang terjadi :

$$e_x = \frac{M_{y_{\text{tot}}}}{R} = \frac{493,76}{2011,992} = 0,245 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_{x_{\text{tot}}}}{R} = \frac{497,82}{2011,992} = 0,247 \text{ m}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{terjadi}} &= \frac{R}{A} \left(1 + \frac{6 \cdot e_x}{B_x} + \frac{6 \cdot e_y}{B_y} \right) \\ &= \frac{2011,992}{13} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,245}{6,5} + \frac{6 \cdot 0,247}{2} \right) \\ &= 304,45 \text{ kN/m}^2 < 1,5 \cdot \sigma_{\text{netto}} = 1,5 \cdot 379,67 = 569,505 \text{ kN/m}^2 \dots\dots \text{Ok!}\end{aligned}$$

B. Perencanaan Geser Satu Arah

→ Ditinjau pada arah memanjang

$$P1 = 1360,768 \text{ kN}$$

$$P2 = 651,224 \text{ kN}$$

$$Mx1 = 260,15 \text{ kNm}$$

$$Mx2 = 237,67 \text{ kNm}$$

$$R = 2011,992 \text{ kN}$$

$$Mx_{tot} = 497,82 \text{ kNm}$$

• Tegangan yang terjadi :

$$q_{tjd} = \frac{R}{A} \pm \frac{6.Mx_{tot}}{By^2.Bx}$$

$$= \frac{2011,992}{13} \pm \frac{6.497,82}{6,5.2^2}$$

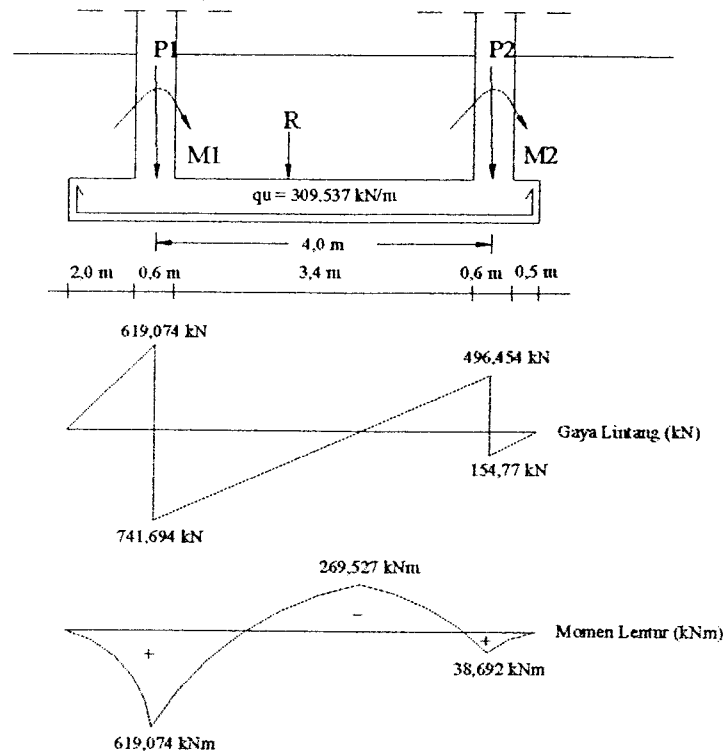
$$q_{tjd \max} = 269,65 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{tjd \min} = 39,887 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{tjd} = \frac{1}{2} (269,65 + 39,887) = 154,7685 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = 154,7685 \cdot 2 = 309,537 \text{ kN/m}$$

Pada gambar dibawah ini tampak bahwa kedudukan kolom relative dekat dengan ujung pondasi. dengan demikian pada arah memanjang struktur pondasi gabungan dapat berlaku sebagai balok persegi lebar. Dengan menganggap kolom – kolom sebagai penopang dan pondasi akan menerima beban merata keatas yang berasal dari tekanan tanah. Dan untuk analisis geser dan momen yang terjadi dapat dianalisis dengan analisis balok sederhana.



Gambar 4.32 Diagram Geser dan Momen

- Gaya geser terbesar akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi sejauh d dari muka kolom:

$$V_{u,d} = V_{\text{mak}} - q_u \cdot \left(d + \frac{h_{klm}}{2}\right) = 741,694 - 309,537 \cdot \left(0,519 + \frac{0,6}{2}\right) = 488,183 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{488,183}{0,6} = 813,638 \text{ kN}$$

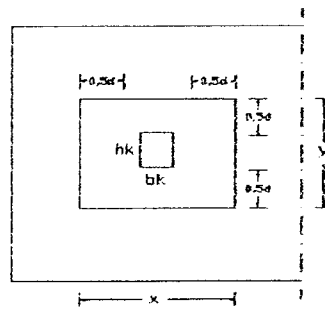
- Kekuatan beton menahan geser:

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot Bx \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{28} \cdot 2 \cdot 0,519 \cdot 10^3 \\ &= 915,429 \text{ kN} \geq \frac{V_u}{\phi} = 813,638 \text{ kN} \dots\dots\text{Ok!} \end{aligned}$$

C. Perencanaan Geser Dua Arah

→ Ditinjau masing-masing kolom pada arah pendek.

1. Kolom P1



Gambar 4.33 Bidang Geser 2 Arah kolom P1

$$\begin{aligned} x &= bk + d = 600 + 519 \\ &= 1119 \text{ mm} = 1,119 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= hk + d = 600 + 519 \\ &= 1119 \text{ mm} = 1,119 \text{ m} \end{aligned}$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$\begin{aligned} V_u &= P_1 - \sigma_{\text{terjadi}} (x \cdot y) \\ &= 1360,768 - 304,45 \cdot (1,119 \cdot 1,119) = 979,547 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{979,547}{0,6} = 1632,579 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser :

$$\beta_c = \frac{\text{sisipanjang}}{\text{sisipendek}} = \frac{1,119}{1,119} = 1,0$$

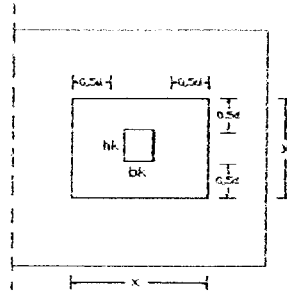
$$b_o = 2 \cdot (x + y) = 2 \cdot (1119 + 1119) = 4476 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot (2 \cdot \sqrt{f'_c}) \cdot b_o \cdot d \\ &= \left(1 + \frac{2}{1,0}\right) \cdot (2 \cdot \sqrt{28}) \cdot 4476 \cdot 519 \cdot 10^{-3} = 73754,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 4 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ &= 4 \cdot \sqrt{28} \cdot 4476 \cdot 519 \cdot 10^{-3} = 49169,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi $V_c = 49169 \text{ kN} \geq \frac{V_u}{\phi} = 1632,579 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Ok!}$

2. Kolom P2



Gambar 4.34 Bidang Geser 2 Arah kolom P2

$$\begin{aligned} x &= bk + d = 600 + 519 \\ &= 1119 \text{ mm} = 1,119 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= hk + d = 600 + 519 \\ &= 1119 \text{ mm} = 1,119 \text{ m} \end{aligned}$$

- Gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada penampang kritis pondasi :

$$\begin{aligned} V_u &= P_2 - \sigma_{\text{terjadi}} (x \cdot y) \\ &= 651,224 - 304,45 \cdot (1,119 \cdot 1,119) = 270,003 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{270,003}{0,6} = 450 \text{ kN}$$

- Kekuatan beton menahan geser :

$$\beta_c = \frac{\text{sisipanjang}}{\text{sisipendek}} = \frac{1,119}{1,119} = 1,0$$

$$b_o = 2 \cdot (x + y) = 2 \cdot (1119 + 1119) = 4476 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) \cdot (2 \cdot \sqrt{f'c}) \cdot b_o \cdot d$$

$$= (1 + \frac{2}{1,0}) \cdot (2 \cdot \sqrt{28}) \cdot 4476 \cdot 519 \cdot 10^{-3} = 73754,36 \text{ kN}$$

$$V_{c2} = 4 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$= 4 \cdot \sqrt{28} \cdot 4476 \cdot 519 \cdot 10^{-3} = 49169,57 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi } V_c = 49169 \text{ kN} \geq \frac{V_u}{\phi} = 450 \text{ kN} \dots\dots\dots\text{Ok !}$$

D. Kuat Tumpuan Pondasi

- Kuat tumpuan Pondasi :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}})$$

$$\text{Luas pelat pondasi } (A_2) = B_x \cdot B_y = 6,5 \cdot 2,0 = 13 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang kolom } (A_1) &= (b_{k1} \cdot h_{k1}) + (b_{k2} \cdot h_{k2}) = (0,6 \cdot 0,6) + (0,6 \cdot 0,6) \\ &= 0,72 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{13}{0,72}} = 4,2 > 2 \text{ (jika lebih besar dari 2, dipakai nilai 2)}$$

- Kuat tumpuan pondasi :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot A_1 \cdot 2)$$

$$= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 28 \cdot 720000 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 23990,4 \text{ kN}$$

- Kuat tumpuan kolom :

$$\phi \cdot P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot A_1)$$

$$= 0,7 \cdot (0,85 \cdot 28 \cdot 720000) \cdot 10^{-3} = 11995,2 \text{ kN}$$

- Kontrol kuat tumpuan :

$$\phi \cdot P_{n_{\text{pondasi}}} = 23990,4 \text{ kN} > \phi \cdot P_{n_{\text{kolom}}} = 11995,2 \text{ kN} \dots\dots\dots\text{Ok !}$$

E. Perencanaan Tulangan Lentur Pondasi Gabungan

1. Arah Memanjang (x)

$$M^+_{\text{mak}} = 619,074 \text{ kNm}$$

$$M^-_{\text{mak}} = 269,527 \text{ kNm}$$

a. Momen Positif

$$M_u = 619,074 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{619,074}{0,8} = 773,8425 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan pokok \varnothing_{22} mm, maka : $A_{1\varnothing} = 380,133 \text{ mm}^2$

- Tebal pelat pondasi : $t_f = 600$ mm, selimut beton (P_b) = 70 mm

$$d = t_f - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 600 - 70 - 0,5 \cdot 22 = 519 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,807$$

Koefisien ketahanan (R_n), $b = 2000$ mm

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{773,8425 \cdot 10^6}{2000 \cdot 519^2} = 1,436 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

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

$$= \frac{1}{16,807} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,807 \cdot 1,436}{400}} \right) = 0,00371 < \rho_{\max} = 0,0227$$

$$> \rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00371$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00371 \cdot 2000 \cdot 519 = 3847,404 \text{ mm}^2$$

$$0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 2000 \cdot 600 = 2400 \text{ mm}^2 < A_{s_{\text{perlu}}}, \text{ maka :}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 3847,404 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{s1} \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{380,133 \cdot 2000}{3847,404} = 197,605 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ **Dipakai Tulangan Pokok : D₂₂ – 190 mm**

$$A_{s_{\text{ada}}} = \frac{A_{s1} \cdot b}{s} = \frac{380,133 \cdot 2000}{190} = 4001,4 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Kapasitas Lentur Pelat pondasi :

$$a = \frac{A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c} \cdot b} = \frac{4001,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 2000} = 33,625 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 4001,4 \cdot 400 \left(519 - \frac{33,625}{2} \right)$$

$$= 803,781 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 773,8425 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

b. Momen Negatif

$$M_u = 269,527 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = \frac{269,527}{0,8} = 336,909 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan pokok \varnothing_{22} mm, maka : $A_{1\varnothing} = 380,133 \text{ mm}^2$
- Tebal pelat pondasi : $t_f = 600$ mm, selimut beton (P_b) = 70 mm

$$d = t_f - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 600 - 70 - 0,5 \cdot 22 = 519 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,807$$

Koefisien ketahanan (R_n), $b = 2000$ mm

$$R_n = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{336,909 \cdot 10^6}{2000 \cdot 519^2} = 0,625 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,807} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,807 \cdot 0,625}{400}} \right) = 0,00158 < \rho_{\max} = 0,0227 \end{aligned}$$

$$< \rho_{\min} = 0,0035$$

1,33. $\rho_{\text{ada}} = 0,00211 < \rho_{\min} = 0,0035$, maka

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00211$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00211 \cdot 2000 \cdot 519 = 2186,186 \text{ mm}^2$$

$0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 2000 \cdot 600 = 2400 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}}$, maka :

$$A_{s \text{ perlu}} = 2400 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{\theta 1} \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{380,133 \cdot 2000}{2400} = 316,777 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Pokok : D₂₂ – 250 mm

$$A_{s \text{ ada}} = \frac{A_{10} \cdot b}{s} = \frac{380,133 \cdot 2000}{250} = 3041,064 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Kapasitas Lentur Pelat pondasi :

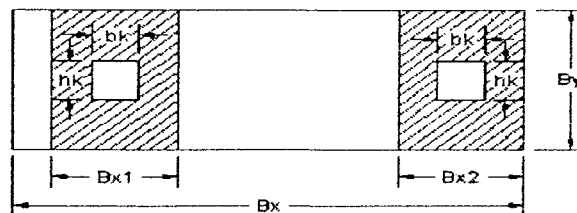
$$a = \frac{A_{s \text{ ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{3041,064 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 2000} = 77,578 \text{ mm}$$

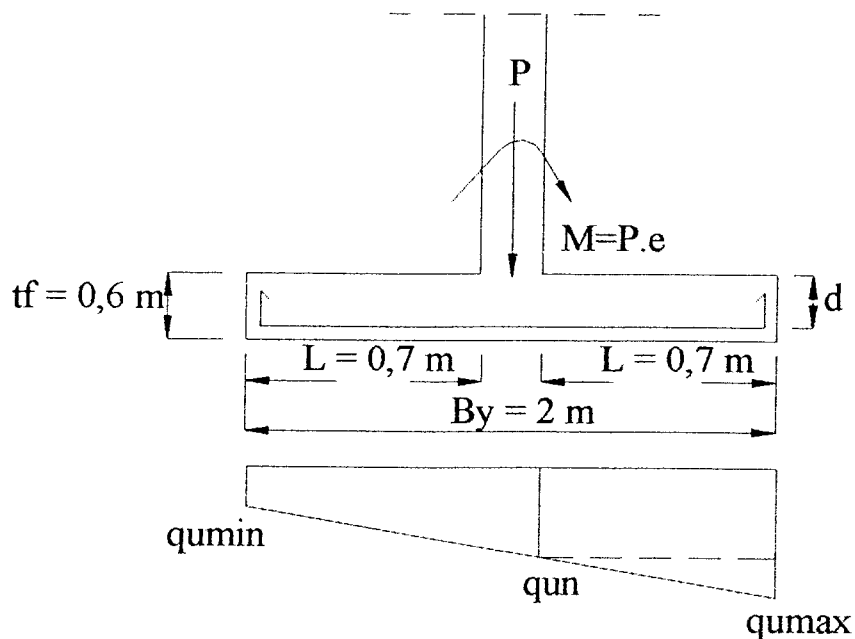
$$M_n = A_{s \text{ ada}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= 3041,064 \cdot 400 (519 - \frac{77,578}{2})$$

$$= 584,141 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 336,909 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

2. Arah Memendek (y)





Gambar 4.35 Penampang pondasi gabungan arah y

$$Bx1 = Bx2 = bk + d = 0,6 + 0,519 = 1,119 \text{ m}$$

a. Kolom P1

$$L = \frac{By - hk}{2} = \frac{2 - 0,6}{2} = 0,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} q_{u_{\max}} &= \frac{P1}{By \cdot Bx1} + \frac{6 \cdot Mx1}{By^2 \cdot Bx1} \\ &= \frac{1360,768}{2 \cdot 1,119} + \frac{6 \cdot 260,15}{2^2 \cdot 1,119} \\ &= 956,755 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u_{\min}} &= \frac{P1}{By \cdot Bx1} - \frac{6 \cdot Mx1}{By^2 \cdot Bx1} \\ &= \frac{1360,768}{2 \cdot 1,119} - \frac{6 \cdot 260,15}{2^2 \cdot 1,119} \\ &= 259,302 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{(956,755 - qu_n)}{0,7} = \frac{(956,755 - 259,302)}{2}$$

$$qu_n = 712,646 \text{ kN/m}^2$$

$$Mu = 0,5 \cdot qu_n \cdot L^2 = 0,5 \cdot 712,646 \cdot 0,7^2 = 174,598 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi} = \frac{174,598}{0,8} = 218,248 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan pokok \varnothing_{22} mm, maka : $A_{1\varnothing} = 380,133 \text{ mm}^2$
- Tebal pelat pondasi : $tf = 600$ mm, selimut beton (P_b) = 70 mm

$$d = tf - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{tul. \text{ pokok}} = 600 - 70 - 0,5 \cdot 22 = 519 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,807$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil b tiap 1000 mm

$$R_n = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{218,248 \cdot 10^6}{1000 \cdot 519^2} = 0,8102 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,807} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,807 \cdot 0,8102}{400}} \right) = 0,00206 < \rho_{\max} = 0,0227 \end{aligned}$$

$$< \rho_{\min} = 0,0035$$

$$1,33 \rho_{ada} = 0,00274 < \rho_{min} = 0,0035, \text{ maka : } \rho_{perlu} = 0,00274$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d = 0,00274 \cdot 1000 \cdot 519 = 1422,864 \text{ mm}^2$$

$$0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}^2 < A_{s_{perlu}}, \text{ maka :}$$

$$A_{s_{perlu}} = 1422,864 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{\theta 1} \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{380,133 \cdot 1000}{1422,864} = 267,160 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Pokok : D₂₂ – 250 mm

$$A_{s_{ada}} = \frac{A_{\theta 1} \cdot b}{s} = \frac{380,133 \cdot 1000}{250} = 1520,532 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Kapasitas Lentur Pelat pondasi :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1520,532 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 1000} = 25,555 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{ada}} \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= 1520,532 \cdot 400 (519 - \frac{25,555}{2})$$

$$= 307,891 \text{ kNm} \geq \frac{M_u}{\phi} = 218,248 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

b. Kolom P2

$$L = \frac{B_y - h_k}{2} = \frac{2 - 0,6}{2} = 0,7 \text{ m}$$

$$q_{u_{max}} = \frac{P_2}{B_y \cdot B_x 2} + \frac{6 \cdot M_x 2}{B_y^2 \cdot B_x 2}$$

$$= \frac{651,224}{2.1,119} + \frac{6.237,67}{2^2 \cdot 1,119}$$

$$= 609,577 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u_{\min}} = \frac{P^2}{B_y \cdot B_x^2} - \frac{6Mx^2}{B_y^2 \cdot B_x^2}$$

$$= \frac{651,224}{2.1,119} - \frac{6.237,67}{2^2 \cdot 1,119}$$

$$= -27,607 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{(609,577 - q_{u_n})}{0,7} = \frac{(609,577 - (-27,607))}{2}$$

$$q_{u_n} = 386,563 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = 0,5 \cdot q_{u_n} \cdot L^2 = 0,5 \cdot 386,563 \cdot 0,7^2 = 94,708 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{94,708}{0,8} = 118,385 \text{ kNm}$$

- Digunakan tulangan pokok \varnothing_{22} mm, maka : $A_{1\varnothing} = 380,133 \text{ mm}^2$
- Tebal pelat pondasi : $t_f = 600$ mm, selimut beton (Pb) = 70 mm

$$d = t_f - P_b - 0,5 \cdot \varnothing_{\text{tul. pokok}} = 600 - 70 - 0,5 \cdot 22 = 519 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,807$$

Koefisien ketahanan (R_n), diambil b tiap 1000 mm

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{118,385 \cdot 10^6}{1000 \cdot 519^2} = 0,4395 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,0303$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

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

$$= \frac{1}{16,807} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,807 \cdot 0,4395}{400}} \right) = 0,00111 < \rho_{\max} = 0,0227$$

$$< \rho_{\min} = 0,0035$$

$$1,33 \rho_{\text{ada}} = 0,00147 < \rho_{\min} = 0,0035, \text{ maka : } \rho_{\text{perlu}} = 0,00147$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00147 \cdot 1000 \cdot 519 = 765,569 \text{ mm}^2$$

$$0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}}, \text{ maka :}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 765,569 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$s \leq \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{380,133 \cdot 1000}{765,569} = 496,536 \text{ mm}$$

$$s \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}$$

$$s \leq 250 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Pokok : D₂₂ – 250 mm

$$A_{s_{\text{ada}}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{s} = \frac{380,133 \cdot 1000}{250} = 1520,532 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Kapasitas Lentur Pelat pondasi :

$$a = \frac{A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1520,532 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 1000} = 25,55 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1520,532 \cdot 400 (519 - \frac{25,55}{2})$$

$$= 307,89 \text{ kNm} \geq \frac{Mu}{\phi} = 118,385 \text{ kNm} \dots\dots\dots\text{Ok !}$$

Perencanaan Tulangan Susut Pondasi

$$A_{s_{\text{susut}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}^2$$

- Digunakan tulangan bagi $\varnothing 12$ mm, maka: $A_{1\varnothing} = 113,097 \text{ mm}^2$

Jarak antar tulangan susut :

$$s \leq \frac{A_{\varnothing 1} \cdot b}{A_{s_{\text{susut}}}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{1200} = 94,25 \text{ mm} \approx 90 \text{ mm}$$

→ Dipakai Tulangan Susut : P₁₂ – 90 mm

4.7 Perencanaan Tangga

4.7.1 Spesifikasi Struktur

- a. Tinggi antar lantai (h) = 4 m = 400 cm
- b. Lebar bordes (L_b) = 2 m = 200 cm
- c. Tinggi optrede rencana diambil 20 cm

$$\text{jumlah optrede} = 400/20 = 20 \text{ buah}$$

$$\text{tinggi optrede pakai } (h'_o) = 400/20 = 20 \text{ cm}$$

$$\text{jumlah antrede} = 20 - 2 = 18 \text{ buah}$$

$$\text{dipakai lebar antrede } (L_a) = 30 \text{ cm}$$

- d. dimensi tangga :

tangga dibagi menjadi dua bagian, sehingga panjang bentang tangga (P_t) :

$$P_t = (L_a \times \text{jumlah antrede}/2) + L_b$$

$$= (30 \times 18/2) + 200$$

$$= 470 \text{ cm} = 4,7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bersih tangga } (L_t) = 0,5 \cdot (3,4 - 3 \cdot 0,15) = 1,475 \text{ m} = 147,5 \text{ cm}$$

- e. Beban sandaran tangga :

$$\text{tinggi sandaran} = 1 \text{ m}$$

$$\text{tebal sandaran} = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{berat sandaran tangga} = (0,12 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 2)/1,475 = 3,905 \text{ KN/m}^2$$

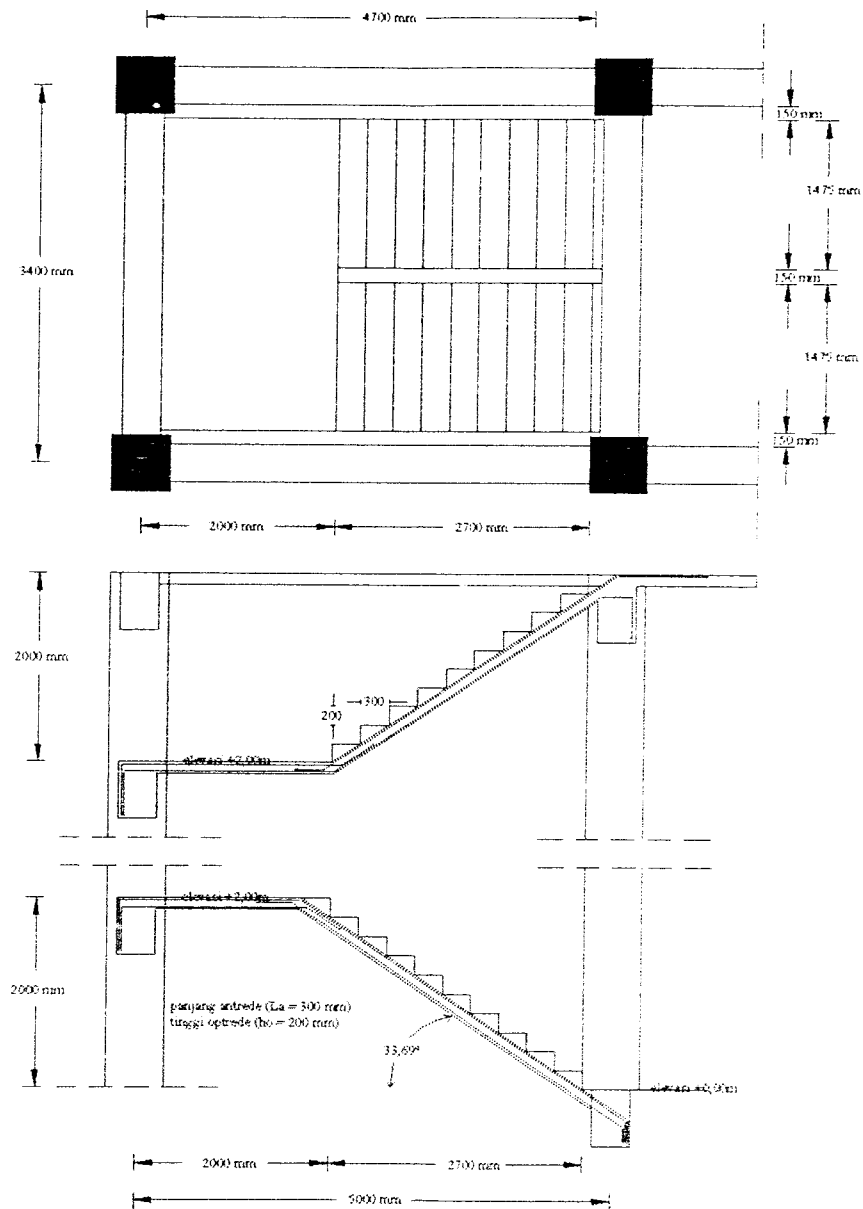
$$\text{berat sandaran bordes} = (0,12 \cdot 1 \cdot 24)/1,475 = 1,952 \text{ KN/m}^2$$

- f. Sudut kemiringan tangga (α) :

$$\alpha = \text{arc tgn} \frac{h'_o}{L_a} = \text{arctgn} \frac{20}{30} = 33,69^\circ$$

g. Tebal pelat tangga dan bordes diambil = 12 cm

$$\text{tebal pelat sisi miring (h')} = \frac{12}{\cos 33,69^\circ} = 14,422 \text{ cm}$$



Gambar 4.36 Dimensi Tangga

4.7.2 Pembebanan

a. Pembebanan bordes

Beban mati :

- Berat sendiri pelat = $0,12 \times 24 = 2,88 \text{ KN/m}^2$
 - Berat spesi = $0,03 \times 21 = 0,63 \text{ KN/m}^2$
 - Berat keramik = $0,01 \times 20 = 0,20 \text{ KN/m}^2$
 - Berat sandaran = $1,952 \text{ KN/m}^2$ +
- $$Q_D = 5,662 \text{ KN/m}^2$$

untuk lebar 1,475 m, maka $q_D = 1,475 \times 5,662 = 8,351 \text{ KN/m}$

Beban hidup: $Q_L = 300 \text{ kg/cm}^2 = 3 \text{ KN/m}^2$

$$q_L = 1,475 \times 3 = 4,425 \text{ KN/m}$$

$$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \cdot 8,351 + 1,6 \cdot 4,425 = 17,101 \text{ KN/m}$$

b. Pembebanan tangga

Beban mati :

- Berat sendiri = $(0,14422 + 0,2/2) \times 24 = 5,861 \text{ KN/m}^2$
 - Berat spesi = $0,03 \times 21 = 0,63 \text{ KN/m}^2$
 - Berat keramik = $0,01 \times 20 = 0,20 \text{ KN/m}^2$
 - Berat sandaran = $3,905 \text{ KN/m}^2$ +
- $$Q_D = 10,596 \text{ KN/m}^2$$

$$q_D = 1,475 \times 10,596 = 15,629 \text{ KN/m}$$

Beban hidup : $Q_L = 300 \text{ kg/cm}^2 = 3 \text{ KN/m}^2$

$$q_L = 1,475 \times 3 = 4,425 \text{ KN/m}$$

$$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \cdot 15,629 + 1,6 \cdot 4,425 = 25,835 \text{ KN/m}$$

4.7.3 Penulangan Tangga

Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

Mu maks = 25,33 KNm

$$\frac{Mu}{\phi} = \frac{25,33}{0,8} = 31,6625 \text{ KNm}$$

Digunakan tulangan Ø13 mm, sehingga luas tampang 1 tulangan pokok :

$$A_{1\phi} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$$

tebal pelat bordes (h) = 120 mm, selimut beton (Pb) = 20 mm, maka :

$$d = h - Pb - 0,5 \cdot \phi_{\text{tul pokok}} = 120 - 20 - 0,5 \cdot 13 = 93,5 \text{ mm}$$

Rasio tulangan :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{400} \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Koefisien ketahanan (Rn) :

$$R_n = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{31,6625 \cdot 10^6}{1475 \cdot 93,5^2} = 2,255 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,8067$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{16,8067} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,8067 \cdot 2,255}{400}} \right)$$

$$= 0,00649 < \rho_{\text{maks}} = 0,0227$$

$$> \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

sehingga $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,00649$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \geq 0,002 \cdot b \cdot h \\ &= 0,00649 \cdot 1475 \cdot 93,5 \geq 0,002 \cdot 1475 \cdot 120 \\ &= 895,4659 \text{ mm}^2 > 354 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ok!}) \end{aligned}$$

$$\text{jarak tulangan (s)} = \frac{A_1 \phi \cdot b}{A_s} = \frac{132,732 \cdot 1475}{895,4659} = 218,635 \text{ mm}$$

$$\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\leq 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan pokok : D13 – 210 mm

Kontrol kapasitas lentur pelat bordes yang terjadi :

$$A_{s_{\text{ada}}} = \frac{A_1 \phi \cdot b}{s} = \frac{132,732 \cdot 1475}{210} = 932,284 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{932,284 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 1475} = 10,623 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s_{\text{ada}}} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{M_u}{\phi} \\ &= 932,284 \cdot 400 \left(93,5 - \frac{10,623}{2} \right) \\ &= 32,887 \text{ kNm} > 31,6625 \text{ kNm} \dots\dots\dots (\text{Ok}) \end{aligned}$$

Tulangan Bagi Pelat Bordes

$$A_{s_{\text{bagi}}} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1475 \cdot 120 = 354 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan bagi $\text{Ø}8$, maka $A_1\text{Ø} = 50,265 \text{ mm}^2$

$$\text{jarak tulangan bagi (s)} = \frac{A_1\phi \cdot b}{A_{s_{\text{bagi}}}} = \frac{50,265 \cdot 1475}{354} = 209,437 \text{ mm}$$

$$\leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\leq 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan bagi P8-200

4.7.4 Perencanaan Balok Bordes

Dimensi rencana balok :

$$\text{tinggi (h)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{lebar (b)} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{tinggi efektif (d)} &= 400 - 70 \text{ (dianggap tulangan sebelah 1 lapis)} \\ &= 330 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pembebanan :

$$\begin{aligned} - \text{ beban akibat tangga} &: 38,94/1,475 &&= 26,4 \text{ kN/m} \\ - \text{ berat sendiri} &= 1,2 \cdot 0,25 \cdot 0,4 \cdot 24 &&= 2,880 \text{ kN/m} \quad + \\ &&& \hline q_u &= 29,28 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen tumpuan :

$$M_u = -\frac{1}{16} q_u L^2 = -\frac{1}{16} \cdot 29,28 \cdot 4^2 = -29,28 \text{ kNm}$$

Momen lapangan :

$$M_u = \frac{1}{11} q_u L^2 = \frac{1}{11} \cdot 29,28 \cdot 4^2 = 42,589 \text{ kNm}$$

a. Perencanaan tulangan lentur balok bordes

Tulangan lapangan

$$\frac{M_u}{\phi} = 53,236 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 28}{400} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0303$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0303 = 0,0227$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pakai} = 0,5 \cdot \rho_{maks} = 0,5 \cdot 0,0227 = 0,01135$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 28} = 16,807$$

$$R_n = \rho \cdot f_y (1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m) = 0,01135 \cdot 400 (1 - \frac{1}{2} \cdot 0,01135 \cdot 16,807) = 4,107 \text{ MPa}$$

$$b \cdot d^2 \frac{Mu/\phi}{R_n}$$

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu/\phi}{R_n \cdot b}} = \sqrt{\frac{53,236 \cdot 10^6}{4,107 \cdot 250}} = 227,442 \text{ mm} < d = 330 \text{ mm, maka dipakai}$$

tulangan sebelah.

$$R_{n_{ada}} = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d_{ada}^2} = \frac{53,236 \cdot 10^6}{250 \cdot 330^2} = 1,955 \text{ MPa}$$

$$\rho_{ada} = \frac{R_{n_{ada}}}{R_n} \rho = \frac{1,955}{4,107} \cdot 0,01135 = 0,0054 > \rho_{min} = 0,0035:$$

$$\rho_{perlu} = \rho_{ada} = 0,0054$$

$$A_s = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d = 0,0054 \cdot 250 \cdot 330 = 445,95 \text{ mm}^2$$

Dipakai diameter tulangan D16, maka : $A_{1\phi} = 201,96 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_s}{A_{1\phi}} = \frac{445,95}{201,96} = 2,21 \text{ batang}$$

Dipakai tulangan memanjang **3D16**, maka :

$$A_{s_{ada}} = 3 \cdot 201,96 = 602,88 \text{ mm}^2 > A_s = 445,95 \text{ mm}^2$$

Kontrol kapasitas lentur yang terjadi :

$$a = \frac{A_{s_{ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{602,88 \cdot 400}{0,85 \cdot 28 \cdot 250} = 40,53 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{ada}} f_y (d - \frac{a}{2}) \geq \frac{Mu}{\phi}$$

$$= 602,88 \cdot 400 \left(330 - \frac{40,53}{2}\right)$$

$$= 74,693 \text{ kNm} > \frac{Mu}{\phi} = 53,236 \text{ kNm}$$

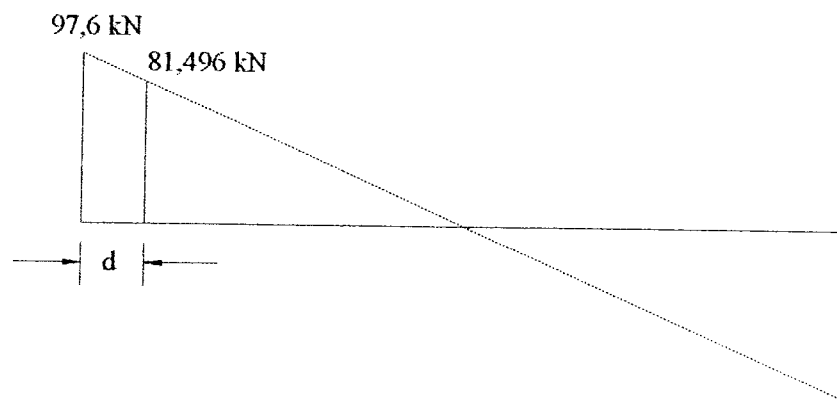
b. Perencanaan tulangan geser balok bordes

Gaya geser dukungan

$$V_u \text{ dukungan} = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 29,28 \cdot 4 = 58,56 \text{ kN}$$

$$\text{maka } \frac{V_u}{\phi} = \frac{58,56}{0,6} = 97,6 \text{ kN}$$



Gambar 4.37 Diagram geser balok bordes

$$V_u \text{ pakai} = \left(\frac{2 - 0,33}{2}\right) \cdot 97,6 = 81,496 \text{ kN}$$

Tegangan geser beton (V_c):

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c}\right) b \cdot d = \left(\frac{1}{6} \sqrt{28}\right) 250 \cdot 330 = 72758 \text{ N} = 72,758 \text{ kN}$$

$V_u \text{ pakai} = 81,496 > V_c = 72,758$, maka perlu tulangan geser.

$$V_s = V_u \text{ pakai} - V_c = 81,496 - 72,758 = 8,738$$

Dipakai sengkang P10 , maka $A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}^2$

$$s \leq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$\leq \frac{157 \cdot 240 \cdot 330}{8,738 \cdot 10^3}$$

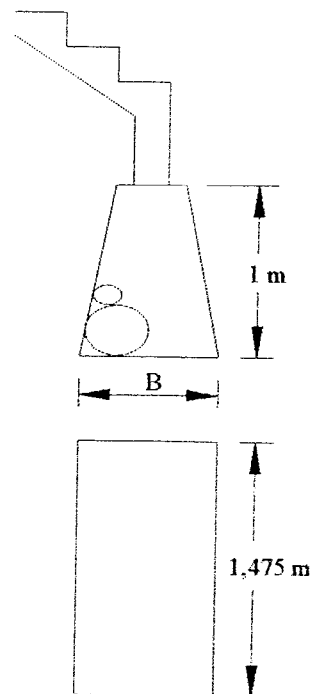
$$\leq 1423 \text{ mm}$$

$$\leq \frac{d}{2} = \frac{330}{2} = 165 \text{ mm}$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

jadi dipakai sengkang **P10 – 165 mm**

4.7.5 Perencanaan Pondasi Tangga



Gambar 4.38 Pondasi Tangga

Diketahui : $\sigma \text{ tanah} = 100 \text{ kN/m}^2$

$\gamma \text{ batu} = 22 \text{ kN/m}^3$

Balok diatas pondasi 20/40

Tinjauan untuk lebar 1,475 m

Pembebanan :

- Akibat beban tangga	= 145,71 kN
- Berat balok diatas pondasi = $1,2 \times 0,2 \times 0,4 \times 1,475 \times 24$	= 3,398 kN +
	Pu = 149,108 kN

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \sigma_{tanah} - \gamma_{batu} \cdot h \\ &= 100 - 22.1 = 78 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{Pu}{A}$$

$$A = \frac{Pu}{\sigma_{ijin}} = \frac{149,108}{78} = 1,912 \text{ m}^2$$

$A = B \times L$, dimana $L = 1,475 \text{ m}$, maka :

$$B = \frac{1,912}{1,475} = 1,296 \text{ , dipakai } 1,4 \text{ m}$$

$$A = 1,4 \times 1,475 = 2,065 \text{ m}^2$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma_{terjadi} &= \frac{Pu}{A} \leq \sigma_{ijin} \\ &= \frac{149,108}{2,065} \\ &= 72,207 \text{ kN/m}^2 < 78 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots (\text{OK})\end{aligned}$$

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Umum

Spesifikasi bahan yang dipakai pada Tugas Akhir ini, untuk beton dipakai $f_c' = 28 \text{ Mpa}$, untuk baja tulangan dengan diameter kurang atau sama dengan 12 mm dipakai mutu baja $f_y = 240 \text{ MPa}$ dan untuk diameter lebih besar dari 12 mm dipakai mutu baja $f_y = 400 \text{ MPa}$.

Pada Tugas Akhir ini digunakan program SAP 2000 untuk perhitungan portal guna mencari momen – momen yang terjadi pada struktur. Hasil momen tersebut dikalikan faktor – faktor dan momen terfaktor ini yang digunakan sebagai perhitungan perencanaan.

5.2 Atap

Atap pada perencanaan ini menggunakan atap rangka baja sebagai kuda – kuda atap yang terdiri dari empat macam tipe kuda – kuda. Perencanaan kuda – kuda baja pada Tugas Akhir ini menggunakan metode tegangan kerja (*working stress design method*) dari AISC. Profil yang digunakan yaitu 2L 50 x 50 x 5 untuk batang atas, batang bawah, batang diagonal dan batang vertikal, diameter baut $\frac{1}{2}$ inchi dan tebal pelat sambung 0,8 cm.

5.3 Pelat

Pada bangunan ini terdiri dari pelat lantai dan pelat atap. Perencanaan tipe pelat berdasarkan perbandingan panjang sisi – sisinya dan dukungan pada pelat,

sehingga didapatkan tipe pelat dua arah dengan ditumpu keempat sisinya. Perencanaan pelat mengacu pada PBI 1971 tabel 13.3.2.

Tebal pelat lantai direncanakan 120 mm sedangkan pelat atap 100 mm. Penentuan tebal pelat lantai dan pelat atap didasarkan pada panjang bentang sesuai dengan rumus SK-SNI T-15-1991-03. Pada pelat lantai digunakan tulangan pokok \varnothing 10 mm dan tulangan bagi \varnothing 8 mm, sedangkan pada pelat atap digunakan tulangan pokok \varnothing 8 dan susut \varnothing 6 mm. Mutu baja yang digunakan pada pelat lantai dan pelat atap adalah $f_y = 240$ MPa, sedangkan mutu betonnya $f_c' = 28$ MPa.

5.4 Balok Anak

Pada tugas akhir ini balok anak direncanakan dengan menggunakan metode balok grid. Balok anak dalam perencanaan ini didapat penulangan yang menggunakan tulangan sebelah. Spesifikasi bahan yang digunakan adalah $f_c' = 28$ MPa, $f_y = 400$ MPa untuk tulangan ulir dan $f_y = 240$ MPa untuk tulangan polos. Tulangan pokok yang digunakan adalah \varnothing 16 mm dengan dimensi balok anak 250/400, sedangkan tulangan geser menggunakan \varnothing 8 mm.

5.5 Balok Induk

Balok induk merupakan struktur portal sehingga direncanakan berdasarkan analisis portal. Pada perencanaan ini didapat penulangan yang menggunakan tulangan sebelah. Penentuan balok tersebut merupakan tulangan sebelah atau rangkap dapat ditinjau dari tinggi efektif dari balok. Apabila tinggi efektif balok

yang direncanakan lebih besar dari tinggi efektif balok yang diperlukan, maka balok tersebut menggunakan tulangan sebelah. Dan apabila tinggi efektif balok yang direncanakan lebih kecil dari tinggi efektif balok yang diperlukan, maka balok tersebut menggunakan tulangan rangkap. Spesifikasi bahan yang digunakan adalah $f_c' = 28$ MPa, $f_y = 400$ MPa untuk tulangan ulir dan $f_y = 240$ MPa untuk tulangan polos. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 22$ mm untuk ukuran balok 400/600 mm, sedangkan balok atap ukuran balok 300/400 mm menggunakan $\varnothing 19$ mm, sedangkan tulangan geser menggunakan $\varnothing 10$ mm.

5.6 Kolom

Kolom juga merupakan struktur portal yang direncanakan berdasarkan analisis portal. Penentuan lebar kolom disesuaikan dengan lebar balok agar mempermudah dalam penulangan di lapangan. Lebar kolom direncanakan lebih besar dari lebar balok untuk memberikan kekakuan yang baik. Pada tugas akhir ini kolom dirancang dengan dimensi sama yaitu 600/600 mm. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 22$ mm dengan tulangan geser $\varnothing 10$ mm.

5.7 Pondasi

Pondasi direncanakan pondasi telapak (*foot plate*). Pada Tugas akhir ini pondasi direncanakan dengan Pondasi Setempat dan Pondasi Gabungan. Tulangan pokok yang digunakan adalah $\varnothing 22$ mm dengan tulangan bagi $\varnothing 12$ mm.

5.8 Tangga

Perencanaan tangga terdiri dari perencanaan pelat tangga, pelat bordes, balok bordes. Perencanaan tangga menggunakan tulangan pokok \varnothing 13 mm dan tulangan bagi \varnothing 8 mm.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Gedung yang didesain ulang terletak di jalan Tentara Rakyat Mataram Pingit Jogjakarta direncanakan menggunakan analisis 3-D dengan menggunakan program SAP 2000 terhadap berat sendiri, beban kerja dan beban gempa. Beban gempa yang bekerja adalah yang terjadi di wilayah Jogjakarta (wilayah gempa 3).
2. Struktur bangunan gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*). Struktur atas merupakan elemen bangunan yang berada di atas permukaan tanah sedangkan struktur bawah merupakan elemen bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah.
3. Dalam perencanaan ini menggunakan metode kekuatan batas yaitu beban kerja dinaikkan dengan memberikan faktor beban sehingga diperoleh suatu beban yang dipakai untuk perencanaan.
4. Perencanaan konstruksi meliputi :
 - Perencanaan menggunakan metode tegangan kerja.
 - Perencanaan pelat menggunakan metode koefisien momen dengan menganggap tumpuan tepi jepit elastis sehingga didapat koefisien momen dari tabel 13.3.2.PBI 1971.

- Perencanaan portal dengan daktilitas penuh meliputi balok dan kolom direncanakan berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.

6.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hal – hal tersebut di atas, maka dapat diberikan beberapa saran antara lain sebagai berikut :

1. Perlu adanya perhitungan sampai tahap akhir (RAB) pada tugas akhir ini, sehingga penghematan dari segi biaya dapat diketahui dengan jelas.
2. Perlu adanya re-desain untuk Tugas Akhir ini dengan peningkatan spesifikasi bahan yang lain sehingga diketahui sejauh mana efisiensi bahan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.1.-2*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1971.
- Anonim, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1983.
- Anonim, *Pedoman Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Rumah dan Gedung SKBI-I.3.53.1987*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1987.
- Anonim, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI T-15-1971-03*, Bandung, 1971.
- AISC, *Load and Resistance Factor Design Specification*, American Institute of Steel Construction Inc, Chicago, 1999
- A. Kadir Aboe, Ir,MS. *Diktat Kuliah Stuktur Beton-1*.
- Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, *Disain Beton Bertulang*, Edisi Keempat, Jilid 2, Erlangga, Jakarta, 1989.

Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, *Disain Beton Bertulang*, Edisi Keempat,
Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1989.

Gideon Kusuma, Takim Andriono, *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di
Daerah Rawan Gempa*, Erlangga, Jakarta, 1993.

Ign. Benny Puspantoro, Ir, M.Sc, *Teori & Analisis Balok Grid*, Andi Offset,
Jogjakarta, 1993.

Ilman Noor, Ir, MSCE, *Catatan Kuliah Struktur Baja 1 & 2*.

Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama,
Jakarta, 1994.

Salmon, C.G., Jhonson, J.E., *Struktur Baja-Desain dan Perilaku*, Jilid I, Gramedia
Pustaka Utama, Jakarta, 1996.

REKAM JEJAK LUKAS AKU

NO. MHS

ALAMAT

TEMPAT

NO. TELEPON

REKAM JEJAK

REKAM JEJAK

REKAM JEJAK

REKAM JEJAK

REKAM JEJAK

REKAM JEJAK
REKAM JEJAK
REKAM JEJAK

REKAM JEJAK	REKAM JEJAK	REKAM JEJAK	REKAM JEJAK	REKAM JEJAK
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]



REKAM JEJAK

Tabel 4.15 Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-1

Nama Batang	Panjang Batang (cm)	Beban			Kombinasi Pembebanan		Beban Rencana (kg)
		Tetap (kg)	Wki (kg)	Wka (kg)	(Tetap+Wki)/1,25 (kg)	(Tetap+Wka)/1,25 (kg)	
A1	122.065	455.1302	18.31855	-24.42532	359.218744	344.563904	455.1302
A2	162.773	-2104.900	-79.49450	102.5590	-1600.992744	-1025.99712	-2104.900
A3	162.773	-2645.67	-94.9056	164.7624	-2060.65056	-1984.72608	-2645.67
A4	162.773	-2379.064	-79.23056	150.4647	-1846.263888	-1782.87044	-2379.064
A5	162.773	-2379.064	-136.2114	183.0246	-1865.80064	-1756.83152	-2379.064
A6	162.773	-2713.434	-79.23421	125.5794	-2133.671048	-2070.28368	-2713.434
A7	162.773	-2351.679	-36.105	67.26333	-1856.416536	-1827.532536	-2351.679
B1	100	-372.8571	-30.01014	40.014	-290.282592	-266.27448	-372.8571
B2	142.400	-396.2110	296.7002	-293.4171	-314.2940	-333.30290	-396.2110
B3	142.400	1893.415	347.2612	-380.9069	1487.81544	1210.00648	1893.415
B4	142.400	2314.532	318.0222	352.1082	1824.35632	1560.03848	2314.532
B5	142.400	2373.814	154.7721	-189.654	1871.14568	1747.328	2373.814
B6	142.400	2057.336	60.07063	-95.91581	1617.192656	1569.136152	2057.336
B7	142.400	3.64E-12	0	0	2.91038E-12	2.91038E-12	3.64E-12
D1	134.825	2169.722	45.92099	-62.83575	1706.245792	1669.509	2169.722
D2	147.624	436.5677	-30.31167	29.85471	348.888592	373.137928	436.5677
D3	170.791	-279.7411	-67.68604	83.33117	-211.276776	-157.127944	-279.7411
D4	170.791	-350.0400	120.1120	-111.5100	-207.09070	-309.00000	-350.0400
D5	147.624	328.09	98.17614	-97.17757	263.270856	184.729944	328.09
D6	134.825	1947.895	56.87514	-90.81351	1531.165304	1485.665102	1947.895
V1	0	-2251.303	-87.22001	135.0131	-1762.807928	-1693.03192	-2251.303
V1	70	-2251.303	-87.22001	135.0131	-1762.807928	-1693.03192	-2251.303
V2	113.366	-947.5012	-23.84171	43.00753	-742.668304	-723.594936	-947.5012
V3	156.733	-156.2571	23.27738	-22.92645	-124.724936	-143.34684	-156.2571
V4	200.1	2219.202	126.2400	-172.0100	1739.910	1037.3100	2219.202
V5	156.733	-72.95312	-75.39314	74.62631	-58.97596	1.338552	-72.95312
V6	113.366	832.3304	20.52008	47.1406	651.767004	629.14464	832.3304
V7	70	-1891.875	-10.47071	27.74856	-1499.67772	-1491.301152	-1891.875

Tabel 4.16 Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-2

Nama Batang	Panjang Batang (cm)	Beban			Kombinasi Pembebanan		Beban Rencana (kg)
		Tetap (kg)	Wki (kg)	Wka (kg)	(Tetap+Wki)/1,25 (kg)	(Tetap+Wka)/1,25 (kg)	
A1	122.0656	455.1302	18.31855	-24.42000	359.222928	341.569088	455.1302
A2	102.7732	-371.0700	-33.70024	51.34042	-200.900000	-255.940004	-371.0700
A3	162.7732	-52.70294	-35.99027	48.13491	-32.44664	-3.654424	-52.70294
A4	162.7732	667.4464	-10.01014	13.4366	536.698288	544.7064	667.4464
B1	100	-372.8571	-30.01014	40.00972	-290.286016	-266.277904	-372.8571
B2	142.4001	-398.2116	-32.05085	42.7304	-310.02564	-284.38496	-398.2116
B3	142.4001	325.3286	-19.17868	25.77379	265.538968	280.881912	325.3286
B4	142.4001	46.10652	-64.33002	66.07333	54.279004	105.74300	54.279004
D1	134.625	665.051	12.10742	-10.05400	544.947072	555.197100	665.051
D2	147.6249	-289.4671	-46.808	62.51199	-219.010488	-181.564088	-289.4671
D3	170.7016	755.6248	78.40873	104.7366	593.500544	520.71056	755.6248
V1	70	-1002.927	-58.85535	78.86057	-786.337424	-739.253144	-1002.927
V2	113.3667	-176.6727	-6.327614	8.335411	-139.7319224	-134.6698312	-176.6727
V3	156.7333	401.2925	35.94562	-48.0053	311.386256	282.62976	401.2925
V4	200.1	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.17 Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-3

Nama Batang	Panjang Batang (cm)	Beban			Kombinasi Pembebanan		Beban Rencana (kg)
		Tetap (kg)	Wki (kg)	Wka (kg)	(Tetap+Wki)/1,25 (kg)	(Tetap+Wka)/1,25 (kg)	
A1	6	455.1302	18.31855	-24.42532	359.218744	344.563904	455.1302
A2	162.773	-2117.463	-101.0368	-57.65025	-1820.92004	-1740.0906	-2117.463
A3	162.773	-2577.905	-126.069	-110.3987	-2251.49816	-2150.64296	-2577.905
A4	162.773	-2299.446	-115.8448	-172.8256	-2070.49312	-1977.81728	-2299.446
A5	162.773	-2299.446	-172.8256	-115.8448	-2070.49312	-1932.23264	-2299.446
A6	162.773	-2577.905	-110.3987	-126.069	-2251.49816	-2163.1792	-2577.905
A7	162.773	-2117.463	-57.65025	-101.0368	-1820.92004	-1774.79984	-2117.463
A8	122.065	455.1302	-24.42532	18.31855	359.218744	378.759	455.1302
B1	100	-372.8571	-30.01014	40.014	-290.282592	-266.27448	-372.8571
B2	142.400	-398.2116	341.4887	42.73497	-11.190344	-284.381304	-398.2116
B3	142.400	1852.435	408.8357	121.6478	1906.3348	1579.26624	1906.3348
B4	142.400	2255.249	388.0138	224.7645	2294.42184	1984.0108	2294.4218
B5	142.400	2255.249	224.7645	388.0138	2294.42184	2114.61024	2294.4218
B6	142.400	1852.435	121.6478	408.8357	1906.3348	1809.01656	1906.3348
B7	142.400	-398.2116	42.73497	341.4887	-11.190344	-45.37832	-398.2116
B8	100	-372.8571	40.014	-30.01014	-290.282592	-322.293792	-372.8571
D1	134.825	2130.922	63.76442	74.71499	1815.521128	1764.509592	2130.922
D2	147.624	417.5935	-21.58588	106.9002	402.326256	419.59496	417.5935
D3	170.791	-292.1778	-61.96666	133.8311	-176.250688	-126.67736	-292.1778
D4	170.791	-292.1778	133.8311	-61.96666	-176.250688	-283.315568	-292.1778
D5	147.624	417.5935	106.9002	-21.58588	402.326256	316.806096	417.5935
D6	134.825	2130.922	74.71499	63.76442	1815.521128	1755.749136	2130.922
V1	70	-2218.678	-102.2235	2.537556	-1854.691155	-1772.912355	-2218.678
V2	113.366	-927.3564	-33.10585	-38.79137	-799.402896	-772.918216	-927.3564
V3	156.733	-141.6862	16.5765	-82.09267	-165.761896	-179.023096	-165.7619
V4	200.1	2127.925	170.2504	170.2504	1974.74064	1838.54032	2127.925
V5	156.733	-141.6862	-82.09267	16.5765	-165.761896	-100.08776	-165.7619
V6	113.366	-927.3564	-38.79137	-33.10585	-799.402896	-768.3698	-927.3564
V7	70	-2218.678	2.537556	-102.2235	-1854.691155	-1856.7212	-2218.678

Tabel 4.18 Gaya Batang Rangka Kuda-Kuda KK-4

Nama Batang	Panjang Batang (cm)	Beban			Kombinasi Pembebanan		Beban Rencana (kg)
		Tetap (kg)	Wki (kg)	Wka (kg)	Tetap+Wki)/1,25 (kg)	(Tetap+Wka)/1,25 (kg)	
A1	157.7782	761.8433	10.00539	-31.5624	592.229032	584.22472	761.8433
A2	210.4156	-3651.885	-60.63278	-18.28574	-2984.642816	-2936.136592	-3651.885
A3	210.4156	-4437.717	-76.64923	-61.35259	-3660.575056	-3599.255672	-4437.717
A4	210.4156	-3954.409	-72.39058	-127.8102	-3323.687824	-3265.77536	-3954.409
A5	210.4156	-3954.409	-127.8102	-72.39058	-3323.687824	-3221.439664	-3954.409
A6	210.4156	-4437.717	-61.35259	-76.64923	-3660.575056	-3611.492984	-4437.717
A7	210.4156	-3651.885	-18.28574	-60.63278	-2984.642816	-2970.014224	-3651.885
A8	157.7782	761.8433	-31.5624	10.00539	592.229032	617.478952	761.8433
B1	141.4	-682.76	-17.93178	56.56906	-515.298176	-500.952752	-682.76
B2	195.083	-706.3544	366.8077	58.52393	-224.818216	-518.264376	-706.3544
B3	195.083	3385.78	410.656	114.4883	3128.73944	2800.21464	3385.78
B4	195.083	4114.35	400.7701	232.4443	3798.05152	3477.43544	4114.35
B5	195.083	4114.35	232.4443	400.7701	3798.05152	3612.09608	4114.35
B6	195.083	3385.78	114.4883	410.656	3128.73944	3037.1488	3385.78
B7	195.083	-706.3544	58.52393	366.8077	-224.818216	-271.63736	-706.3544
B8	141.4	-682.76	56.56906	-17.93178	-515.298176	-560.553424	-682.76
D1	189.6243	3977.63	42.62136	54.39836	3259.719776	3225.622688	3977.63
D2	198.9289	742.9337	-10.08075	120.2814	682.50748	690.57208	742.9337
D3	216.6781	-497.6931	-31.85875	155.1002	-299.56132	-274.07432	-497.6931
D4	216.6781	-497.6931	155.1002	-31.85875	-299.56132	-423.64148	-497.6931
D5	198.9289	742.9337	120.2814	-10.08075	682.50748	586.28236	742.9337
D6	189.6243	3977.63	54.39836	42.62136	3259.719776	3216.201088	3977.63
V1	70	-2920.961	-46.19663	32.82668	-2347.46476	-2310.507456	-2920.961
V2	113.3667	-1202.346	-15.73377	-20.08122	-990.528792	-977.941776	-1202.346
V3	156.7333	-157.3866	5.744931	-68.54662	-176.1506312	-180.746576	-176.15063
V4	200.1	2865.341	101.5861	101.5861	2454.81056	2373.54168	2865.341
V5	156.7333	-157.3866	-68.54662	5.744931	-176.1506312	-121.3133352	-176.15063
V6	113.3667	-1202.346	-20.08122	-15.73377	-990.528792	-974.463816	-1202.346
V7	70	-2920.961	32.82668	-46.19663	-2347.46476	-2373.726104	-2920.961

Tabel 4.19 Perencanaan Profil Kuda-Kuda KK-1

Keterangan	Perencanaan Batang Desak			
	Atas	Bawah	Vertikal	Diagonal
Gaya batang maks (kg)	2713.434	398.2116	2251.303	350.8438
Panjang (cm)	162.7732	142.4001	70	170.7916
Es (kg/cm ²)	2100000	2100000	2100000	2100000
Fu (kg/cm ²)	4000	4000	4000	4000
Fy (kg/cm ²)	2500	2500	2500	2500
Abruto (cm ²)	1.808956	0.2654744	1.5008687	0.23389587
r min (cm)	0.67822167	0.59333375	0.2916667	0.71163167
Aeff perlu (cm ²)	1.356717	0.1991058	1.1256515	0.1754219
Anetto (cm ²)	1.808956	0.2654744	1.5008687	0.23389587
Profil Pakai	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5
Aprofil (cm ²)	9.6	9.6	9.6	9.6
r profil (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
Cek tekuk setempat				
bf (cm)	50	50	50	50
tw (cm)	5	5	5	5
bf/tw	10	10	10	10
76/Fy	12.667	12.667	12.667	12.667
Kontrol	OK I	OK I	OK I	OK I
Cek kelangsingan				
k	1	1	1	1
k.l/r	107.796821	94.304702	46.357616	113.10702
Cc	128	128	128	128
Kontrol	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc
Fs	1.90781595	1.89296032	1.796542	1.91178694
Fa (kg/cm ²)	929.651325	1214.68958	848.27212	844.409054
Pmaks (kg)	8924.65272	11661.02	8143.4124	8106.32692
Kontrol	OK II	OK II	OK II	OK II

Keterangan	Perencanaan Batang Tarik			
	Atas	Bawah	Vertikal	Diagonal
Gaya tarik maks (kg)	455.1302	2373.814	2219.262	2169.722
Panjang batang (cm)	122.0656	142.4001	200.1	134.825
Es (kg/cm ²)	2100000	2100000	2100000	2100000
Fu (kg/cm ²)	4000	4000	4000	4000
Fy (kg/cm ²)	2500	2500	2500	2500
r min (cm)	0.50860667	0.59333375	0.83375	0.56177083
Ag1 (cm ²)	0.30342013	1.58254267	1.479508	1.44648133
Ag2 (cm ²)	1.39092013	3.17004267	3.067008	3.03398133
Profil Pakai	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5
Aprofil (cm ²)	9.6	9.6	9.6	9.6
r profil (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
Check kelangsingan				
k	1	1	1	1
k.l/r	80.8381457	94.304702	132.51656	89.2880795
k.l/r < 240	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I
Anetto (cm ²)	8.0125	8.0125	8.0125	8.0125
Aeff (cm ²)	6.009375	6.009375	6.009375	6.009375
Kontrol tegangan				
Tidak ada lobang				
ft (kg/cm ²)	47.4093958	247.272292	231.17313	226.012708
ft < 0.6.Fy	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I
Ada lobang				
ft (kg/cm ²)	75.7366947	395.01845	369.29997	361.056183
ft < 0.5.Fu	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I

Tabel 4.21 Perencanaan Profil Rangka Kuda-Kuda KK-3

Keterangan	Perencanaan Batang Desak			
	Atas	Bawah	Vertikal	Diagonal
Gaya batang maks (kg)	2577.905	398.2116	2218.678	292.1778
Panjang (cm)	162.7732	142.4001	70	170.7916
Es (kg/cm ²)	210000	210000	210000	210000
Fu (kg/cm ²)	4000	4000	4000	4000
Fy (kg/cm ²)	2500	2500	2500	2500
Abruto (cm ²)	1.71860333	0.2654744	1.47911867	0.1947852
r min (cm)	0.67822167	0.59333375	0.29166667	0.71163167
Aeff perlu (cm ²)	1.2889525	0.1991058	1.109339	0.1460889
Anetto (cm ²)	1.71860333	0.2654744	1.47911867	0.1947852
Profil Pakai	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5
Aprofil (cm ²)	9.6	9.6	9.6	9.6
r profil (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
Cek tekuk setempat				
bf (cm)	50	50	50	50
tw (cm)	5	5	5	5
bf/tw	10	10	10	10
76/Fy	12.667	12.667	12.667	12.667
Kontrol	OK I	OK I	OK I	OK I
Cek kelangsingan				
k	1	1	1	1
k.l/r	107.796821	94.304702	46.3576159	113.10702
Cc	128	128	128	128
Kontrol	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc
Fs	1.90781595	1.89296032	1.79654195	1.91178694
Fa (kg/cm ²)	929.651325	1214.68958	848.272124	844.409054
Pmaks (kg)	8924.65272	11661.02	8143.41239	8106.32692
Kontrol	OK II	OK II	OK II	OK II

Keterangan	Perencanaan Batang Tarik			
	Atas	Bawah	Vertikal	Diagonal
Gaya tarik maks (kg)	455.1302	2294.422	2127.925	2130.922
Panjang batang (cm)	122.0656	142.4001	200.1	134.825
Es (kg/cm ²)	210000	210000	210000	210000
Fu (kg/cm ²)	4000	4000	4000	4000
Fy (kg/cm ²)	2500	2500	2500	2500
r min (cm)	0.50860667	0.59333375	0.83375	0.56177083
Ag1 (cm ²)	0.30342013	1.52961467	1.4186167	1.42061467
Ag2 (cm ²)	1.89092013	3.11711467	3.0061167	3.00811467
Profil Pakai	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5
Aprofil (cm ²)	9.6	9.6	9.6	9.6
r profil (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
Check kelangsingan				
k	1	1	1	1
k.l/r	80.8361457	94.304702	132.51656	89.2880795
k.l/r < 240	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I
Anetto (cm ²)	8.0125	8.0125	8.0125	8.0125
Aeff (cm ²)	6.009375	6.009375	6.009375	6.009375
Kontrol tegangan				
Tidak ada lobang				
ft (kg/cm ²)	47.4093958	239.002292	221.65885	221.971042
ft < 0.6.Fy	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I
Ada lobang				
ft (kg/cm ²)	75.7366947	381.807093	354.10088	354.599605
ft < 0.5.Fu	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I

Tabel 4.20 Perencanaan Profil Rangka Kuda-Kuda KK-2

Keterangan	Perencanaan Batang Desak			
	Atas	Bawah	Vertikal	Diagonal
Gaya batang maks (kg)	371.8733	398.2116	1002.927	755.6248
Panjang (cm)	162.7732	142.4001	70	170.7916
Es (kg/cm ²)	2100000	2100000	2100000	2100000
Fu (kg/cm ²)	4000	4000	4000	4000
Fy (kg/cm ²)	2500	2500	2500	2500
Abruto (cm ²)	0.24791553	0.2654744	0.668618	0.50374987
r min (cm)	0.67822167	0.59333375	0.29166667	0.71163167
Aeff perlu (cm ²)	0.18593665	0.1991058	0.5014635	0.3778124
Anetto (cm ²)	0.24791553	0.2654744	0.668618	0.50374987
Profil Pakai	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5
Aprofil (cm ²)	9.6	9.6	9.6	9.6
r profil (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
Cek tekuk setempat				
bf (cm)	50	50	50	50
tw (cm)	5	5	5	5
bf/tw	10	10	10	10
76/Fy	12.667	12.667	12.667	12.667
Kontrol	OK I	OK I	OK I	OK I
Cek kelangsingan				
k	1	1	1	1
k.l/r	107.796821	94.304702	46.3576159	113.10702
Cc	128	128	128	128
Kontrol	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc	k.l/r < Cc
Fs	1.90781595	1.99296032	1.79654195	1.91178694
Fa (kg/cm ²)	929.651325	1214.68958	848.272124	844.409054
Pmaks (kg)	8924.65272	11661.02	8143.41239	8106.32692
Kontrol	OK II	OK II	OK II	OK II

Keterangan	Perencanaan Batang Tarik			
	Atas	Bawah	Vertikal	Diagonal
Gaya tarik maks (kg)	455.1302	325.3286	401.2925	685.051
Panjang batang (cm)	122.0656	142.4001	156.733	134.825
Es (kg/cm ²)	2100000	2100000	2100000	2100000
Fu (kg/cm ²)	4000	4000	4000	4000
Fy (kg/cm ²)	2500	2500	2500	2500
r min (cm)	0.50860667	0.59333375	0.65305417	0.56177083
Ag1 (cm ²)	0.30342013	0.21688573	0.26752833	0.45670067
Ag2 (cm ²)	1.89092013	1.80438573	1.85502833	2.04420067
Profil Pakai	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5	2L 50x50x5
Aprofil (cm ²)	9.6	9.6	9.6	9.6
r profil (cm)	1.51	1.51	1.51	1.51
Check kelangsingan				
k	1	1	1	1
k.l/r	80.8381457	94.304702	103.796689	89.2880795
k.l/r < 240	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I
Anetto (cm ²)	8.0125	8.0125	8.0125	8.0125
Aeff (cm ²)	6.009375	6.009375	6.009375	6.009375
Kontrol tegangan				
Tidak ada lobang				
ft (kg/cm ²)	47.4093958	33.8883958	41.8013021	71.3594792
ft < 0.6.Fy	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I
Ada lobang				
ft (kg/cm ²)	75.7366947	54.1368445	66.7777431	113.997046
ft < 0.5.Fu	Ok I	Ok I	Ok I	Ok I

Tabel 4.22 Profil & Berat Kuda-kuda

Kuda-kuda	Batang Tarik		Batang Tokan		Berat Total (kg)	d baut (in)	tp (cm)	n baut (buah)			
	Gaya Maks (kg)	Pjg Batang (cm)	Profil Pakai	Gaya Maks (kg) Pjg Batang (cm)					Profil Pakai		
KK-1	B. Atas	455.1302	122.0656	2L 50x50x5	2713.434	162.7732	2L 50x50x5	82.842	1/2	0.8	2
	B. Bawah	2373.814	142.4001	2L 50x50x5	398.2116	142.4001	2L 50x50x5	71.962	1/2	0.8	2
	B. Vertikal	2219.262	200.1	2L 50x50x5	2251.303	70	2L 50x50x5	66.367	1/2	0.8	2
	B. Diagonal	2169.722	134.825	2L 50x50x5	350.8438	170.7916	2L 50x50x5	68.35	1/2	0.8	2
KK-2	B. Atas	667.4464	162.7732	2L 50x50x5	371.8735	162.7732	2L 50x50x5	46.024	1/2	0.8	2
	B. Bawah	325.3286	142.4001	2L 50x50x5	398.2116	142.4001	2L 50x50x5	39.75	1/2	0.8	2
	B. Vertikal	401.2925	156.7333	2L 50x50x5	1002.927	70	2L 50x50x5	40.731	1/2	0.8	2
	B. Diagonal	685.051	134.825	2L 50x50x5	755.6248	170.7916	2L 50x50x5	34.171	1/2	0.8	2
KK-3	B. Atas	455.1302	122.0656	2L 50x50x5	2577.905	162.7732	2L 50x50x5	92.048	1/2	0.8	2
	B. Bawah	2294.4218	142.4001	2L 50x50x5	398.2116	142.4001	2L 50x50x5	79.502	1/2	0.8	2
	B. Vertikal	2127.925	200.1	2L 50x50x5	2218.678	70	2L 50x50x5	66.375	1/2	0.8	2
	B. Diagonal	2130.922	134.825	2L 50x50x5	292.1778	170.7916	2L 50x50x5	68.35	1/2	0.8	2
KK-4	B. Atas	761.8433	157.7782	2L 50x50x5	4437.717	210.4156	2L 50x50x5	118.981	1/2	0.8	2
	B. Bawah	4114.35	195.083	2L 50x50x5	706.3544	195.083	2L 50x50x5	109.586	1/2	0.8	2
	B. Vertikal	2865.341	200.1	2L 50x50x5	2920.961	70	2L 50x50x5	66.359	1/2	0.8	2
	B. Diagonal	3977.63	159.6243	2L 50x50x5	497.6931	216.6781	2L 50x50x5	91.264	1/2	0.8	2

Perencanaan Pelat Lantai Tipe 3

	Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu (KNm)	1,355	1,355	1,355	1,355
Mn (KNm)	1,69375	1,69375	1,69375	1,69375
m	10,084	10,084	10,084	10,084
d (mm)	95	95	85	95
Rn (MPa)	0,187673	0,187673	0,234429	0,187673
ρ_{min}	0,00583	0,00583	0,00583	0,00583
ρ_b	0,0602	0,0602	0,0602	0,0602
ρ_{maks}	0,00452	0,00452	0,00452	0,00452
ρ_{perlu}	0,000785	0,000785	0,000982	0,000785
1.33. ρ_{perlu}	0,001044	0,001044	0,001306	0,001044
ρ_{perlu}	0,001044	0,001044	0,001306	0,001044
As _{perlu} (mm ²)	99,19473	99,19473	110,9751	99,19473
Assusut (mm ²)	240	240	240	240
Aspakai (mm ²)	240	240	240	240
ϕ_{tul} (mm)	8	8	8	8
A1 ϕ (mm ²)	50,24	50,24	50,24	50,24
S _{maks} (mm)	209,3333	209,3333	209,3333	209,3333
s \leq 2. h (mm)	240	240	240	240
Spakai (mm)	200	200	200	200
Asada (mm ²)	251,2	251,2	251,2	251,2
a (mm)	2,533109	2,533109	2,533109	2,533109
Mn (KNm)	5,651002	5,651002	5,048122	5,651002
Kontrol	ok!	ok!	ok!	ok!
Tul. Pokok	P8-200	P8-200	P8-200	P8-200
As bagi (mm ²)		240		240
Dtul. bagi		8		8
A1 ϕ bagi(mm ²)		50,24		50,24
S _{maks} (mm)		209,3333		209,3333
Spakai (mm)		200		200
Tul. bagi		P8-200		P8-200

Perencanaan Pelat Lantai Tipe 2

	Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu (KNm)	1,807	1,807	1,431	1,431
Mn (KNm)	2,25875	2,25875	1,78875	1,78875
m	10,084	10,084	10,084	10,084
d (mm)	95	95	85	95
Rn (MPa)	0,250277	0,250277	0,247578	0,198199
ρ_{min}	0,00583	0,00583	0,00583	0,00583
ρ_b	0,0602	0,0602	0,0602	0,0602
ρ_{maks}	0,00452	0,00452	0,00452	0,00452
ρ_{perlu}	0,00104836	0,001048	0,001037	0,000829
1.33. ρ_{perlu}	0,00139432	0,001394	0,001379	0,001103
ρ_{perlu}	0,00139432	0,001394	0,001379	0,001103
As _{perlu} (mm ²)	132,460583	132,4606	117,2324	104,7819
Assusut (mm ²)	240	240	240	240
Aspakai (mm ²)	240	240	240	240
ϕ_{tul} (mm)	8	8	8	8
A1 ϕ (mm ²)	50,24	50,24	50,24	50,24
S _{maks} (mm)	209,33333	209,3333	209,3333	209,3333
s \leq 2. h (mm)	240	240	240	240
Spakai (mm)	200	200	200	200
Asada (mm ²)	251,2	251,2	251,2	251,2
a (mm)	2,53310924	2,533109	2,533109	2,533109
Mn (KNm)	5,65100195	5,651002	5,048122	5,651002
Kontrol	ok!	ok!	ok!	ok!
Tul. Pokok	P8-200	P8-200	P8-200	P8-200
As bagi (mm ²)		240		240
Dtul. bagi		8		8
A1 ϕ bagi(mm ²)		50,24		50,24
S _{maks} (mm)		209,3333		209,3333
Spakai (mm)		200		200
Tul. bagi		P8-200		P8-200

Perencanaan Pelat Atap Tipe 3

	Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu (KNm)	0,764	0,764	0,764	0,764
Mn (KNm)	0,955	0,955	0,955	0,955
m	10,084	10,084	10,084	10,084
d (mm)	76	76	68	76
Rn (MPa)	0,165339	0,165339	0,206531	0,165339
ρ_{min}	0,00583	0,00583	0,00583	0,00583
pb	0,0602	0,0602	0,0602	0,0602
ρ_{maks}	0,00452	0,00452	0,00452	0,00452
ρ_{perlu}	0,000691	0,000691	0,000864	0,000691
1.33. ρ_{perlu}	0,000919	0,000919	0,00115	0,000919
ρ_{perlu}	0,000919	0,000919	0,00115	0,000919
A_{sperlu} (mm ²)	69,87899	69,87899	78,16847	69,87899
Assusut (mm ²)	200	200	200	200
Aspakai (mm ²)	200	200	200	200
\emptyset_{tul} (mm)	8	8	8	8
A1 \emptyset (mm ²)	50,24	50,24	50,24	50,24
Smaks (mm)	718,9572	718,9572	642,7144	718,9572
Spakai (mm)	200	200	200	200
A_{spakai} (mm ²)	251,2	251,2	251,2	251,2
a (mm)	2,533109	2,533109	2,533109	2,533109
Mn (KNm)	4,50553	4,50553	4,023226	4,50553
Kontrol	ok !	ok !	ok !	ok !
Tul. Pokok	P8-200	P8-200	P8-200	P8-200
As bagi (mm ²)		200		200
Dtul. bagi		6		6
A1 \emptyset bagi(mm ²)		28,26		28,26
Smaks (mm)		141,3		141,3
Spakai (mm)		140		140
Tul. bagi		P6-140		P6-140

Tabel 4.24 Perencanaan Pelat Atap Tipe 2

	Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu (KNm)	1,019	1,019	0,807	0,807
Mn (KNm)	1,27375	1,27375	1,00875	1,00875
m	10,084	10,084	10,084	10,084
d (mm)	76	76	68	76
Rn (MPa)	0,22052458	0,220525	0,218155	0,174645
ρ_{min}	0,00583	0,00583	0,00583	0,00583
pb	0,0602	0,0602	0,0602	0,0602
ρ_{maks}	0,00452	0,00452	0,00452	0,00452
ρ_{perlu}	0,00092315	0,000923	0,000913	0,00073
1.33. ρ_{perlu}	0,00122779	0,001228	0,001215	0,000971
ρ_{perlu}	0,00122779	0,001228	0,001215	0,000971
A_{sperlu} (mm ²)	93,3119263	93,31193	82,58844	73,82656
Assusut (mm ²)	200	200	200	200
Aspakai (mm ²)	200	200	200	200
\emptyset_{tul} (mm)	8	8	8	8
A1 \emptyset (mm ²)	50,24	50,24	50,24	50,24
Smaks (mm)	538,409205	538,4092	608,3176	680,5139
Spakai (mm)	200	200	200	200
A_{spakai} (mm ²)	251,2	251,2	251,2	251,2
a (mm)	2,53310924	2,533109	2,533109	2,533109
Mn (KNm)	4,50552995	4,50553	4,023226	4,50553
Kontrol	ok !	ok !	ok !	ok !
Tul. Pokok	P8-200	P8-200	P8-200	P8-200
As bagi (mm ²)		200		200
Dtul. bagi		6		6
A1 \emptyset bagi(mm ²)		28,26		28,26
Smaks (mm)		141,3		141,3
Spakai (mm)		140		140
Tul. bagi		P6-140		P6-140

Tabel 4.25

Perhitungan Kombinasi Momen Rencana Balok Portal As 4

Lantai	Balok	Daerah	MD	ML	ME ki	ME ka	1,2MD + 1,6ML		0,9MD ± ME			1,05(MD + 0,6ML ± ME)			Mu mak
							ME ki	ME ka	E ki	E ka	E ki	E ka	E ki	E ka	
1	124-216	Tump. Ki	-208,6275	-58,6758	-145,3499	146,109	-344,23428	-333,11465	-41,65575	-408,642024	-102,610179	-306,481518	-76,95763425	-308,481518	
		Lap	127,8986	37,3642	0,2627	0,1897	213,26104	115,37144	115,29844	158,032161	158,032161	218,9830939	218,5656008	278,74766	
		Tump. Ka	-188,3595	-51,2163	144,4681	-144,3939	-307,97748	-25,05545	-313,91745	-78,352239	-381,657339	-381,657339	-58,76417925	-286,2430043	
		Tump. Ki	-213,8068	-60,3532	-141,9236	142,2447	-563,13328	334,34972	-50,18142	-411,539436	113,162721	153,857382	-376,550118	-113,162721	
2	319-402	Lap	124,8792	36,5334	-0,2684	0,6358	208,30848	112,12288	113,02708	154,806792	154,806792	-82,955334	-381,532814		
		Tump. Ka	-190,3673	-51,5718	142,3053	-142,0543	-310,95564	-29,02527	-313,38487	-82,955334	-381,532814	-376,550118	-153,060138		
		Tump. Ki	-215,8761	-60,9751	-106,358	106,4896	-356,37148	300,48649	-87,61869	-153,060138	-153,060138	153,485136	154,785771		
		Lap	124,7234	36,4782	-0,434	0,8047	208,0332	111,81706	113,05576	154,785771	154,785771	-17,261858	-343,106883		
3	496-588	Tump. Ka	-188,6678	-51,1596	107,6856	-107,4049	-308,25672	-62,11542	-277,20592	-343,106883	-343,106883	-133,10508	-201,141612		
		Tump. Ki	-218,8452	-60,9564	-62,5456	63,8556	-360,14448	288,50628	-133,10508	-201,141612	-201,141612	157,833543	159,693828		
		Lap	128,4942	37,8001	-0,8566	0,9151	214,6732	114,78818	116,55988	159,693828	159,693828	-146,537034	-283,604664		
		Tump. Ka	-175,3423	-48,0228	64,5669	-65,9437	-287,24724	-93,21117	-223,75177	-70,346556	-69,039621	-57,839439	-33,956559		
Atap	818-832	Tump. Ki	-60,3907	-9,9092	-0,6605	0,5842	-88,32356	-55,01213	-53,76743	-26,59858	-33,956559	22,807932	23,420292		
		Lap	-42,5072	-2,4838	-11,0877	11,6579	-54,98272	-49,34418	-26,59858	-33,956559	-33,956559	22,807932	23,420292		
		Tump. Ka	22,35665	-0,5066	-0,3307	0,2525	26,01724	19,79015	20,37335	22,807932	22,807932	17,105949	18,7382336		
		Tump. Ki	26,01724	97,67038	19,79015	14,8426125	20,37335	15,2800125	22,807932	22,807932	22,807932	17,105949	18,7382336		
1	124-216	Tump. Ki	-344,23428	-278,74766	-333,11465	-249,8359875	-41,65575	-31,2418125	-408,642024	-306,481518	-102,610179	-306,481518	-76,95763425	-308,481518	
		Lap	213,26104	278,74766	115,37144	160,1427025	115,29844	159,74509	158,108811	218,9830939	158,032161	218,9830939	218,5656008	278,74766	
		Tump. Ka	-307,97748	-242,49086	-25,05545	-18,7915875	-313,91745	-235,4380875	-78,352239	-58,76417925	-381,657339	-381,657339	-286,2430043	-286,2430043	
		Tump. Ki	-353,13328	-280,72088	-334,34972	-250,76229	-50,18142	-37,638065	-411,539436	-308,654577	-113,162721	-113,162721	-84,87204075	-308,654577	
		Lap	208,30848	290,72088	112,12288	157,5447538	113,02708	158,4728663	153,857382	215,669283	154,806792	218,9830939	218,5656008	280,72088	
		Tump. Ka	-310,95534	-238,54324	-29,02527	-21,7689525	-313,38487	-235,0386525	-82,955334	-62,2185005	-381,532814	-381,532814	-286,1498855	-286,1498855	
		Tump. Ki	-356,37148	-282,20234	-300,46645	-225,3498675	-87,61889	-65,7141675	-376,550118	-282,4125685	-153,060138	-153,060138	-114,7951035	-282,4125685	
		Lap	208,0332	282,20234	111,81706	157,1397988	113,05576	158,6588613	153,485136	215,211833	154,785771	216,8066468	216,8066468	282,20234	
		Tump. Ka	-308,25672	-234,08758	-62,11542	-46,586565	-277,20592	-207,90444	-117,261858	-87,9463935	-343,106883	-343,106883	-257,3301623	-257,3301623	
		Tump. Ki	-360,14448	-287,40884	-259,50628	-194,62971	-133,10508	-99,82881	-333,862872	-250,397154	-201,141612	-201,141612	-150,856209	-287,40884	
		Lap	214,6732	287,40884	114,78818	158,8778613	116,55988	161,1669863	157,833543	217,8835313	159,693828	220,2871125	220,2871125	287,40884	
		Tump. Ka	-287,24724	-214,5116	-93,21117	-69,9083775	-223,75177	-167,8138275	-146,537034	-109,9027755	-283,604664	-283,604664	-212,703498	-212,703498	
Tump. Ki	-88,32356	-16,67042	-56,01213	-41,2590975	-53,76743	-40,3255725	-70,346556	-52,759817	-69,039621	-69,039621	-55,2316968	-55,2316968			
Lap	-54,98272	16,67042	-49,34418	-44,9414325	-26,59858	-22,42432	-57,839439	-51,897111	-33,956559	-33,956559	-29,3946251	-29,3946251			
Tump. Ka	26,01724	97,67038	19,79015	14,8426125	20,37335	15,2800125	22,807932	22,807932	22,807932	22,807932	17,105949	18,7382336			
3	496-588	Tump. Ki	-344,23428	-278,74766	-333,11465	-249,8359875	-41,65575	-31,2418125	-408,642024	-306,481518	-102,610179	-306,481518	-76,95763425	-308,481518	
		Lap	213,26104	278,74766	115,37144	160,1427025	115,29844	159,74509	158,108811	218,9830939	158,032161	218,9830939	218,5656008	278,74766	
		Tump. Ka	-307,97748	-242,49086	-25,05545	-18,7915875	-313,91745	-235,4380875	-78,352239	-58,76417925	-381,657339	-381,657339	-286,2430043	-286,2430043	
		Tump. Ki	-353,13328	-280,72088	-334,34972	-250,76229	-50,18142	-37,638065	-411,539436	-308,654577	-113,162721	-113,162721	-84,87204075	-308,654577	
		Lap	208,30848	290,72088	112,12288	157,5447538	113,02708	158,4728663	153,857382	215,669283	154,806792	218,9830939	218,5656008	280,72088	
		Tump. Ka	-310,95534	-238,54324	-29,02527	-21,7689525	-313,38487	-235,0386525	-82,955334	-62,2185005	-381,532814	-381,532814	-286,1498855	-286,1498855	
		Tump. Ki	-356,37148	-282,20234	-300,46645	-225,3498675	-87,61889	-65,7141675	-376,550118	-282,4125685	-153,060138	-153,060138	-114,7951035	-282,4125685	
		Lap	208,0332	282,20234	111,81706	157,1397988	113,05576	158,6588613	153,485136	215,211833	154,785771	216,8066468	216,8066468	282,20234	
		Tump. Ka	-308,25672	-234,08758	-62,11542	-46,586565	-277,20592	-207,90444	-117,261858	-87,9463935	-343,106883	-343,106883	-257,3301623	-257,3301623	
		Tump. Ki	-360,14448	-287,40884	-259,50628	-194,62971	-133,10508	-99,82881	-333,862872	-250,397154	-201,141612	-201,141612	-150,856209	-287,40884	
		Lap	214,6732	287,40884	114,78818	158,8778613	116,55988	161,1669863	157,833543	217,8835313	159,693828	220,2871125	220,2871125	287,40884	
		Tump. Ka	-287,24724	-214,5116	-93,21117	-69,9083775	-223,75177	-167,8138275	-146,537034	-109,9027755	-283,604664	-283,604664	-212,703498	-212,703498	
Tump. Ki	-88,32356	-16,67042	-56,01213	-41,2590975	-53,76743	-40,3255725	-70,346556	-52,759817	-69,039621	-69,039621	-55,2316968	-55,2316968			
Lap	-54,98272	16,67042	-49,34418	-44,9414325	-26,59858	-22,42432	-57,839439	-51,897111	-33,956559	-33,956559	-29,3946251	-29,3946251			
Tump. Ka	26,01724	97,67038	19,79015	14,8426125	20,37335	15,2800125	22,807932	22,807932	22,807932	22,807932	17,105949	18,7382336			

Tabel 4.27 Perhitungan Kombinasi Momen Rencana Balok Portal As 10

Lantai	Balok	Daerah	MD	ML	ME ki	ME ka	1,2MD + 1,6ML		0,9MD ± ME		1,05(MD + 0,6ML ± ME)	
							E ki	E ka	E ki	E ka	E ki	E ka
1	136-228	Tump.Ki	-223,032	-63,4589	-180,5283	155,0094	-369,16944	-381,2571	-45,7194	-463,716162	-111,401577	
		Lap.	130,4537	38,1914	-0,5866	0,7201	217,05068	116,82173	118,12843	160,421037	161,793072	
2	322-414	Tump.Ka	-181,7615	-49,0312	182,9488	-157,3507	-296,56372	-9,36345	-320,93605	-29,642991	-386,957466	
		Lap.	-231,8016	-66,2323	-180,8537	154,8378	-384,13408	-389,47514	-53,76364	-475,014603	-122,517528	
3	508-600	Tump.Ki	127,2363	37,3159	-0,6566	0,6574	212,369	113,81507	115,37007	156,375702	158,007402	
		Lap.	-179,5127	-48,0964	183,565	-157,7438	-292,36948	22,00357	-319,30523	-26,045817	-384,420057	
4	634-786	Tump.Ka	-235,8722	-67,3306	-138,0478	118,0688	-390,7756	-350,33278	-94,19518	-435,034278	-168,089798	
		Lap.	126,9534	37,2298	-0,5611	0,7954	211,91176	113,69698	115,05346	156,166689	157,591014	
Atap	824-838	Tump.Ka	-175,3896	-47,1455	140,3732	-120,5114	-285,90032	-17,47744	-278,36204	-66,468885	-340,357715	
		Lap.	-241,0235	-67,5565	-85,5639	72,9008	-397,3186	-302,50505	-144,02035	-385,486365	-219,08943	
Atap	824-838	Tump.Ki	130,9453	36,6008	-0,5171	0,4799	218,89564	117,33367	118,33067	161,268114	162,314964	
		Lap.	-160,432	-43,9087	87,0528	-74,7768	-262,77232	-57,336	-219,1656	-104,710641	-274,631721	
Atap	824-838	Tump.Ki	22,6913	-0,5942	-0,0822	0,0529	26,51884	20,51997	20,65507	23,575209	23,717064	
		Lap.	-48,3068	-3,8207	16,9753	-14,6255	-64,08128	-26,50082	-58,10162	-35,305116	-68,485956	
Atap	824-838	Tump.Ka	22,719	-0,629	-0,3034	0,2272	26,2564	20,1437	20,6743	23,14011	23,89724	

Lantai	Balok	Daerah	1,2MD + 1,6ML		0,9MD ± ME		1,05(MD + 0,6ML ± ME)		Mu maks	
			1	2	E ki	E ka	E ki	E ka		E ki
1	136-228	Tump. Ki	-369,1694	-293,41004	-381,257	-285,94275	-45,7194	-34,28955	-463,71616	-83,551185
		Lap.	217,85068	293,41004	116,8217	162,0583938	118,1284	163,960325	160,42104	224,0879513
2	322-414	Tump. Ka	-296,56372	-220,80436	19,36345	14,5225875	-320,936	-240,702	-29,642991	-386,95747
		Lap.	-384,13408	-298,26154	-309,475	-282,10525	-53,7636	-40,3227	-475,0146	-91,8881475
3	508-600	Tump. Ki	292,36948	301,34368	22,00357	16,5028775	115,3701	162,003675	156,3757	221,3745988
		Lap.	-390,7756	-301,34368	-350,333	-262,74975	94,1952	-70,6484	-435,03423	-288,315045
4	634-786	Tump. Ka	-285,90032	-196,4684	-17,4774	-13,10805	-278,362	-208,7715	-66,4688851	-255,29829
		Lap.	-397,3186	-308,10712	-302,505	-228,87875	-144,02	-106,015	-289,123775	-164,3170725
Atap	824-838	Tump. Ki	218,89564	308,10712	117,3337	162,313625	118,3307	163,72895	161,26811	224,0301038
		Lap.	-262,77232	-173,56084	-57,336	-43,002	-219,166	-164,3745	-104,71064	-205,97379
Atap	824-838	Tump. Ki	26,51884	45,30005	20,51997	15,3899775	20,65507	15,2913025	23,575209	18,9736512
		Lap.	-64,08126	-45,30005	-26,5008	-31,58375875	-58,1016	-63,26777125	-35,305116	-73,2273864
Atap	824-838	Tump. Ka	26,2564	45,03761	20,1437	15,107775	20,6743	15,505725	23,14011	18,957792

	Tump.Ka	59.7333	-10.2575	-76.1768	130.3205	-80.89196	-71.86172	-124.53677	-93.4025775	81.96053	61.4703975	-142.86783	-107.1508725	73.954335	55.46575125	-107.1508725
	Tump.Ki	63.4489	-10.8943	68.6845	-115.9762	93.24716	-81.9434	11.58229	8.6867175	-173.07841	-129.8086075	-1.237929	-0.92844675	-195.131664	-146.348748	-146.348748
402-404	Lap.	45.9133	9.7148	-2.2208	2.7617	70.63964	81.5434	39.10117	54.82401363	44.08367	60.3379175	51.997449	72.32720893	57.229074	78.116808	81.9434
	Tump.Ka	-9.0373	-14.0761	-66.231469	114.178	-117.36652	-106.06276	-137.365039	-103.0237783	43.04443	32.2833225	-161.4001505	-121.0501128	28.029792	21.022344	-121.0501128
	Tump.Ki	69.2528	-10.9179	69.0154	-117.3228	-100.572	-84.61094	6.68788	5.01591	-179.65032	-134.73774	-7.127547	-3.34566025	-202.782857	-152.0869928	-152.0869928
404-406	Lap.	44.6973	9.3832	-1.2399	1.0802	68.64988	84.61094	38.98767	54.65522625	41.30777	57.84397625	51.941686	71.82801938	53.977791	75.17568168	84.61094
	Tump.Ka	-74.0287	-13.897	-65.3975	113.9955	-111.08164	95.12058	-132.03233	-99.0242475	47.36067	35.5205025	-155.16312	-116.37234	33.19953	24.8996475	-116.37234
	Tump.Ki	-70.9838	-11.4509	65.8941	-118.2017	-103.514	-87.07718	1.99968	1.48976	-182.09612	-136.57209	-12.568752	-9.428584	-205.869342	-154.4020065	-154.4020065
412-414	Lap.	48.9143	9.7145	-1.143	0.6078	70.64036	87.07718	40.17987	55.61656625	42.01067	58.49072675	53.13	73.14582713	55.05234	76.16369775	87.07718
	Tump.Ka	-71.1475	-13.2055	-61.4605	114.2884	-106.5058	90.06896	-125.49325	-94.1199375	50.25565	37.6917375	-147.557865	-110.6683988	36.97848	27.73386	-110.6683988
	Tump.Ki	-44.1833	-7.0911	73.6266	-135.3237	-64.36572	-57.14844	33.86163	25.3962225	-175.08867	-131.3165025	26.448072	19.836054	-192.948743	-144.7123073	-144.7123073
414-416	Lap.	32.7885	6.6156	-0.1427	-0.9889	49.93116	57.14844	29.36695	39.90681	29.42075	41.168085	38.445918	52.09001438	38.502408	53.41435313	57.14844
	Tump.Ka	-54.8179	-9.1356	-68.8444	130.4461	-80.39844	-73.18116	-118.18051	-88.6333825	81.10999	60.8324925	-135.600843	-101.7006323	73.654182	55.2406365	-101.7006323
	Tump.Ki	-17.4756	-0.4637	90.4369	-161.4778	-21.71264	-25.05252	74.70886	32.458	-177.20584	-132.90438	76.317234	57.2379255	-188.193201	-141.1449008	-141.1449008
416-418	Lap.	18.9094	3.5382	-7.2256	10.9796	28.3524	25.03252	9.79286	-32.458	27.99806	33.56474625	14.487056	22.95695325	33.812516	40.91343638	40.91343638
	Tump.Ka	-41.3185	-8.2249	-8.886	169.859	-62.74204	-66.06192	-128.07265	-170.32351	132.87235	99.5042625	-143.986412	-107.997309	129.785836	97.3933785	-170.32351
	Tump.Ki	-27.7058	-4.7851	61.8474	-110.3974	-40.90072	-40.05376	36.91398	27.885485	-135.33082	-101.498115	32.838167	24.62712525	-148.020873	-111.0156548	-111.0156548
582-584	Lap.	25.093	5.6845	2.4428	-5.9951	39.2068	40.05976	25.5265	31.4883975	18.5886	25.0318225	33.018825	40.914951	23.63403	34.13533725	40.914951
	Tump.Ka	-34.6164	-5.6045	-53.4544	98.9414	-50.50888	-48.65992	-84.60916	-63.45687	67.79864	50.83998	-96.005175	-72.00388125	64.010415	48.00781125	-72.00388125
	Tump.Ki	-40.8687	-7.2877	66.8091	-112.1348	-60.67076	-57.68908	30.02727	22.5204525	-148.91663	-111.6874725	22.858769	16.99407875	-165.232326	-123.9242445	-123.9242445
584-586	Lap.	24.8132	5.0182	-0.4359	0.8207	39.40496	42.38684	21.89598	29.71193875	23.15258	31.42036375	29.387631	39.52858613	30.707061	41.32243238	42.38684
	Tump.Ka	-30.6396	-5.3755	-64.9793	110.35	-45.36832	-42.38661	-92.55494	-69.416205	82.74736	62.08077	-103.79641	-77.8398075	80.309355	60.23201625	-77.8398075
	Tump.Ki	-47.2396	-6.3092	58.2168	-95.7849	-66.78224	-56.90528	13.70116	10.27587	-138.30054	-103.725405	5.451264	4.088448	-154.150521	-115.6128908	-115.6128908
586-588	Lap.	31.17	6.0152	-1.0918	1.3173	47.02832	56.90528	26.9612	38.0990625	29.3703	40.44268125	35.371686	49.65596475	37.901241	52.1168235	56.90528
	Tump.Ka	-51.9709	-10.0393	-56.0296	96.4953	-78.42796	-68.351	-102.80361	-77.1027075	48.72149	37.2911175	-119.725494	-89.7841205	40.425861	30.31939575	-89.7841205
	Tump.Ki	-63.3749	-10.8707	50.6732	-85.987	93.443	-82.0414	-6.36421	-4.7731575	-143.02441	-107.2883075	-20.185326	-15.1389945	-183.878536	-122.758902	-122.758902
588-590	Lap.	45.9169	9.7122	-1.6651	2.0619	70.6398	82.0414	39.66011	55.44303075	43.38711	59.56926625	52.583076	72.97118588	56.466426	77.3034465	82.0414
	Tump.Ka	-78.9556	-13.8616	-48.8413	84.6272	-116.82323	-105.52368	-119.90134	-89.828005	13.58716	10.17537	-142.919553	-107.1896848	-2.777628	-2.083221	-107.1896848
	Tump.Ki	-70.1874	-11.0492	50.5695	-86.4274	-101.9035	-85.26272	-12.59916	-9.44937	-149.59606	-112.197045	-27.559781	-20.66984325	-171.406536	-128.554902	-128.554902
590-592	Lap.	44.8786	9.3797	-0.9574	0.8421	68.62184	85.26272	39.25334	55.00519875	41.05284	57.47268625	51.816471	72.18370163	53.705946	74.745635	85.26272
	Tump.Ka	-72.9109	-13.7078	-47.7959	83.8571	-109.42556	-92.78468	-113.41571	-85.0617825	18.23729	13.6779675	-135.378054	-101.5335405	2.857596	2.143167	-101.5335405
	Tump.Ki	-72.4224	-11.7668	48.0078	-87.0815	-05.73376	-88.19886	-17.17236	-12.87927	-152.26166	-114.196245	-33.048414	-24.7863105	-174.892179	-131.1691343	-131.1691343
598-600	Lap.	45.9309	9.7168	-0.8856	0.5642	70.66396	88.19786	40.45221	55.99388375	41.90201	58.23640875	53.419149	73.53784725	54.941439	75.8924985	88.19886
	Tump.Ka	-69.5017	-12.8324	-44.6095	84.138	-103.93388	-86.38998	-107.16103	-80.3707725	21.58647	16.1898525	-127.901172	-95.925879	7.283703	5.46277725	-95.925879
	Tump.Ki	-43.6546	-7.2711	53.8187	-100.2043	-64.01928	-57.14644	14.52956	10.89717	-139.49344	-104.82008	6.091512	4.588634	-155.632638	-116.7244785	-116.7244785
600-602	Lap.	33.0168	6.6584	-0.1435	0.1111	50.2736	37.14641	29.57162	40.210995	29.82622	41.3389075	38.711757	52.447982	38.979087	53.63227013	57.14644
	Tump.Ka	-54.9994	-8.8729	-50.2351	96.8014	-80.07592	-73.20308	-99.64456	-74.73342	47.38194	35.543955	-115.981152	-86.985864	38.407173	28.80657975	-86.985864

602-604	Tump.Ki	-15,3203	-0,0664	64,964	-115,4616	-18,4906	-23,3587	51,17573	19,818295	-129,24987	-96,9374025	52,084053	39,06303975	-137,362827	-103,021203	-103,021203
	Lap.	18,7906	3,5488	-5,3724	8,465	28,2268	23,3587	11,53614	-19,818295	25,37654	31,15178	16,324954	24,79991775	30,854124	38,3762715	38,3762715
	Tump.Ka	-43,6815	-8,6161	-65,2789	122,3613	-66,20356	-71,07186	-104,59225	-135,949685	83,04795	62,2896825	-119,836563	-89,87742225	77,185847	57,88923525	-135,949685
768-770	Tump.Ki	-26,0651	-4,8147	25,3597	-52,831	-38,96164	-39,61572	1,90111	1,4256325	-76,28959	-57,2171925	-3,773931	-2,83044825	-85,874166	-64,4056245	-64,4056245
	Lap.	25,7211	5,8653	-3,4221	40,2498	-50,57024	-51,20432	-52,42576	-39,31932	14,87774	11,159305	32,440044	40,66915388	27,109089	36,76714388	40,66915388
	Tump.Ka	-35,1024	-5,2796	-20,8336	46,4699	-63,9318	-62,96642	-2,26657	-1,7149275	-101,88537	-76,4140275	-11,882787	-8,91209025	-116,461527	-87,34614525	-87,34614525
770-772	Tump.Ki	-47,6973	-7,9344	36,141	-63,4578	-69,9318	-62,96642	-2,26657	-1,7149275	-101,88537	-76,4140275	-11,882787	-8,91209025	-116,461527	-87,34614525	-87,34614525
	Lap.	25,0252	6,0702	0,228	-0,1253	39,74256	40,70794	22,75068	30,47586	22,39738	30,718885	30,340086	40,379900475	29,969121	40,632081	40,70794
	Tump.Ka	-28,4923	-4,6766	-33,8718	60,9724	-41,67332	-40,70794	-59,51487	-44,6381525	35,23933	28,4969975	-88,478663	-51,32142225	31,157847	23,36838525	-51,32142225
772-774	Tump.Ki	-48,3714	-6,6755	29,1551	-53,1575	-68,72648	-57,83824	-14,37916	-10,78437	-96,69176	-72,51882	-24,38288	-18,28701	-110,81091	-83,1081825	-83,1081825
	Lap.	31,1082	6,0126	-0,5775	0,6796	46,95	57,83824	27,41988	38,58290625	28,67698	39,87935625	35,845173	50,17005263	37,165128	51,53132513	57,83824
	Tump.Ka	-51,2855	-9,7779	-28,7681	53,2297	-77,18724	-66,299	-74,92505	-56,1937875	7,07275	5,3045625	-90,216357	-67,66226775	-4,118667	-3,0800025	-67,66226775
774-776	Tump.Ki	-63,2788	-11,1849	26,2429	-47,9559	-93,8304	-82,49528	-30,70802	-23,031015	-104,50682	-78,380115	-45,934182	-34,4506365	-123,422922	-92,5671915	-92,5671915
	Lap.	46,2344	9,7993	-0,9521	1,189	71,16016	82,49528	40,65886	56,47323875	42,79996	58,84450125	53,719974	74,1246345	55,968129	76,61446013	82,49528
	Tump.Ka	-78,4509	-13,4409	-25,1658	46,7617	-115,65372	-104,3186	-95,80701	-71,8552575	-23,84951	-17,8871325	-117,303102	-87,973265	-41,747727	-31,31079525	-104,3186
776-778	Tump.Ki	-71,7282	-11,5948	25,8811	-47,2346	-104,62552	-85,58004	-38,67428	-29,00571	-111,78998	-83,842485	-55,444179	-41,58313425	-132,215664	-99,161748	-99,161748
	Lap.	44,6912	9,3868	-0,7027	0,6192	68,64832	87,6938	39,51938	55,42213	40,84128	57,1159925	52,101609	72,63106463	53,489604	74,40962025	87,6938
	Tump.Ka	-71,3258	-13,2177	-24,3545	45,7855	-106,73928	-87,6938	-88,54772	-66,41079	-18,40772	-13,80679	-108,791486	-81,5935995	-35,144466	-26,3583495	-87,6938
784-786	Tump.Ki	-74,8999	-12,2583	26,4729	-47,9516	-109,49316	-50,27534	-40,98701	-30,7402575	-115,36151	-86,5211325	-58,623579	-43,96786425	-136,716804	-102,537603	-102,537603
	Lap.	46,1626	9,789	-0,6509	0,2787	71,05752	90,27534	40,89544	56,56935125	41,82504	57,99388875	53,954355	74,19972525	54,930435	75,69517463	90,27534
	Tump.Ka	-66,5482	-12,2656	24,5109	45,9065	-99,4828	-80,26498	-84,40428	-63,30321	-13,96888	-10,49016	-103,399383	-77,50453725	-29,401113	-22,05083475	-80,26498
786-788	Tump.Ki	-46,0572	-8,0093	30,4819	-55,0758	-68,08352	-59,28396	-10,96958	-8,227185	-96,52728	-72,39546	-21,399624	-16,049943	-111,235509	-83,42663175	-83,42663175
	Lap.	33,0889	6,7357	-0,2369	0,252	50,4838	39,28306	29,54311	40,42425625	30,03201	41,36754375	38,739091	52,73061413	39,251436	53,721066	59,28396
	Tump.Ka	-52,7591	-8,1222	-28,5964	53,3262	-76,30644	-67,50658	-76,07959	-57,0586925	5,84301	4,3822575	-80,540261	-67,90519575	-4,521531	-3,39114825	-67,90519575
788-790	Tump.Ki	-17,9318	-0,8921	35,9674	-55,974	-22,94552	-26,24266	19,72878	2,577415	-72,11262	-54,084485	18,270357	13,70276775	-78,163113	-58,62233475	-58,62233475
	Lap.	19,8925	3,693	-3,1493	4,1911	29,5396	26,24266	14,57395	-3,577415	21,91435	28,04277	19,69695	27,92965088	27,40437	35,26471463	35,26471463
	Tump.Ka	-39,4556	-7,6533	-36,1281	58,5503	-59,532	-62,82914	-71,59314	-68,744505	23,08526	17,313945	-84,131964	-63,098973	15,280356	11,460267	-88,744605
829-830	Tump.Ki	-5,1832	-0,8949	2,5015	-7,9474	-7,65168	516,71648	-2,36838	-1,772535	-12,51228	-9,45921	-3,589572	-2,692179	-14,350917	-10,76318775	-10,76318775
	Lap.	1,7628	-652	0,026	-0,1915	-1041,08464	-516,71648	1,68912	2,5828275	1,39502	2,342775	-408,80133	-407,7687338	-409,110135	-408,0003113	2,5828275
	Tump.Ka	-2,8112	0,7644	-2,0382	7,5643	-2,1504	522,21776	-4,62828	-3,46971	5,03422	3,775665	-4,671198	2,879984825	1,659756	4,10424525	-3,5033985
830-831	Tump.Ki	-5,2028	-0,5293	6,1383	-12,5052	-7,90024	-4,5438	1,45578	1,091835	-17,18772	-12,89079	0,648816	0,486612	-18,928059	-14,19514425	-14,19514425
	Lap.	1,6402	0,0182	0,0863	-0,0704	1,99736	4,5438	1,56248	2,4678475	1,40578	2,350335	1,824291	2,879984825	1,659756	2,7565965	4,5438
	Tump.Ka	-3,0368	0,5685	-5,0656	12,3644	-2,73456	-0,16912	-8,69872	-6,52404	9,63128	7,22346	-9,094365	-6,82077375	10,152135	7,61410125	-6,82077375
831-832	Tump.Ki	-16,8752	0,0527	4,9019	-10,4694	-20,16592	-17,77944	-10,28578	-7,714335	-25,65708	-19,24281	-12,538764	-9,404073	-28,678629	-21,50897175	-21,50897175
	Lap.	12,768	0,0446	0,0206	0,0054	15,39296	17,77944	11,5118	15,9261	11,4966	15,9147	13,456128	18,998721	13,440168	18,587751	18,589721
	Tump.Ka	-22,4088	0,0365	-4,8407	10,4802	-28,83216	-24,44568	-25,02862	-18,771465	-9,68772	-7,26579	-28,60988	-21,457485	-12,502035	-9,37652825	-24,44568
	Tump.Ki	-25,0105	-0,0092	4,1169	-8,9069	-30,02732	-28,15234	-18,39255	-13,7944125	-31,41635	-23,5622625	-21,944076	-16,458057	-35,619066	-26,7142995	-28,15234

Atbp	832-833	Lap.	21,9162	-0,0138	-0,0082	0,0213	76,27736	28,15234	19,71638	25,6041725	19,74138	25,6262725	22,994706	29,865738	23,025681	29,888943	29,888943
		Tump.Ka	-27,3071	-0,0185	-4,1334	6,9496	-32,79612	-30,92314	-28,70979	-21,5323425	-15,62679	-11,7200925	-33,72418	-24,768135	-19,28703	-14,4652725	-30,92314
833-834		Tump.Ki	-26,1927	0,1583	3,9756	-8,6946	-31,17796	-28,75416	-19,59783	-14,6903725	-32,26803	-24,2010225	-23,728226	-17,4211695	-36,531936	-27,388952	-28,75416
		Lap.	21,9313	0,008	-0,0033	0,0306	26,33036	28,75416	19,73487	25,6254775	19,76877	25,64314	23,72944	29,89958213	23,065035	29,91844275	29,91844275
837-838		Tump.Ka	-26,0947	-0,1422	-4,0418	8,7559	-31,54116	-29,11736	-27,52703	-20,6452725	-14,72893	-11,0468975	-31,732911	-23,79966325	-18,295326	-13,7714945	-29,11736
		Tump.Ki	-26,9697	0,1563	4,9412	-9,0165	32,11356	-29,24048	-19,33153	-14,4986475	-33,28923	-24,9668225	-23,031455	-17,273592	-37,667041	-28,26528075	-29,24048
839-840		Lap.	21,9631	-0,0077	-0,033	-0,061	26,3674	29,24048	19,75179	25,6307175	19,72379	25,6097175	23,042754	29,90176088	23,013354	29,87971088	29,90176088
		Tump.Ka	-25,2141	-0,1718	-5,0072	8,8945	-30,5310	-27,65872	-27,99989	-20,7749175	-13,79819	-10,3486425	-31,840599	-23,88044925	-17,243814	-12,9326605	-27,65872
839-840		Tump.Ki	-19,2656	0,6086	6,2964	-10,4394	-22,14496	-21,92474	-11,04264	-8,28198	-27,77844	-20,83383	-13,234242	-9,9256815	-30,806832	-23,105124	-23,105124
		Lap.	18,0567	0,0228	-0,0262	-0,0928	21,70452	21,92474	16,22483	20,77760375	18,15843	20,72790875	18,946389	24,25368013	18,876689	24,20142638	24,25368013
839-840		Tump.Ka	-21,1461	-0,5829	-6,3487	10,2541	-26,27596	-26,05574	-25,38019	-19,0351425	-8,77739	-6,5830425	-29,224167	-21,91812525	-11,791227	-8,84342025	-26,05574
		Tump.Ki	-0,2729	1,7162	7,2865	-8,6064	2,41844	0,40234	7,04089	2,948245	-8,85201	-6,6390075	8,445486	6,3341145	-8,242059	-6,18154425	-6,6390075
839-840		Lap.	1,376	-0,0234	-0,086	-0,1693	1,61376	-0,40234	1,1424	-2,949245	1,0691	2,09781375	1,329258	2,5089645	1,252293	2,4512145	2,5089645
		Tump.Ka	-8,495	-1,7631	-7,4787	8,2678	-13,01486	-15,03106	-15,1242	-19,215845	0,6223	0,466725	-17,883138	-13,123635	-1,348313	-1,01196475	-19,215845

Tabel 4.30 Kombinasi Momen Rencana Balok Portal E

Lantai	Balok	Daerah	1,2MD + 1,6MIL		0,9MD ± ME						1,05(MD + 0,6MIL ± ME)				Mu maks
			1	2	E ki		E ka		7	8	9	E ka			
					3	4	5	6				10			
1	83-87	Tump. Ki	-293,4674	-250,27885	-21,9578	-16,46835	-299,2772	-224,4579	-76,8062	-57,60465	-367,9863	-275,989725	-275,989725	-275,989725	
		Lap.	207,0903	250,27885	106,6562	146,341775	105,4067	145,226375	150,2726	206,1008875	148,9606	204,9227875	250,27885	250,27885	
		Tump. Ka	-323,9022	-280,79365	-295,5268	-221,5451	-19,2802	-14,46015	-369,8201	-277,365075	-79,7112	-59,7834	-280,79365	-280,79365	
2	269 - 273	Tump. Ki	-291,8875	-245,9589	-22,944	-17,208	-296,1706	-222,12795	-77,537	-58,15275	-364,4249	-273,318675	-273,318675	-273,318675	
		Lap.	202,0303	246,9589	104,3326	144,732125	102,4668	142,6934	146,9165	203,6995375	144,9574	201,553525	246,9589	246,9589	
		Tump. Ka	334,2351	379,1637	-300,2929	-225,219675	-25,6422	-19,23165	-376,7273	-282,545475	-88,3441	-66,258075	-282,545475	-282,545475	
3	455 - 459	Tump. Ki	-282,9069	-242,25715	-49,7048	-37,2786	-254,9402	-191,20515	-104,115	-78,08625	-319,61228	-239,70921	-242,25715	-242,25715	
		Lap.	201,5574	242,25715	104,2675	144,74205	102,1675	142,2507875	146,7446	203,599525	144,5396	200,9837225	242,25715	242,25715	
		Tump. Ka	-342,8919	-302,19215	-274,0916	-205,5687	-65,7261	-49,294575	-350,7244	-263,0433	-131,9407	-98,955525	-302,19215	-302,19215	
4	641 - 645	Tump. Ki	-253,6804	-230,6848	-71,8488	-53,8866	-195,1839	-146,387925	-122,5858	-91,93935	-252,0876	-189,0657	-230,6848	-230,6848	
		Lap.	207,6592	230,6848	107,0745	146,8611375	105,0048	144,2735625	150,8984	206,691725	148,7252	203,97475	230,6848	230,6848	
		Tump. Ka	-358,8781	-335,8825	-246,4443	-184,833225	-118,9662	-89,22465	-323,7608	-242,8206	-189,9088	-142,4316	-335,8825	-335,8825	
Atap	801 - 802	Tump. Ki	-22,0982	-24,8367	-8,1808	-6,1356	-31,2714	-23,45355	-9,6079	-7,205925	-33,853	-25,38975	-25,38975	-25,38975	
		Lap.	27,5732	24,8367	21,9945	29,7220375	20,9045	28,3810375	25,1661	34,2491	24,0216	32,841075	34,2491	34,2491	
		Tump. Ka	-60,6164	-63,3549	-53,6395	-40,229625	-28,5409	-21,405675	-63,0561	-47,292075	-36,7028	-27,5271	-63,3549	-63,3549	

Keterangan :

1, 3, 5, 7, 9 : Rumus kombinasi momen

2 : Tump. Ki = Tump. Ki+ (Tump. Ki + Lap) / 2

Lap = Lap + (Tump. Ki + Lap) / 2

Tump. Ka = Tump. Ka + (tump. Ki + Lap) / 2

4, 6, 10 : Tump. Ki = 0,25 * Tump. Ki

Lap = Lap + ((0,25 * Tump. Ki) + (0,25 * Tump. Ka)) / 2

Tump. Ke = 0,25 * Tump. Ka

Tabel 4.34 Perhitungan Tulangan Balok Portal 5

Data :
 f_c (Mpa) 28
 f_y (Mpa) 400
 β₁ 0.85
 m 16.8067
 p_b 0.03034
 p_{maks} 0.02276
 p_{min} 0.0035
 R_n (Mpa) 4.11649
 p_{pakai} 0.01138
 d (mm) 539
 φ_{tul} 22
 A_{1tul} 379.94
 b 400
 h 600

Blk. Atap :
 b (mm) 300
 h (mm) 400
 d (mm) 339
 φ_{tul} 19
 A_{1tul} 283.385

Lantai	Balok	Daerah	Mu (kNm)	Mn (kNm)	b d ₂ perlu	d ₂ perlu	analisis	z _{baru}	p _{baru}	Asperlu	n	Asada	a	Mh
1	136-228	Tump. Ki	347,787	434,73375	105607872,2	513,8284544	sebelah	3,74098387	0,010269214	2214,042591	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Lap.	293,41	366,7625	89095928,81	471,953199	sebelah	3,156075637	0,008863608	1867,873632	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
		Tump. Ka	290,213	362,7725	88126658,45	469,3789952	sebelah	3,121740769	0,008569357	1847,55328	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
2	322-414	Tump. Ki	356,261	445,32625	108181059,6	520,0506216	sebelah	3,832134766	0,010519429	2267,968819	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Lap.	296,2615	372,826875	90569119,57	475,8390473	sebelah	3,208260978	0,008806659	1898,758907	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
		Tump. Ka	288,315	360,39375	87548197,64	467,8375723	sebelah	3,101271079	0,008513166	1835,438615	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
3	508-600	Tump. Ki	325,276	407,845	99075911,76	497,6844175	sebelah	3,509599994	0,009634052	2077,101675	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Lap.	301,3437	376,679625	91505050,42	478,291361	sebelah	3,241414777	0,008897869	1918,380463	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Tump. Ka	255,298	319,1225	77522962,52	440,2356259	sebelah	2,746122483	0,007538263	1625,248493	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
4	634-786	Tump. Ki	308,107	385,13375	93558772,16	483,6289161	sebelah	3,314164467	0,009097571	1961,438225	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Lap.	308,1071	385,133875	93558802,52	483,6289966	sebelah	3,314165542	0,009097574	1961,438862	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Tump. Ka	205,974	257,4675	62545306,69	395,4282384	sebelah	2,215567033	0,006081858	1311,248576	4	1519,76	63,85546218	308,2512606
Atap	824-838	Tump. Ki	15,38998	19,237475	1673271,404	124,8101412	sebelah	0,165542895	0,000604385	130,3053728	2	568,77	23,81386555	119,4962151
		Lap.	26,5008	33,126	8047146,963	163,779801	sebelah	0,280506846	0,001040721	224,3795393	2	568,77	23,81386555	119,4962151
		Tump. Ka	15,10778	18,884725	4587579,487	173,6605497	sebelah	0,1625071	0,000583302	127,9160145	2	566,77	23,81386555	119,4962151

Tabel 4.35 Perhitungan Tulangan Balok Portal 10

Data :

f_c (Mpa)	28	Blok Atap :	
f_y (Mpa)	400	b (mm)	300
β_1	0,85	h (mm)	400
m	16,8067	d (mm)	339
ρ_b	0,03034	ϕ_{tul}	19
ρ_{maks}	0,02276	A _{ltul}	283,385
ρ_{min}	0,0035		
F_n (Mpa)	4,11649		
p pakai	0,01138		
d (mm)	539		
ϕ_{tul}	22		
A _{ltul}	379,94		
b	400		
h	600		

Lantai	Balok	Daerah	Mu (kNm)	Mn (kNm)	b.d2 perlu	d perlu	ancialis	Rnbaru	pbaru	Asperlu	n	Asada	a	Mn
1	136-228	Tump. Ki	347,787	434,73375	105607672,2	513,8284544	sebelah	3,74098387	0,010269214	2214,042591	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Lap.	293,41	366,7625	89095928,81	471,953199	sebelah	3,156075637	0,008665608	1867,873632	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
		Tump. Ka	290,218	362,7725	88126655,45	469,378952	sebelah	3,121740769	0,008568357	1847,55328	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
2	322-414	Tump. Ki	356,261	445,32625	108181059,6	520,0506216	sebelah	3,832134768	0,010519429	2267,968819	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Lap.	288,2615	372,826875	90569119,57	473,8390473	sebelah	3,208260978	0,008808859	1898,758907	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
		Tump. Ka	288,315	360,38375	87548797,64	467,8375723	sebelah	3,101271079	0,008513166	1835,438615	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
3	508-600	Tump. Ki	325,276	407,845	99075911,76	497,6844175	sebelah	3,509599994	0,009634052	2077,101675	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Lap.	301,3427	376,679625	91505050,42	478,291361	sebelah	3,241414777	0,008897869	1918,380463	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
		Tump. Ka	255,298	319,1225	77522962,52	440,2356259	sebelah	2,746122483	0,007538253	1625,249493	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
4	634-786	Tump. Ki	308,107	385,13375	93558772,16	483,6289181	sebelah	3,314164467	0,009097574	1961,438225	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		L.p.	308,1071	385,133875	93558802,52	483,6289966	sebelah	3,314165542	0,009097574	1961,438862	6	2279,64	95,78319328	447,8201443
		Tump. Ka	205,974	257,4675	62545396,69	395,4282384	sebelah	2,215567033	0,006081858	1311,248576	5	1899,7	79,81932773	379,2487646
Atap	824-838	Tump. Ki	15,38998	19,237475	4673271,404	1,24,8101412	sebelah	0,165542895	0,000604385	130,3053728	2	566,77	23,81386555	119,4962151
		Lap.	26,5008	33,126	8047146,963	163,779801	sebelah	0,285056846	0,001040721	224,3795393	2	566,77	23,81386555	119,4962151
		Tump. Ka	15,10778	18,884725	4587579,467	123,6605487	sebelah	0,1625074	0,000593302	127,9160145	2	566,77	23,81386555	119,4962151

Tabel 4.36 Perhitungan Tulangan Balok Portal 12

Lantai	Balok	Daerah	Mu (kNm)	Mn (kNm)	b.d2 perlu	d perlu	analisis	rtbaru	pbaru	Asperlu	n	Ascda	a	Mh
1	140-186	28	224,631	280,78875	662,10720,78	412,9489096	sebelah	2,416251751	0,0066632749	1430,020677	4	1519,76	63,85746218	308,2512606
		400	59,53081	70,6635125	171,65962,39	207,159132	sebelah	0,608075772	0,00222004	478,6405956	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		0,85	122,309	152,88625	371,39954,18	304,7127916	sebelah	1,315821332	0,003811456	778,6298373	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		16,8067	211,734	264,6675	642,94459,6	400,9191303	sebelah	2,277524688	0,006251935	1347,917242	4	1519,76	63,85546218	308,2512606
		0,03034	61,74113	77,1764125	187,48111,25	215,495446	sebelah	0,664120771	0,002424656	522,7557775	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	186-232	0,02278	132,858	166,0725	403,43229,3	317,5816000	sebelah	1,429092045	0,003922939	845,7856979	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		0,0035	218,055	272,56875	662,3873,96	408,8595395	sebelah	2,345516761	0,006438577	1388,157283	4	1519,76	63,83546218	308,2512606
		4,11648	60,72317	75,9039625	184,9000,82	214,7032884	sebelah	0,653171049	0,0023384679	514,1368152	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		0,01138	109,065	136,33125	331,8324,11	297,7426111	sebelah	1,173161751	0,003220396	694,3173699	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		539	210,697	263,37125	639,9567,54	399,9361435	sebelah	2,266370159	0,006221315	1341,315609	4	1519,76	63,85546218	308,2512606
2	326-372	28	63,81852	79,77315	193,78924,76	220,1075000	sebelah	0,686466297	0,002506238	540,3448243	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		400	123,106	153,8825	373,81968,62	305,703977	sebelah	1,324194292	0,003634889	783,7036093	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		0,85	173,3	216,625	526,23715,84	419,8226189	sebelah	1,86410793	0,005117083	1103,243022	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		16,8067	60,33717	75,4214625	183,21789,32	247,1287742	sebelah	0,649019025	0,00236952	510,868593	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		0,03034	84,427	105,53375	256,98828,95	292,3287473	sebelah	0,908142182	0,002492902	537,4696978	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	372-418	0,02278	169,399	211,74875	514,39150,83	358,6054616	sebelah	1,822146678	0,005001897	1078,408914	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		0,0035	62,61376	78,2672	1901,3091,25	218,0200177	sebelah	0,673507251	0,002458925	530,1442456	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		4,11648	93,3319	117,289875	284,92690,37	265,8927236	sebelah	1,009306341	0,002770604	597,3421173	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		0,01138	210,697	263,37125	639,9567,54	399,9361435	sebelah	2,266370159	0,006221315	1341,315609	4	1519,76	63,85546218	308,2512606
		539	63,81852	79,77315	193,78924,76	220,1075000	sebelah	0,686466297	0,002506238	540,3448243	2	759,88	31,92773109	158,9778791
3	512-558	28	123,106	153,8825	373,81968,62	305,703977	sebelah	1,324194292	0,003634889	783,7036093	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		400	173,3	216,625	526,23715,84	419,8226189	sebelah	1,86410793	0,005117083	1103,243022	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		0,85	60,33717	75,4214625	183,21789,32	247,1287742	sebelah	0,649019025	0,00236952	510,868593	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		16,8067	84,427	105,53375	256,98828,95	292,3287473	sebelah	0,908142182	0,002492902	537,4696978	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		0,03034	169,399	211,74875	514,39150,83	358,6054616	sebelah	1,822146678	0,005001897	1078,408914	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	558-604	0,02278	62,61376	78,2672	1901,3091,25	218,0200177	sebelah	0,673507251	0,002458925	530,1442456	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		0,0035	93,3319	117,289875	284,92690,37	265,8927236	sebelah	1,009306341	0,002770604	597,3421173	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		4,11648	210,697	263,37125	639,9567,54	399,9361435	sebelah	2,266370159	0,006221315	1341,315609	4	1519,76	63,85546218	308,2512606
		0,01138	63,81852	79,77315	193,78924,76	220,1075000	sebelah	0,686466297	0,002506238	540,3448243	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		539	123,106	153,8825	373,81968,62	305,703977	sebelah	1,324194292	0,003634889	783,7036093	3	1139,82	47,89159664	234,8276321

Data :

- f'c (Mpa) 28
- fy (Mpa) 400
- β1 0,85
- m 16,8067
- pb 0,03034
- pmaks 0,02278
- pmin 0,0035
- Rn (Mpa) 4,11648
- p pakai 0,01138
- d (mm) 539
- φtul 22
- A'tul 379,94
- b 400
- h 600

Blk. Atap :

- b (mm) 300
- h (mm) 400
- d (mm) 336
- φtul 19
- A'tul 283,385

4	698-744	Tump.Ki	111.877	138.84625	33972206.9	291.4284085	sebelah	1.203409134	0.003303427	712,2188089	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Lap.	56.17407	70.2175875	17057635.87	206.5044544	set.elah	0.604238484	0.002206603	475.6200648	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Tump.Ka	45.7988	57.2485	13807115.04	186.4612228	sebelah	0.492636605	0.001352315	291.5591836	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	744-790	Tump.Ki	116.351	145.43875	35330767.23	297.198449	sebelah	1.251533882	0.003435532	740.7008859	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Lap.	61.50255	76.8781875	18675664.83	216.0787504	sebelah	0.661554479	0.002415286	520.7357452	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Tump.Ka	54.5691	68.236375	16576349.03	203.5703136	sebelah	0.587189695	0.001611869	347.5190055	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Tump.Ki	24.5325	30.665625	7449459.37	138.4684888	sebelah	0.263884754	0.000963424	207.7141463	2	566.77	23.81386555	119.4962151
	826-828	Lap.	11.23073	14.0384125	3410267.041	92.33481251	sebelah	0.120803767	0.000441046	95.08943216	2	566.77	23.81386555	119.4962151
		Tump.Ka	3.70107	4.6263375	1123854.91	53.0060117	sebelah	0.039810698	0.000145346	31.33657783	2	566.77	23.81386555	119.4962151
		Tump.Ki	21.8216	27.027	61.855444.918	125.1165965	sebelah	0.232573549	0.000849109	183.0878564	2	566.77	23.81386555	119.4962151
Lap.		8.28.589	10.35198625	2514760.451	79.28998126	sebelah	0.083081222	0.000325229	70.1193596	2	566.77	23.81386555	119.4962151	
Atap	828-840	Tump.Ka	8.82056	11.0257	2678422.537	81.82943597	sebelah	0.094878653	0.000346395	74.68277144	2	566.77	23.81386555	119.4962151

Tabel 4.37 Perhitungan Tulangan Balok Portal A

Data	Blk. Atap :	Blk. Lantai :
f'c (Mpa)	28	28
fy (Mpa)	400	400
β_1	0,85	0,85
m	16,8067	16,8067
pb	0,03034	0,03034
pmaks	0,02276	0,02276
p.min	0,0035	0,0035
Rn (Mpa)	4,11649	4,11649
ρ pakai	0,01138	0,01138
d (mm)	539	539
ϕ tul	22	22
A1tul	379,94	379,94
b	400	400
h	600	600

Lantai	Balok	Daerah	Mu (kNm)	Mn (kNm)	b.d2 perlu	d perlu	analisis	Rnbaru	pbaru	Asperlu	n	Asada	a	Mn
1	210-212	Tump.Ki	160,551	200,68875	48752395,85	348,1145795	sebelah	1,726972835	0,004740639	1022,081768	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		Lap.	43,4634	54,32925	13197955,05	181,6449494	sebelah	0,437515687	0,001708865	361,0001234	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Tump.Ka	105,706	132,1325	32098341,06	283,2769893	sebelah	1,137030542	0,004151214	895,0017956	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	212-214	Tump.Ki	155,253	194,06625	47143622,36	343,3060874	sebelah	1,8699847	0,004584203	988,354235	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		Lap.	46,4473	58,059125	14104036,45	187,7767055	sebelah	0,499612119	0,001824047	393,2644968	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Tump.Ka	104,306	130,3825	31673221,6	281,3948365	sebelah	1,121971389	0,003079876	664,0211579	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	214-216	Tump.Ki	145,569	181,96125	44203010,33	332,4267225	sebelah	1,565818392	0,004298261	926,7050403	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		Lap.	54,8895	68,624375	16670604,08	204,1432555	sebelah	0,590528525	0,002155976	464,8284021	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Tump.Ka	112,195	140,24375	34068766,75	291,8422937	sebelah	1,206829713	0,004406046	949,9434891	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	216-218	Tump.Ki	153,08	191,35	46483776,23	340,8950568	sebelah	1,646610744	0,004520004	974,5207261	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
		Lap.	82,6064	103,258	25083991,46	250,4196052	sebelah	0,888558831	0,003244062	699,4198657	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Tump.Ka	123,8	154,75	37592706,41	306,5644565	sebelah	1,331659329	0,003655481	788,1218742	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
218-220	Tump.Ki	159,02	196,775	48287497,36	347,4460295	sebelah	1,710504576	0,004695433	1012,335288	3	1139,82	47,89159664	234,8276321	
	Lap.	107,4206	134,276	32619051,67	265,5654551	sebelah	1,155475852	0,004218557	909,5208303	3	1139,82	47,89159664	234,8276321	
	Tump.Ka	161,842	202,3025	49144416,72	356,5153945	sebelah	1,740859525	0,004778759	1030,300398	3	1139,82	47,89159664	234,8276321	
226-228	Tump.Ki	160,609	200,76125	48770007,94	349,1776337	sebelah	1,727596714	0,004742352	1022,451001	3	1139,82	47,89159664	234,8276321	
	Lap.	86,6303	108,287875	29305875,88	256,4462706	sebelah	0,931842061	0,003402086	733,4898119	2	759,88	31,92773109	158,9778791	
	Tump.Ka	115,622	144,52875	35109705,11	236,2672152	sebelah	1,243703123	0,004540668	978,9680114	3	1139,82	47,89159664	234,8276321	

228-230	Tump.Ki	59,0988	73,8735	17945749,9	211,8121213	sebelah	0,635698452	0,001745029	376,2281519	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Lap	59,0988	73,8735	17945749,9	211,8121213	sebelah	0,635698452	0,002320888	500,363442	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	153,083	191,35375	46484687,2	340,89883983	sebelah	1,6466643014	0,004520129	974,5398244	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	158,508	198,135	48132025,1	346,8662389	sebelah	1,704997229	0,004680315	1009,0759851	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
230-232	Lap	41,0157	51,269625	12454694,41	176,4560456	sebelah	0,441186911	0,001610741	347,2757	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	151,289	189,11125	45939976,98	338,8949847	sebelah	1,627345786	0,00467157	963,1190628	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	147,029	183,78625	44646349,2	394,3896182	sebelah	1,581522936	0,004341371	935,9995296	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
398-398	Lap	41,7674	52,20925	12682953,2	178,0656704	sebelah	0,4492726	0,001640261	353,6402664	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	95,5357	119,419625	29010060,76	263,3049422	sebelah	1,027633329	0,002820912	608,1886578	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ki	152,152	190,19	46201692,76	339,860202	sebelah	1,636628677	0,004492639	968,0129966	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Lap	44,6169	55,771125	13540223,12	184,039555	sebelah	0,479923353	0,001752155	377,7666889	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	99,8969	123,621125	30030711,84	274,0014276	sebelah	1,063788203	0,002920159	629,5863522	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ki	140,703	175,87875	42725416,56	316,8234101	sebelah	1,513477081	0,004154581	895,7278569	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
400-402	Lap	55,7241	69,655125	16920999,44	205,6757122	sebelah	0,598398365	0,002188359	471,8101053	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	107,151	133,93675	32537125,08	285,206614	sebelah	1,152573738	0,004207961	907,2384615	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	146,349	182,93625	44439862,6	333,316151	sebelah	1,574208491	0,004321292	931,6705889	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
402-404	Lap	81,9434	102,42925	24862667,03	246,4126452	sebelah	0,881427246	0,003218026	693,8063131	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	121,05	151,3125	36757650,33	303,1404391	sebelah	1,302078851	0,003574281	770,6149327	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	152,087	190,10675	46182245,07	339,7875963	sebelah	1,635929503	0,00449072	968,1992009	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
404-406	Lap	84,6105	105,763625	25692671,43	253,4396941	sebelah	0,91012031	0,003322782	716,3917804	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	116,372	145,465	35337144,02	297,2252682	sebelah	1,25175977	0,004570082	985,3097171	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	154,402	193,0025	46885210,46	342,3638797	sebelah	1,660630887	0,004559076	982,9368942	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
412-414	Lap	87,0772	108,8795	26441580,08	257,1068848	sebelah	0,976649158	0,003419637	737,2736681	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	110,668	138,335	33605095,80	283,8494891	sebelah	1,19040448	0,004346079	937,0145376	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	144,712	180,89	43942775,49	331,4467397	sebelah	1,556600039	0,004272956	921,2493031	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
414-416	Lap	57,1484	71,4355	17353497,76	208,2876482	sebelah	0,614718902	0,002244293	483,8960664	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	101,701	127,12625	30882195,75	277,858758	sebelah	1,033950609	0,003993993	861,0918738	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	141,145	176,43125	42859632,84	327,336344	sebelah	1,51823147	0,004167632	886,5414678	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
416-418	Lap	40,9134	51,14175	12423630,33	176,2358528	sebelah	0,40080517	0,001606723	346,4095365	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	170,324	212,905	51720033,33	359,5832078	sebelah	1,832096475	0,0065029209	1084,297545	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
	Tump.Ki	111,016	138,77	33710758,44	335,215147	sebelah	1,194147755	0,004359745	939,9610177	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
582-584	Lap	40,9149	51,143625	12424095,81	203,5033645	sebelah	0,440102652	0,001606782	346,4222368	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	72,0039	90,004875	21864470,7	269,9658664	sebelah	0,774512643	0,002827688	609,6495922	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ki	123,024	153,78	37357088,76	305,6021464	sebelah	1,323312256	0,003632568	783,1815901	3	1139,82	47,89159664	234,8276321
584-586	Lap	42,3866	52,98325	12870977,46	179,3907226	sebelah	0,455933048	0,001664578	358,8929689	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ka	77,8398	97,29975	23636581,17	243,087336	sebelah	0,837286719	0,003056872	659,0615553	2	759,88	31,92773109	158,9778791
	Tump.Ki	115,613	144,51625	35106668,55	236,2544031	sebelah	1,243595558	0,004540275	978,8833424	3	1139,82	47,89159664	234,8276321

586-588	Lar.	56.9053	71.131625	172.9678.8	207.8441652	sebelah	0.612103987	0.002234746	481.8113038	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	89.7941	112.242625	272.66565.12	261.087079	sebelah	0.965873594	0.003526333	760.27738	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
	Tump.Ki	122.759	153.44875	372.76599.72	305.2728277	sebelah	1.320461774	0.003824743	781.4945768	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
588-590	Lap.	82.0414	102.55175	249.12425.39	249.5617428	sebelah	0.882481387	0.003221874	694.636069	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	107.19	133.9875	325.48967.89	285.258513	sebelah	1.152993243	0.004209493	907.5666705	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
	Tump.Ki	128.555	160.69375	390.36594.28	317.3963599	sebelah	1.382806685	0.003795883	818.3924219	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
590-592	Lap.	86.2827	107.828375	261.94251.66	255.9016005	sebelah	0.927867958	0.00338785	730.3773806	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	101.334	126.8175	308.31485.08	277.6305327	sebelah	1.082154268	0.003987374	859.6779021	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
	Tump.Ki	131.169	163.96125	398.30353.04	315.556465	sebelah	1.410924253	0.003873068	835.033755	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
588-600	Lap.	86.190.8	110.2485	267.82161.5	258.7574226	sebelah	0.94871369	0.003463683	746.7701395	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	95.9259	119.907375	291.26547.62	269.6343479	sebelah	1.03183053	0.003767137	812.194698	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
	Tump.Ki	116.724	145.905	354.44031.2	297.6744497	sebelah	1.255546071	0.004583906	988.2900648	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
600-602	Lap.	57.1464	71.433	173.62890.45	208.2840035	sebelah	0.614697388	0.002244215	483.8526726	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	86.9859	108.732375	264.13855.22	256.9720618	sebelah	0.935667066	0.003418051	736.5006404	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ki	103.022	128.7775	312.8328.33	279.8674973	sebelah	1.138158995	0.00404581	872.2768445	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
602-604	Lap.	38.3763	47.970375	116.63222.77	170.6840852	sebelah	0.417736106	0.001507088	324.9281726	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	135.95	169.9375	412.82135.99	321.2558793	sebelah	1.462351259	0.004014238	865.4896414	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
	Tump.Ki	64.4056	80.507	195.67195.57	221.1175907	sebelah	0.692781245	0.002529293	545.31557	2	759.88	31.92773109	158.9778791
768-770	Lap.	40.6691	50.836375	123.49446.86	175.7088997	sebelah	0.437458695	0.001597129	344.3410736	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	51.2043	64.005375	155.48531.64	197.1581322	sebelah	0.550780968	0.002010881	433.541525	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ki	87.3461	109.182625	265.23233.39	257.5035601	sebelah	0.939541591	0.003430197	739.5504166	2	759.88	31.92773109	158.9778791
770-772	Lap.	40.7079	50.884875	123.61228.86	175.7926965	sebelah	0.437876049	0.001598653	344.6895892	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	51.3214	64.15175	155.84089.84	137.3834456	sebelah	0.552040558	0.002015459	434.5329986	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ki	83.1082	103.88525	252.63366.42	251.1790518	sebelah	0.893956461	0.003263769	703.6685546	2	759.88	31.92773109	158.9778791
772-774	Lap.	57.8382	72.29775	175.62960.19	208.5409279	sebelah	0.622138761	0.002271383	489.7100718	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	67.5623	84.577875	205.46114.53	226.6391103	sebelah	0.72781206	0.002657188	572.8697129	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ki	92.5672	115.709	281.08655.68	265.0879839	sebelah	0.995702548	0.003635236	783.7569316	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
774-776	Lap.	82.4953	103.119125	250.0255.19	230.2511498	sebelah	0.637363779	0.003239699	698.4791935	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	104.319	130.39875	316.77189.14	281.4123715	sebelah	1.122111224	0.004096745	893.2582097	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
	Tump.Ki	99.1617	123.952125	301.11120.15	274.3680017	sebelah	1.061636534	0.003894211	839.5918827	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
776-778	Lap.	87.5938	109.61725	266.28814.84	258.0155753	sebelah	0.943281639	0.003443851	742.4843566	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ka	87.5938	109.61725	266.28814.84	258.0155753	sebelah	0.943281639	0.003443851	742.4843566	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ki	102.538	128.1725	311.36366.46	278.9998049	sebelah	1.102953831	0.004043851	868.1786685	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
784-786	Lap.	90.2753	112.844125	243.73009.53	261.6597441	sebelah	0.97104964	0.00354523	764.3516508	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
	Tump.Ka	80.265	100.33125	253.33070.73	246.8451414	sebelah	0.863373474	0.003152113	679.5954735	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	Tump.Ki	83.4286	104.28325	253.33070.73	251.6597441	sebelah	0.897381342	0.003276273	706.3844145	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
786-788	Lap.	59.2836	74.1045	180.01865.67	212.1430276	sebelah	0.63768626	0.00328145	501.9481245	2	759.88	31.92773109	158.9778791

Tabel 4.38 Perhitungan Tulangan Balok Portal E

Data :

f_c (Mpa) 28
 f_y (Mpa) 400
 β₁ 0.85
 m 16.8067
 ρ_b 0.03034
 ρ_{maks} 0.02276
 ρ_{min} 0.0035
 R_n (Mpa) 4.11649
 p pakai 0.01138
 d (mm) 539
 d_{tul} 22
 A_{1tul} 379.94
 b 400
 h 600

Blok Atap
 b (mm) 300
 h (mm) 400
 d (mm) 339
 d_{tul} 19
 A_{1tul} 283.385

Lantai	Balok	Daerah	Mu (kN.m)	Mn (kNm)	b d ₂ perlu	d perlu	analisis	Rnbaru	pbaru	Asperlu	n	Asada	a	Mh
1	83-87	Tump. Ki	275.989	344.98625	83805924.46	457.7278789	sebelah	2.968685999	0.008149213	1756.970216	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Lap	250.278	312.8475	75998605.61	435.8858956	sebelah	2.692124666	0.007390036	1593.291732	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Tump. Kh	280.794	350.9925	85264895.18	461.6952328	sebelah	3.020371161	0.008291091	1787.559268	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
2	269-273	Tump. Ki	273.319	341.64875	82995160.93	455.5083898	sebelah	2.939966044	0.008070375	1739.972762	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Lap	246.9589	308.698625	74990738.47	432.8859653	sebelah	2.656422642	0.007292032	1572.16205	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Tump. Ka	282.545	353.18125	85796698.16	463.1325355	sebelah	3.039205858	0.008342794	1798.706288	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
3	455-459	Tump. Ki	242.257	302.82125	73582974.77	428.8443038	sebelah	2.605846479	0.007153197	1542.229341	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Lap	242.2572	302.8216	73583035.5	428.8444808	sebelah	2.605848631	0.007153203	1542.230614	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Tump. Ka	302.192	377.74	91762542.45	478.9640969	sebelah	3.250539548	0.008922917	1923.790816	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
4	341-645	Tump. Ki	230.685	288.35625	70049058.79	418.4755788	sebelah	2.481371829	0.006811507	1488.560973	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Lap	230.6848	288.356	70048998.05	413.4763973	sebelah	2.481369677	0.006811501	1488.559699	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
		Tump. Ka	335.883	419.85375	101993142.2	504.9582711	sebelah	3.612938049	0.009917721	2138.260681	5	1899.7	79.81932773	379.2487646
Atap	801-802	Tump. Ki	25.3898	31.73725	7709781.307	160.309953	sebelah	0.273106333	0.000997091	214.972817	2	566.77	23.81386555	119.4962151
		Lap	34.2491	42.811375	10399270.61	186.1886041	sebelah	0.368401725	0.001345007	289.983596	2	566.77	23.81386555	119.4962151
		Tump. Ka	63.3549	79.193625	19238143.42	253.23338	sebelah	0.681479351	0.002488031	536.4194015	2	566.77	23.81386555	119.4962151

Tabel 4.39 Perhitungan Tulangan Balok Portal H

Data :
 fc (Mpa) 28
 fy (Mpa) 400
 β1 0.85
 m 16.8067
 pb 0.03034
 priaks 0.02276
 pmin 0.0035
 Rn (Mpa) 4.11649
 p pakai 0.01138
 d (mm) 539
 qtul 22
 A tul 379.94
 b 400
 h 600

Blk. Atap :

b (mm) 300
 h (mm) 400
 d (mm) 339
 qtul 19
 A tul 283.385

Lantai	Balok	Daerah	Mu (Nm)	Mn (kNm)	b d2 perlu	d perlu	analisis	ξnbaru	pbaru	λperlu	n	Asada	a	Mn
1	17 - 49	Tump.Ki	175.3331	219.166375	5324.108639	364.8321286	sebelah	1.985977046	0.005177115	1116.185915	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
		Lap	50.9969	62.621125	1521.226215	195.0145004	sebelah	0.538669178	0.001967371	424.1652835	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	49 - 51	Tump.Ka	178.0756	222.5945	5407.385604	567.6746491	sebelah	1.91547685	0.005258093	1133.644911	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
		Tump.Ki	178.0756	222.5945	5407.385604	367.6746491	sebelah	1.91547685	0.005258093	1133.644911	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
		Lap	41.7075	52.134375	12664764.16	177.9378397	sebelah	0.448628283	0.001637909	353.1330993	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Tump.l.a	205.8701	257.337625	62513846.75	385.3284924	sebelah	2.214449429	0.00607879	1310.58714	4	1519.76	63.85546218	308.2512606
2	233-235	Tump.Ki	165.6041	207.005125	50286803.81	354.5659462	sebelah	1.781326684	0.004889843	1054.250247	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
		Lap	50.2362	62.79525	15254561.53	195.2864419	sebelah	0.540367564	0.001972842	425.3447222	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	235-237	Tump.Ka	196.2331	245.291375	59587506.59	335.9647218	sebelah	2.110786678	0.005794235	1249.237151	4	1519.76	63.85546218	308.2512606
		Tump.Ki	196.2331	245.291375	59587506.59	385.9647218	sebelah	2.110786678	0.005794235	1249.237151	4	1519.76	63.85546218	308.2512606
		Lap	39.5106	49.38825	11997660.63	173.188197	sebelah	0.424997246	0.001551633	334.5321736	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Tump.l.a	198.8007	248.250875	60306444.33	388.2861198	sebelah	2.136255856	0.005864144	1264.309501	4	1519.76	63.85546218	308.2512606
3	419-421	Tump.Ki	133.3757	166.719625	40500432.41	367.4254229	sebelah	1.434660704	0.003938226	849.0814215	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
		Lap	46.6312	58.539125	14220640.64	217.7203148	sebelah	0.50374265	0.001839127	396.5157852	2	759.88	31.92773109	158.9778791
	421-423	Tump.Ka	158.7247	198.405875	48197827.52	400.8234338	sebelah	1.707326171	0.004866713	1010.455382	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
		Tump.Ki	158.7247	198.405875	48197827.52	317.1232781	sebelah	1.707326171	0.004866713	1010.455382	3	1139.82	47.89159664	234.8276321
		Lap	37.6681	47.085125	11436173.06	169.101841	sebelah	0.405178326	0.001479276	318.9319162	2	759.88	31.92773109	158.9778791
		Tump.Ka	157.168	196.46	47725125.05	315.4186679	sebelah	1.690583469	0.004640748	1000.545293	3	1139.82	47.89159664	234.8276321

4	605-607	Tump.Ki	71,3203	89,150375	2,1656890,94	232,6848241	sebelah	0,767159474	0,002105697	454,0312944	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Lap.	42,7125	53,390625	12969939,2	180,069009	sebelah	0,459438603	0,001677376	361,6423306	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Tump.Ka	110,1877	137,734625	33459239,55	289,2198106	sebelah	1,185238115	0,003253546	701,4645768	2	759,88	31,92773109	158,9778791
Atap	607-609	Tump.Ki	110,1877	137,734625	33459239,55	289,2198106	sebelah	1,185238115	0,003253546	701,4645768	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Lap.	35,7515	44,689375	10856184,52	164,7436229	sebelah	0,364562347	0,001404009	302,7042618	2	759,88	31,92773109	158,9778791
		Tump.Ka	100,757	125,94625	30595543,78	276,5661936	sebelah	1,063796438	0,002975083	641,4279122	2	759,88	31,92773109	158,9778791
Atap	791-792	Tump.Ki	11,5866	14,45825	3512276,235	93,70233917	sebelah	0,124416565	0,000454236	97,9332088	2	566,77	23,81386555	119,4962151
		Lap.	3,2021	4,002625	972339,2988	40,3036332	sebelah	0,034443508	0,000125751	27,11185032	2	566,77	23,81386555	119,4962151
		Tump.Ka	20,1764	25,2205	6126700,174	123,7608599	sebelah	0,217028201	0,000792354	170,8314971	2	566,77	23,81386555	119,4962151
Atap	792-794	Tump.Ki	6,4217	8,027125	1949692,591	69,82106757	sebelah	0,369075256	0,000252189	54,37187133	2	566,77	23,81386555	119,4962151
		Lap.	4,5499	5,687375	1381607,875	58,77090851	sebelah	0,0,8941169	0,000178681	38,52353396	2	566,77	23,81386555	119,4962151
		Tump.Ka	47,9553	59,944125	14561950,84	190,8006213	sebelah	0,515332978	0,001883268	406,0325772	2	566,77	23,81386555	119,4962151

Tabel 4.40 Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok Portal 4

Lantai	Tump. Kiri Terpasang						M nak, b				
	Atas			Bawah			M nak -	M nak +			
	n	As	n	As'							
1	5	1899,7	3	1139,82	374,39	2.02074589	34,99399057	173,7349661	206,2755292	380,0104953	234,8276468
2	6	2279,64	3	1139,82	49,592	2.02074589	89,84559313	422,5990774	206,2755292	628,8746066	234,8276468
3	5	1899,7	3	1139,82	374,39	2.02074589	34,99399057	173,7349661	206,2755292	380,0104953	234,8276468
4	5	1899,7	3	1139,82	374,39	2.02074589	34,99399057	173,7349661	206,2755292	380,0104953	234,8276468
Atap	2	567,7	2	567,7	400	2.12810271	0	0	63,12824	63,12824	73,36910762

Lantai	Tump. Kanan Terpasang						M nak, b				
	Atas			Bawah			M nak -	M nak +			
	n	As	n	As'							
1	5	1899,7	3	1139,82	374,39	2.02074589	34,99399057	173,7349661	206,2755292	380,0104953	234,8276468
2	5	1899,7	3	1139,82	374,39	2.02074589	34,99399057	173,7349661	206,2755292	380,0104953	234,8276468
3	5	1899,7	3	1139,82	374,39	2.02074589	34,99399057	173,7349661	206,2755292	380,0104953	234,8276468
4	4	1519,76	2	739,88	374,39	1,36804126	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	159,9778957
Atap	2	567,7	2	567,7	400	2.12810271	0	0	63,12824	63,12824	73,36910762

Tabel 4.41 Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok Portal 5

Lantai	Tump. Kiri Terpasang						v	d	ρ	p'	fs'	fs pakai	Rn	a	Mn1	Mn2	M nak. b	
	Atas		Bawah		n	As'											M nak -	M nak +
	n	As	n	As'														
1	6	2279,64	3	1139,82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49,59204085	49,592	49,592	2,02074589	89,84559313	422,5990774	27,01940574	449,6184832	234,8276468	
2	6	2279,64	3	1139,82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49,59204085	49,592	49,592	2,02074589	89,84559313	422,5990774	27,01940574	449,6184832	234,8276468	
3	6	2279,64	3	1139,82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49,59204085	49,592	49,592	2,02074589	89,84559313	422,5990774	27,01940574	449,6184832	234,8276468	
4	6	2279,64	3	1139,82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49,59204085	49,592	49,592	2,02074589	89,84559313	422,5990774	27,01940574	449,6184832	234,8276468	
Atap	2	567,7	2	567,7	370	339	0,005582104	0,005582104	600	400	400	2,12810271	0	0	63,12824	63,12824	73,36910762	

Lantai	Tump. Kanan Terpasang						b	d	ρ	p'	fs'	fs pakai	Rn	a	Mn1	Mn2	M nak. b	
	Atas		Bawah		n	As'											M nak -	M nak +
	n	As	n	As'														
1	5	1899,7	3	1139,82	400	539	0,008811224	0,005286735	-374,3880613	374,39	374,39	2,02074589	34,99399057	173,7349661	203,9803863	377,7153524	234,8276468	
2	5	1899,7	3	1139,82	400	539	0,008811224	0,005286735	-374,3880613	374,39	374,39	2,02074589	34,99399057	173,7349661	203,9803863	377,7153524	234,8276468	
3	5	1899,7	3	1139,82	400	539	0,008811224	0,005286735	-374,3880613	374,39	374,39	2,02074589	34,99399057	173,7349661	203,9803863	377,7153524	234,8276468	
4	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	374,39	1,36804126	33,97190408	168,8258823	135,9869742	304,8128065	158,9778857	
Atap	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	400	2,12810271	0	0	63,12824	63,12824	73,36910762	

Tabel 4.42 Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok Portal 10

Lantai	Tump. Kiri Terpasang						Mn2	M nak b								
	Atas		Bawah		d	p		p'	fs'	fs pakai	Rh	a	Mn1	M nak -	M nak +	
	n	As	n	As'												
1	6	2279.64	3	1139.82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49.59204085	49.592	2.02074589	89.84559313	422.5990774	27.01940574	449.6184832	234.8276468
2	6	2279.64	3	1139.82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49.59204085	49.592	2.02074589	89.84559313	422.5990774	27.01940574	449.6184832	234.8276468
3	6	2279.64	3	1139.82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49.59204085	49.592	2.02074589	89.84559313	422.5990774	27.01940574	449.6184832	234.8276468
4	6	2279.64	3	1139.82	400	539	0,010573469	0,005286735	-49.59204085	49.592	2.02074589	89.84559313	422.5990774	27.01940574	449.6184832	234.8276468
Atap	2	567.7	2	567.7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2.12810271	0	0	63.5824	63.5824	73.36910762

Lantai	Tump. Kanan Terpasang						Mn2	M nak b								
	Atas		Bawah		d	p		p'	fs'	fs pakai	Rh	a	Mn1	M nak -	M nak +	
	n	As	n	As'												
1	5	1899.7	3	1139.82	400	539	0,008811224	0,005286735	-374.3880613	374.39	2.02074589	34.99399057	173.7349661	206.2755292	360.0104953	234.8276468
2	5	1899.7	3	1139.82	400	539	0,008811224	0,005286735	-374.3880613	374.39	2.02074589	34.99399057	173.7349661	206.2755292	360.0104953	234.8276468
3	5	1899.7	3	1139.82	400	539	0,008811224	0,005286735	-374.3880613	374.39	2.02074589	34.99399057	173.7349661	206.2755292	360.0104953	234.8276468
4	5	1899.7	2	1139.82	400	539	0,008811224	0,005286735	-374.3880613	374.39	2.02074589	34.99399057	173.7349661	206.2755292	360.0104953	234.8276468
Atap	2	567.7	2	567.7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2.12810271	0	0	63.5824	63.5824	73.36910762

Tabel 4.43 Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok Portal 12

Lantai	Balok	Tump. Kiri Terpasang						Rn	a	Mn1	Mn2	M nak, b					
		Atas			Bawah							M nak -	M nak +				
		n	As	n	As'												
1	140-186	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	1,368041258	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
	186-232	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	1,368041258	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
2	326-372	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	374,3880613	374,39	1,368041258	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
	372-418	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	1,368041258	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
3	512-558	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,96386655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
	558-604	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,96386655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
4	688-744	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	744-790	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
Atap	826-828	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,69594	63,69594	73,36910762
	828-840	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,69594	63,69594	73,36910762

Lantai	Balok	Tump. Kanan Terpasang						Rn	a	Mn1	Mn2	M nak, b					
		Atas			Bawah							M nak -	M nak +				
		n	As	n	As'												
1	140-186	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,96386655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
	186-232	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,96386655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
2	326-372	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	372-418	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,96386655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
3	512-558	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	558-604	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
4	688-744	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	744-790	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
Atap	826-828	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,12824	63,12824	73,36910762
	828-840	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,12824	63,12824	73,36910762

Tabel 4.44 Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok Portal D

Lantai	Tump. Terpasang						Rn	a	Mn1	Mn2	M nak. b					
	Atas			Bawah							fs pakai	fs'	p	p'	M nak. -	M nak. +
	n	As	n	As	n	As'										
1	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3680613	374,39	1,368041258	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
2	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3680613	374,39	1,368041258	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
3	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3680613	374,39	1,368041258	33,97190408	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
4	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3680613	374,39	1,368041258	33,97190,08	168,8258823	206,2755292	375,1014115	158,9778857
Atap	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,12824	63,12824	73,36910762

Tabel 4.45 Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok Portal E

Lantai	Tump. Terpasang						Rn	a	Mn1	Mn2	M nak. b					
	Atas			Bawah							fs pakai	fs'	p	p'	M nak. -	M nak. +
	n	As	n	As'												
1	5	1899,7	3	1140,4	400	539	0,008811224	0,005289425	-375,1323588	375,13	2,021726322	34,48962563	171,313743	206,2755292	377,5892722	234,9415811
2	5	1899,7	3	1140,4	400	539	0,008811224	0,005289425	-375,1323588	375,13	2,021726322	34,48962563	171,313743	206,2755292	377,5892722	234,9415811
3	5	1899,7	3	1140,4	400	539	0,008811224	0,005289425	-375,1323588	375,13	2,021726322	34,48962563	171,313743	206,2755292	377,5892722	234,9415811
4	5	1899,7	3	1140,4	400	539	0,008811224	0,005289425	-375,1323588	375,13	2,021726322	34,48962563	171,313743	206,2755292	377,5892722	234,9415811
Atap	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,46886	63,46886	73,36910762

Tabel 4.46 Perhitungan Momen Nominal Aktual Balok Portal H

Lantai	Balok	Tump. Kiri Terpasang						Rn	a	Mn1	Mn2	M nak. b					
		Atas			Bawah							M nak. -	M nak. +				
		n	As	n	n	As'	n										
1	17-49	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
	49-51	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
	233-235	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
2	235-237	4	519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	1,368041258	33,9719041	168,8258823	135,9869242	304,8128065	158,9778857
	419-421	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
	421-423	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
4	605-607	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	607-609	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	781-782	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,669594	63,669594	73,36910762
Atap	782-794	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,669594	63,669594	73,36910762

Lantai	Balok	Tump. Kanan Terpasang						Rn	a	Mn1	Mn2	M nak. b					
		Atas			Bawah							M nak. -	M nak. +				
		n	As	n	n	As'	n										
1	17-49	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
	49-51	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	1,368041258	33,9719041	168,8258823	135,9869242	304,8128065	158,9778857
	233-235	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	1,368041258	33,9719041	168,8258823	135,9869242	304,8128065	158,9778857
2	235-237	4	1519,76	2	759,88	400	539	0,00704898	0,00352449	-374,3880613	374,39	1,368041258	33,9719041	168,8258823	135,9869242	304,8128065	158,9778857
	419-421	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
	421-423	3	1139,82	2	759,88	400	539	0,005286735	0,00352449	-1348,776123	400	1,368041258	15,9638655	80,70200178	145,289056	225,9910578	158,9778857
4	605-607	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	607-609	2	759,88	2	759,88	400	539	0,00352449	0,00352449	600	400	1,368041258	0	0	145,289056	145,289056	158,9778857
	781-782	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,66886	63,66886	73,36910762
Atap	782-794	2	567,7	2	567,7	300	339	0,005582104	0,005582104	600	400	2,128102715	0	0	63,66886	63,66886	73,36910762

Tabel 4.47 Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 4

Data :	b	400 mm
	h	600 mm
	d	538 mm
	f_y	240 Mpa
	ϕ_{tul}	10 mm
	L_n	7,4 m

Atap:	b	300
	h	400
	d	339

Pada Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b pakai	Vs	s	d/4	s pakai
1	124-216	144,1957	37,5788	38,8158	380,0105	234,8276	72,70045101	190,863225	263,563676	118,162774	252,9729887	421,6216478	48,17001	134,75	P10-40
2	310-402	144,9463	37,8579	37,8893	628,8747	234,8276	102,1269611	191,94441	294,0713711	89,81744885	279,1939571	465,3232618	43,84604	134,75	P10-40
3	496-588	145,412	38,0197	28,5672	380,0105	234,8276	72,70045101	162,603285	265,303736	119,902834	254,7130487	424,5217478	47,84084	134,75	P10-40
4	682-774	147,0893	38,3136	17,6522	380,0105	158,9779	63,73173649	194,673045	258,4047815	130,9413085	248,1206177	415,2010295	48,91491	134,75	P10-40
Atap	818-832	22,0918	0,5106	3,2359	100,7155	73,3691	20,5843277	23,73252	44,3168477	3,148192297	41,31821186	68,86368643	185,4899	84,75	P10-80

Luar Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b	Vu,b pakai	Vs	s	d/2	s pakai
1	124-216	144,1957	37,5788	36,8158	380,0105	158,9779	63,73173649	190,863225	254,5949615	127,1314885	252,9729887	250,9838903	228,1855	89,012236	269,5	P10-80
2	310-402	144,9463	37,8579	37,8893	380,0105	158,9779	63,73173649	191,94441	255,6761465	128,2126735	279,1939571	308,0349085	323,2505	62,829042	269,5	P10-60
3	496-588	145,412	38,0197	28,5672	375,1014	158,9779	63,15126858	192,603285	255,7545536	129,4520164	254,7130487	253,4358043	232,252	87,446047	269,5	P10-80
4	682-774	147,0893	38,3136	17,6522	380,0105	158,9779	63,73173649	194,673045	258,4047815	130,9413085	249,1206177	237,7950291	206,084	98,549694	269,5	P10-90
Atap	818-832	22,0918	0,5106	3,2359	100,7155	73,3691	20,5843277	23,73252	44,3168477	3,148192297	41,31821186	33,70220754	-33,52065	-381,0642	169,5	P10-160

Tabel 4.48 Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 5

Data :
 i b 400 mm
 h 600 mm
 d 539 mm
 fy 240 Mpa
 Øtul 10 mm
 Ln 7.4 m

Atap:
 b 300
 h 400
 d 339

Pada Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu.b	1,05Vg-H1	Vu.b pakai	Vs	s	d/4	s pakai
1	126-218	124,8933	41,5179	45,7001	449,6185	234,8276	80,93112669	174,73176	255,6628867	93,80063331	243,8731901	406,4553169	48,96741132	134,75	P10-40
2	312-404	126,365	42,0157	45,9313	449,6185	234,8276	80,93112669	176,799735	257,7308617	95,86860831	245,9411651	409,9019419	49,54726466	134,75	P10-40
3	498-590	127,9315	42,4224	35,1786	449,6185	234,8276	80,93112669	178,871595	259,8027217	97,94046831	248,0130251	413,3550419	49,13335497	134,75	P10-40
4	634-776	131,4238	43,0643	21,869	449,6185	158,9779	71,96241216	183,212505	255,1749172	111,2500928	244,6917441	407,8195736	49,80025804	134,75	P10-40
Atap	819-833	24,2024	0,8471	4,098	100,7155	73,3691	20,5843277	26,301975	46,8863027	5,717647257	43,88766666	73,14611143	174,6301981	84,75	P10-80

Luar Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu.b	1,05Vg-H1	Vu.b pakai	Vs	s	d/2	s pakai
1	126-218	124,8933	41,5179	45,7001	380,0105	158,9779	63,73173649	174,73176	238,4634965	111,0000235	243,8731901	227,3712355	89,323172	269,5	P10-80
2	312-404	126,365	42,0157	45,9313	380,0105	158,9779	63,73173649	176,799735	240,5314715	113,0679985	245,9411651	252,5753163	87,989378	269,5	P10-80
3	498-590	127,9315	42,4224	35,1786	375,1014	158,9779	63,15126858	178,871595	242,0228636	115,7203264	248,0130251	255,3590303	86,255809	269,5	P10-80
4	634-776	131,4238	43,0643	21,869	380,0105	158,9779	63,73173649	183,212505	246,9442415	119,4807685	244,6917441	241,9294051	85,316442	269,5	P10-90
Atap	819-833	24,2024	0,8471	4,098	100,7155	73,3691	20,5843277	26,301975	46,8863027	5,717647297	43,88766666	36,27166254	-29,2382291	169,5	P10-160

Tabel 4.49 Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 10

Data :

b	400 mm
h	600 mm
d	539 mm
fy	240 Mpa
Øtul	10 mm
Ln	7,4 m

Atap:

b	300
h	400
d	339

Pada Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b pakai	Vs	s	d/4	s pakai
1	136-228	149,3878	39,272	48,7053	449,6185	234,8276	80,93112669	198,092895	279,0240217	117,1617683	267,2343251	445,3905419	45,596352	134,75	P10-40
2	322-414	150,8329	39,777	48,9415	449,6185	234,8276	80,93112669	200,140395	281,0715217	119,2092663	269,2818251	448,8030419	45,252634	134,75	P10-40
3	508-600	151,7955	40,0439	37,4492	449,6185	234,8276	80,93112669	201,43137	282,3624667	120,5002433	270,5728001	450,9546669	45,036722	134,75	P10-40
4	694-786	154,141	40,4585	23,2963	449,6185	234,8276	80,93112669	204,329475	285,2606017	123,3983483	273,4709051	455,7848419	44,556448	134,75	P10-40
Atap	824-838	23,5595	0,828	4,3197	63,5824	73,3691	16,19358953	25,806875	41,80046453	9,413285473	39,44145243	85,73575405	194,31617	84,75	P10-80

Luar Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b	Vu,b pakai	Vs	s	d/2	s pakai
1	136-228	149,3879	39,272	48,7053	449,6185	234,8276	80,93112669	198,092895	279,0240217	117,1617683	267,2343251	252,7760887	231,15248	87,862003	269,5	P10-80
2	322-414	150,8329	39,777	48,9415	449,6185	231,8276	80,93112669	200,140395	281,0715217	119,2092663	269,2818251	254,8235887	234,56498	86,583768	269,5	P10-80
3	508-600	151,7955	40,0439	37,4492	449,6185	234,8276	80,93112669	201,43137	282,3624667	120,5002433	270,5728001	256,1145637	236,71681	85,786768	269,5	P10-80
4	694-786	154,141	40,4585	23,2963	449,6185	234,8276	80,93112669	204,329475	285,2606017	123,3983483	273,4709051	259,0126887	241,54678	84,081104	269,5	P10-80
Atap	824-838	23,5595	0,828	4,3197	63,5824	73,3691	16,19358953	25,806875	41,80046453	9,413285473	39,44145243	33,44697923	-33,94103	-376,3444	169,5	P10-160

Tabel 4.50 Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal 12

Data :
 b 400 mm
 h 600 mm
 d 539 mm
 fy 240 Mpa
 Øtul 10 mm
 Ln 3,4

Atap:
 b 300
 h 400
 d 339

Pada Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b pakai	Vs	s	d/4	s pakai
1	140-186	51,7963	9,2057	105,972	375,1014	158,9779	137,4468787	64,0521	201,4989787	-73,39477868	181,4763118	302,4605196	87,1476728	134,75	P10-60
	186-232	56,3663	10,1373	112,1113	375,1014	158,9779	137,4468787	69,82878	207,2756587	-67,61809868	187,2529918	312,0683196	65,0761939	134,75	P10-60
	326-372	54,3951	9,9565	100,66	375,1014	158,9779	137,4468787	67,56918	205,0160587	-69,87769868	184,9933918	308,3223196	65,8710664	134,75	P10-60
2	372-418	57,535	10,5591	108,1165	375,1014	158,9779	137,4468787	71,498805	208,9458837	-65,94807368	188,9230168	314,8716946	64,5006391	134,75	P10-60
	512-558	54,322	9,7839	73,5293	225,9911	158,9779	99,07290441	67,311195	166,3640994	-31,76170941	151,9515871	253,2526452	80,1947004	134,75	P10-80
	558-604	56,9629	10,2352	80,9265	225,9911	158,9779	99,07290441	70,559005	169,6309094	-28,51489941	155,1933971	258,6639952	78,5169965	134,75	P10-70
4	698-744	52,1001	8,7796	39,3393	145,2891	158,9779	78,30400735	63,923685	142,2276924	-14,38032235	130,9207032	218,0345053	93,1481922	134,75	P10-80
	744-790	56,8123	9,6536	45,6137	145,2891	158,9779	78,30400735	69,789195	148,0932024	-8,514812353	136,9862132	227,8103553	89,1509957	134,75	P10-80
	828-828	10,7077	1,1484	7,2577	63,4689	73,3691	35,21566176	12,448905	47,66456676	-22,76675676	42,53450144	70,89083574	286,490063	84,75	P10-80
Atap	828-840	8,8185	0,7221	8,4567	63,4689	73,3691	35,21566176	10,01763	45,23329176	-25,19803176	40,10322644	66,83871074	303,858644	84,75	P10-80

Luar Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05 Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b	Vu,b pakai	Vs	s	d/2	s pakai
1	140-186	51,7963	9,2057	105,972	225,9911	158,9779	99,07290441	64,0521	163,1250044	-35,02080441	181,4763118	203,9813473	149,827912	135,55231	269,5	P10-130
	186-232	56,3663	10,1373	112,1113	375,1014	158,9779	137,4468787	69,82878	207,2756587	-67,61809868	187,2529918	162,6892926	81,022821	250,66419	269,5	P10-250
	326-372	54,3951	9,9565	100,66	375,1014	158,9779	137,4468787	67,56918	205,0160587	-69,87769868	184,9933918	160,4386926	77,256821	262,8832	269,5	P10-260
2	372-418	57,535	10,5591	108,1165	375,1014	158,9779	137,4468787	71,498805	208,9458837	-65,94807368	188,9230168	164,3683176	83,806198	242,33912	269,5	P10-240
	512-558	54,322	9,7839	73,5293	225,9911	158,9779	99,07290441	67,311195	166,3640994	-31,76170941	151,9515871	134,2523466	33,612911	604,21782	269,5	P10-260
	558-604	56,9629	10,2352	80,9265	225,9911	158,9779	99,07290441	70,559005	169,6309094	-28,51489941	155,1933971	137,4891566	39,024261	520,43317	269,5	P10-250
4	698-744	52,1001	8,7796	39,3393	145,2891	158,9779	78,30400735	63,923685	142,2276924	-14,38032235	130,9207032	116,8317991	4,57866346	4435,6874	269,5	P10-250
	744-790	56,8123	9,6536	45,6137	145,2891	158,9779	78,30400735	69,789195	148,0932024	-8,514812353	136,9862132	122,6973081	14,3545135	12645	269,5	P10-260
	828-828	10,7077	1,1484	7,2577	63,4689	73,3691	35,21566176	12,448905	47,66456676	-22,76675676	42,53450144	36,24327106	-29,285548	-693,4997	169,5	P10-160
Atap	828-840	8,8185	0,7221	8,4567	63,4689	73,3691	35,21566176	10,01763	45,23329176	-25,19803176	40,10322644	33,81199606	-33,337673	-609,2063	169,5	P10-160

Tabel 4.5i Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal A

Data :
 b 400 mm
 h 800 mm
 d 539 mm
 fy 240 Mpa
 Øtul 10 mm

Pada Sendi Plastis

Li	Balok	VD	VL	VE	Mnak.	Mnak+	Ln	H1	1.05 Vg	Vu,b	1.05Vg-H1	Vu,b pakai	Vs	s	d/4	s pakai
1	210-212	49,2017	7,7967	86,4381	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	59,34832	158,9212244	-39,22459441	144,4887121	240,8145202	84,33677	134,75	P10-80
	212-214	46,9561	7,3116	79,8411	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	56,981085	156,0539894	-42,09181941	141,6214771	236,0357952	86,04424	134,75	P10-80
	214-215	56,1026	8,3634	56,0282	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	67,6893	144,2456352	-8,667035227	133,0932394	221,8220656	91,55771	134,75	P10-80
	216-218	67,5908	10,4701	42,2372	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	81,963945	158,5202802	5,407609773	147,3679844	245,6131406	82,68906	134,75	P10-80
	218-220	66,0381	10,2316	42,8185	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	80,083185	142,4624211	17,703948689	133,3752837	222,2921398	91,38409	134,75	P10-80
	226-228	65,7182	10,187	42,9402	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	79,70046	142,0796961	17,32122389	132,9925587	221,6542646	91,62702	134,75	P10-80
	228-230	55,3106	8,0338	57,0831	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	66,51162	143,0679552	-10,04471523	131,9155594	219,8592656	92,37509	134,75	P10-80
	230-232	42,9087	6,0845	95,2592	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	51,42291	155,4958144	-47,64999441	136,0633021	226,7721702	89,55914	134,75	P10-80
	398-398	47,7649	7,3013	76,6959	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	57,81951	156,8924144	-41,253339441	142,4589021	237,4331702	85,53784	134,75	P10-80
	398-400	48,1396	7,5399	76,3422	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	58,463475	157,5363794	-40,60942941	143,1038671	238,5064452	85,15292	134,75	P10-80
2	400-402	55,41	8,3715	52,9651	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	66,970575	143,5269102	-9,585760227	132,3745144	220,6241906	92,05482	134,75	P10-80
	402-404	67,8156	10,4467	39,5793	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	82,175415	158,7317502	5,619079773	147,5793544	245,9655906	82,57057	134,75	P10-80
	404-406	64,0739	9,2577	39,9161	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	76,99818	139,3774161	14,61894389	130,2902787	217,1504646	93,52741	134,75	P10-80
	412-414	65,2956	10,14	39,9846	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	79,20738	141,5866161	16,82814389	132,4994787	220,8324646	91,968	134,75	P10-80
	414-416	56,2944	8,1461	54,0939	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	67,682525	144,2188602	-8,893810227	133,0664644	221,7774406	91,57613	134,75	P10-80
	416-418	45,8926	6,7927	86,2287	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	55,319565	151,3924694	-43,75333941	139,9599571	233,2665952	87,0657	134,75	P10-80
	582-584	46,6197	6,8974	52,9539	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	56,192955	152,2658594	-42,87994941	140,8333471	234,7222452	86,52576	134,75	P10-80
	584-586	49,6059	7,8929	56,4778	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	60,37374	159,4486444	-38,69916441	145,0141321	241,6902202	84,0312	134,75	P10-80
	586-588	54,7764	8,2968	39,2716	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	66,22686	142,7831952	-10,32947523	131,6307964	219,3846656	92,57493	134,75	P10-80
	588-590	67,8	10,3768	29,3496	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	82,08564	158,6419752	5,520304773	147,4895794	245,8159656	82,62083	134,75	P10-80
3	590-592	65,4715	10,1958	29,4247	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	79,450665	141,8299011	17,07142889	132,7427637	221,2379396	91,79944	134,75	P10-80
	598-600	65,4755	9,6637	29,4701	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	78,89616	141,2753961	16,51692389	132,1862587	220,3137646	92,18453	134,75	P10-80
	600-602	56,4077	8,054	40,1251	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	67,684785	144,2411202	-8,871550227	133,0887244	221,8145406	91,56081	134,75	P10-80
	602-604	47,0152	6,9936	61,9633	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	56,70924	155,7821444	-42,36366441	141,3496321	235,5827202	86,20972	134,75	P10-80
	768-770	47,1767	6,8224	25,0358	225,9911	158,9779	3,4	99,07290441	56,699055	155,7719594	-42,37394941	141,3394471	235,5657452	86,21593	134,75	P10-80
	770-772	50,6262	8,2523	31,6662	145,2891	158,9779	3,4	78,30400735	61,822425	140,1264324	-16,48158235	128,7194432	214,5324053	94,66877	134,75	P10-90

772-774	54,4774	8,1912	21,7945	145,2891	158,9779	4,4	60,50764205	65,80203	126,309672	5,294387955	117,4951804	195,8259007	103,7'24	134,75	P10-90
774-776	67,7525	10,2714	16,2483	225,9911	158,9779	4,4	76,55633523	81,925005	156,4814302	5,368759773	147,3290344	245,5463906	82,71087	134,75	P10-80
776-778	64,9473	10,0348	16,1391	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	78,731205	141,1104411	16,351966889	132,0233037	220,0386396	92,29971	134,75	P10-90
781-786	66,4858	9,8557	16,2089	225,9911	158,9779	5,4	62,37923611	80,158575	142,5378111	17,77933089	133,4566737	222,4177896	91,31248	134,75	P10-90
786-788	55,5275	7,7704	22,1311	145,2891	158,9779	4,4	60,50764205	66,482795	126,970437	5,955152955	118,1559454	196,8265757	103,1324	134,75	P10-90
788-790	45,2086	6,549	30,0825	145,2891	158,9779	3,4	78,30400735	54,34548	132,6494874	-23,95852735	121,2424982	202,0706303	100,5069	134,75	P10-90
829-830	6,3529	0,4146	3,8779	63,4689	73,3691	3,4	35,21566176	7,106085	42,32174676	-28,10957876	37,19188144	61,94943574	206,0706	84,75	P10-80
830-831	6,3015	0,2738	6,2174	63,4689	73,3691	3,4	35,21566176	6,904065	42,11972876	-28,31159876	38,98966144	61,64943574	207,1981	84,75	P10-80
831-832	22,3527	0,0032	4,1839	63,4689	73,3691	4,4	27,21210227	23,473695	50,68579727	-3,738407273	46,72165589	77,86942648	164,0377	84,75	P10-80
832-833	20,7276	0,0015	2,9761	63,4689	73,3691	4,4	27,21210227	21,765765	48,97786727	-5,446337273	45,01372589	75,02287648	170,2617	84,75	P10-80
833-834	20,3613	0,05	2,9084	63,4689	73,3691	5,4	22,17282407	21,431865	43,60468907	-0,740959074	40,37464795	67,29107991	189,8249	84,75	P10-80
837-838	20,6376	0,0547	2,9852	63,4689	73,3691	5,4	22,17282407	21,726915	43,89973907	-0,445909074	40,66969795	67,78283981	188,4477	84,75	P10-80
838-839	19,2811	0,2343	4,1387	63,4689	73,3691	4,4	27,21210227	20,49117	47,70327227	-6,720932273	43,73913089	72,89655148	175,2232	84,75	P10-80
839-840	7,8155	0,8698	4,2186	63,4689	73,3691	3,4	35,21566176	9,119565	44,33522676	-26,09609676	39,20516144	65,34193574	195,4873	84,75	P10-80

Atap

Luar Senci Plastik

LT	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05.Vg	Vu.b	1,05Vg-H1	Vu.b	Vu.b pakai	Vs	s	d/2	s pakai
1	210-212	49,2017	7,7967	86,4381	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	59,84832	105,36930031	144,4887121	192,4638334	130,6321	155,4712	269,5	P10-150
	212-214	46,9561	7,3116	79,8411	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	56,981085	102,5010681	141,6214771	189,5965984	125,8533	181,3745	269,5	P10-160
	214-216	56,1026	8,3634	56,0282	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	67,6883	113,2092831	133,0932394	157,4778314	72,32205	280,8206	269,5	P10-260
	216-218	67,5908	10,4701	42,2372	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	81,963945	127,4839281	147,3678844	171,7524764	96,11313	211,3085	269,5	P10-200
	218-220	66,0381	10,2316	42,8185	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	83,083185	125,6031681	133,3752837	142,9065795	48,03663	422,7923	269,5	P10-260
	226-228	65,7182	10,187	42,9402	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	79,70046	125,2204431	134,18047689	142,5238545	47,39876	428,4821	269,5	P10-260
	228-230	55,3106	8,0338	57,0881	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	68,51162	112,0316031	131,9155594	156,3001514	70,35925	288,6546	269,5	P10-260
	230-232	42,9097	6,0845	95,2592	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	51,42291	96,94288311	136,0633021	184,0384234	116,5897	174,1965	269,5	P10-160
	396-398	47,7649	7,3013	76,6959	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	57,81951	103,3394931	142,45998021	190,4950234	127,2507	159,6024	269,5	P10-150
	398-400	48,1396	7,5399	76,3422	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	58,463475	103,9834581	143,1038671	191,0789884	128,324	158,2675	269,5	P10-150
	400-402	55,41	8,3715	52,9651	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	66,970575	112,4905581	132,3745144	156,7591064	71,12418	285,5502	269,5	P10-260
	402-404	67,8156	10,4467	39,5793	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	82,175415	121,6953981	147,5793544	171,9639484	96,46558	210,5364	269,5	P10-200
	404-406	64,0739	9,2577	39,9161	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	76,99878	122,5181631	130,2902787	139,8215745	42,89496	473,471	269,5	P10-260
	412-414	65,2956	10,14	39,9846	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	79,20738	124,7273631	132,4994787	142,0307745	46,57696	436,0422	269,5	P10-260
	414-416	56,2944	8,1461	54,0939	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	67,682525	113,1825081	133,0664644	157,4510564	72,27743	280,994	269,5	P10-260
	413-418	45,8926	6,7927	86,2287	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	55,319565	100,8395481	139,9599571	187,9350784	123,0841	165,0052	269,5	P10-160
	582-584	46,6197	6,8974	52,9539	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	56,192955	101,7129381	140,8333471	188,8084684	124,5398	163,0786	269,5	P10-160
	584-586	49,6059	7,8929	56,4778	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	60,37374	105,8937231	145,0141321	192,9892534	131,5078	154,4359	269,5	P10-150

2

586-588	54,7764	3,2968	39,2716	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	66,22686	11,7468431	20,70687689	131,6307994	156,0153914	69,89485	290,6149	269,5	P10-260
588-590	67,8	10,3768	29,3496	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	82,08564	127,6056231	36,56656569	147,4895794	171,8741714	96,31595	210,8635	269,5	P10-200
590-592	65,4715	10,1958	29,4247	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	79,450665	124,9706481	33,93069189	132,7427637	142,2740595	48,98243	432,279	269,5	P10-260
598-600	65,4755	9,6637	29,4731	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	78,89616	124,4161431	33,37617689	132,1862587	141,7195545	46,05826	440,9529	269,5	P10-260
600-602	56,4077	8,054	40,1261	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	67,684785	111,2047681	22,16480189	139,0887244	157,4733164	72,31453	280,8498	269,5	P10-260
602-604	47,0152	6,9936	61,9633	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	56,70924	102,2292231	11,18925689	141,3496321	189,3247534	125,4003	181,9576	269,5	P10-160
768-770	47,1767	6,8224	25,0358	225,9911	158,9779	3,4	45,51998311	56,699055	102,2190381	11,17907189	141,3394471	189,3145684	125,3833	181,9795	269,5	P10-160
770-772	50,6262	8,2523	31,6662	145,2891	158,9779	3,4	35,97751689	61,822425	97,79994189	25,84490811	128,7194432	166,6374216	87,58804	231,8755	269,5	P10-260
772-774	54,4774	8,1912	21,7945	145,2891	158,9779	4,4	35,97751689	65,80203	101,7785469	29,82451311	117,4951804	136,7679703	37,80562	537,2091	269,5	P10-260
774-776	67,7525	10,2714	16,2483	225,9911	158,9779	4,4	45,51998311	81,325095	127,4450781	36,40511189	147,3290344	171,7136264	96,04838	211,4509	269,5	P10-200
776-778	64,9473	10,0348	16,1391	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	78,731205	124,2511881	33,21122189	132,0233037	141,5545985	45,78333	443,8007	269,5	P10-260
784-786	66,4658	9,8557	16,2085	225,9911	158,9779	5,4	45,51998311	80,158575	125,6785581	34,63859189	133,4506737	142,9819695	48,16228	421,8893	269,5	P10-260
786-788	55,5275	7,7704	22,1311	145,2891	158,9779	4,4	35,97751689	66,462795	102,4403119	30,48527811	118,1559454	137,4287353	38,90689	522,0031	269,5	P10-260
788-790	45,2086	6,549	30,0825	145,2891	158,9779	3,4	35,97751689	54,34548	90,32299689	18,36796311	121,2424982	159,1604766	75,12648	270,3378	269,5	P10-260
829-830	6,3529	0,4148	3,8779	63,4689	73,3691	3,4	16,18016892	7,106085	23,28625392	-9,074083919	37,18188144	54,24453412	0,716557	17826,25	169,5	P10-160
830-831	6,3015	0,2738	6,2174	63,4689	73,3691	3,4	16,18016892	6,904065	23,08423392	-9,276103919	36,98966144	54,04251412	0,379837	33627,19	169,5	P10-160
831-832	22,3527	0,0032	4,1899	63,4689	73,3691	4,4	16,18016892	23,473695	39,55386392	7,293526081	46,72165589	55,38920782	2,624346	4887,315	169,5	P10-160
832-833	20,7278	0,0015	2,9761	63,4689	73,3691	4,4	16,18016892	21,765765	37,94593392	5,585596081	45,01372589	53,68127782	-0,222204	-5748	169,5	P10-160
833-834	20,3613	0,05	2,9084	63,4689	73,3691	5,4	16,18016892	21,431885	37,61203392	5,251696081	40,37464795	43,76258607	-16,75339	-762,4439	169,5	P10-160
837-838	20,6376	0,0547	2,9852	63,4689	73,3691	5,4	16,18016892	21,726915	37,90708392	5,546746081	40,66969795	44,05761607	-16,26164	-785,5001	169,5	P10-160
838-839	19,2811	0,2343	4,1387	63,4689	73,3691	4,4	16,18016892	20,49117	36,67133892	4,311001081	43,73913089	52,40668282	-2,346529	-5443,582	169,5	P10-160
839-840	7,8155	0,6698	4,2186	63,4689	73,3691	3,4	16,18016892	9,119565	25,29973392	-7,060603919	39,20516144	56,25801412	4,072357	3136,841	169,5	P10-160

3

4

Atap

Tabel 4.52 Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal E

Data :

b	400 mm
h	600 mm
d	539 mm
f _y	240 Mpa
Ø tul	10 mm
L _n	7,4 m

Atan:

b	300
h	400
d	339

Pada Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05.Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b pakai	Vs	s	d/4	s pakai
1	83-87	121,549	40,6476	38,9112	377,5893	234,9415	72,42762838	170,30643	242,7340584	97,87880162	232,1831147	386,9718578	52,48319636	134,75	P10-50
2	269-273	122,2048	40,9014	38,8345	377,5893	234,9415	72,42762838	171,26151	243,6691384	98,83388162	233,1381947	388,5636578	52,26819233	134,75	P10-50
3	455-459	123,4757	41,2579	29,6052	377,5893	234,9415	72,42762838	172,97028	245,3979084	100,5426516	234,8486647	391,4116078	51,88788374	134,75	P10-50
4	641-645	127,3958	41,9696	18,4056	377,5893	234,9415	72,42762838	177,83367	250,2612984	105,4060416	239,7103547	399,5172578	50,83515068	134,75	P10-50
Atap	801-802	41,1452	6,56	2,9939	63,4689	73,3691	16,18016892	50,09046	66,27062892	33,91029108	63,91357188	106,5226198	119,9136862	84,75	P10-80

Luar Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1,05.Vg	Vu,b	1,05Vg-H1	Vu,b	Vu,b pakai	Vs	s	d/2	s pakai
1	83-87	121,549	40,6476	38,9112	377,5893	234,9415	72,42762838	170,30643	242,7340584	97,87880162	232,1831	219,2439841	175,2659401	115,8785	269,5	P10-100
2	269-273	122,2048	40,9014	38,8345	377,5893	234,9415	72,42762838	171,26151	243,6691384	98,83388162	233,1382	220,1991086	176,8575143	114,83549	269,5	P10-100
3	455-459	123,4757	41,2579	29,6052	377,5893	234,9415	72,42762838	172,97028	245,3979084	100,5426516	234,847	221,9079454	179,7055756	113,01553	269,5	P10-100
4	641-645	127,3958	41,9696	18,4056	377,5893	234,9415	72,42762838	177,83367	250,2612984	105,4060416	239,7104	226,7713576	187,8112627	108,13792	269,5	P10-100
Atap	301-802	41,1452	6,56	2,9939	63,4689	73,3691	16,18016892	50,09046	66,27062892	33,91029108	63,91357	57,92705752	6,854096874	1863,6331	169,5	P10-160

Tabel 4.53 Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal H

Data :

- b 400 mm
- h 600 mm
- d 539 mm
- fy 240 Mpa
- Øtul 10 mm
- Ln 3,4

Atap:

- b 300
- h 400
- d 339

Pada Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1.05 Vg	Vu.b	1.05Vg-H1	Vu.b pakai	Vs	s	d/4	s pakai
1	47-49	51,6205	8,5145	108,0673	225,9911	158,9779	99,07290441	63,14175	162,2146544	-35,93115441	147,7821421	246,3035702	82,45727004	134,75	P10-80
	49-51	47,2194	7,6362	101,3058	375,1014	158,9779	137,4468787	57,59838	195,0452587	-79,84849868	175,0225918	291,7043196	69,62365188	134,75	P10-80
2	233-235	53,0546	9,021	104,3592	375,1014	158,9779	137,4468787	65,17938	202,6262587	-72,26749868	182,6035918	304,3393196	66,73314519	134,75	P10-80
	235-237	50,0321	8,4539	94,8694	375,1014	158,9779	137,4468787	61,4103	196,8571787	-78,03657868	178,8345118	298,0575196	68,13959946	134,75	P10-80
3	419-421	53,6626	9,0988	78,2745	225,9911	158,9779	99,07290441	65,89947	164,9723744	-33,17343441	150,5398621	250,8997702	80,94674612	134,75	P10-80
	421-423	51,0411	8,6521	68,3547	225,9911	158,9779	99,07290441	62,67786	161,7507844	-38,39504441	177,3182521	245,5304202	82,71691949	134,75	P10-80
4	605-607	54,9113	8,9992	44,6096	145,2891	158,9779	78,30400735	67,106025	145,4100324	-11,19798235	134,0030432	223,3394053	90,93608407	134,75	P10-80
	607-609	50,1646	8,1079	35,1943	145,2891	158,9779	78,30400735	61,186125	139,4901324	-17,11788235	128,0831432	213,4719053	95,13907684	134,75	P10-80
Atap	791-792	8,4138	0,5859	8,3188	63,4689	73,3691	35,21566176	9,449685	44,66534676	-25,76597676	39,53528144	65,89213574	308,2237322	84,75	P10-80
	792-793	18,2909	2,6598	6,207	63,4689	73,3691	35,21566176	21,998235	57,21389676	-13,21742676	52,08383144	86,80638574	233,9634328	84,75	P10-80

Luar Sendi Plastis

Lt	Balok	VD	VL	VE	Mnak-	Mnak+	H1	1.05 Vg	Vu.b	1.05Vg-H1	Vu.b	Vu.b pakai	Vs	s	d/2	s pakai
1	47-49	51,6205	8,5145	108,0673	225,9911	158,9779	99,07290441	63,14175	162,2146544	-35,93115441	147,7821421	130,0829016	28,66383605	781,68785	289,5	P10-260
	49-51	47,2194	7,6362	101,3058	375,1014	158,9779	137,4468787	57,59838	195,0452587	-79,84849868	175,0225918	150,4678926	60,63882103	334,92604	289,5	P10-260
2	233-235	53,0546	9,021	104,3592	375,1014	158,9779	137,4468787	65,17938	202,6262587	-72,26749868	182,6035918	158,0488926	73,27382103	277,7283	289,5	P10-260
	235-237	50,0321	8,4539	94,8694	375,1014	158,9779	137,4468787	61,4103	198,8571787	-76,03657868	178,8345118	154,2798126	66,99202103	303,16327	289,5	P10-260
3	419-421	53,6626	9,0988	78,2745	225,9911	158,9779	99,07290441	65,89947	164,9723744	-33,17343441	150,5398621	132,8406216	31,26003605	649,69599	289,5	P10-260
	421-423	51,0411	8,6521	68,3547	225,9911	158,9779	99,07290441	62,67786	164,9723744	-33,17343441	147,3182521	129,6190116	25,89068605	784,43344	289,5	P10-260
4	605-607	54,9113	8,9992	44,6096	145,2891	158,9779	78,30400735	67,106025	145,4100324	-11,19798235	134,0030432	120,0141381	9,882563461	2055,0882	289,5	P10-260
	607-609	50,1646	8,1079	35,1943	145,2891	158,9779	78,30400735	61,186125	139,4901324	-17,11788235	128,0831432	114,0842381	0,016063461	12645	289,5	P10-260
Atap	791-792	8,4138	0,5859	8,3188	63,4689	73,3691	35,21566176	9,449685	44,66534676	-25,76597676	39,53528144	33,24405106	-34,2842482	-582,3863	169,5	P10-160
	792-793	18,2909	2,6598	6,207	63,4689	73,3691	35,21566176	21,998235	57,21389676	-13,21742676	52,08383144	45,79260106	-13,3699982	-1519,037	169,5	P10-160

Tabel 4.54 Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal H Arah x

kolom	lantai	MDy (kNm)		Mly (kNm)		Mey (kNm)		Atas				Bawah					
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)
H1	base	11,102	5,338	1,902	2,723	-104,499	234,301	16,3656	12,855	-109,724	-96,86859	-96,86859	10,7624	7,32039	246,01605	253,3364	253,33644
	1	10,587	-7,777	1,219	-0,201	-216,952	219,413	14,6548	11,884	-227,7996	-215,91528	-215,91528	-9,654	-8,29248	230,38365	222,0912	222,09117
	2	7,707	-5,493	0,3333	0,175	-117,936	85,071	9,78168	8,3223	-123,8328	-115,530471	-115,530471	-6,3116	-5,6574	89,32455	83,66715	83,66715
	3	10,548	-7,334	0,94	-0,624	-85,432	40,824	14,1616	11,668	-89,7036	-78,036	-78,036	-9,7992	-8,09382	42,8652	34,77138	34,77138
H2	base	-7,111	14,146	-2,488	4,839	-171,942	266,239	-12,514	-9,034	-180,5391	-189,57309	-189,57309	24,7176	17,9019	279,55095	297,4528	297,45282
	1	-15,787	20,167	-5,289	6,628	-216,952	219,413	-27,4068	-19,908	-227,7996	-247,70802	-247,70802	34,8052	25,351	230,38365	255,7346	255,73464
	2	-18,609	20,428	-6,135	6,577	-185,866	160,654	-32,1468	-23,405	-195,1593	-218,5638	-218,5638	35,0368	25,5929	168,6867	194,2796	194,27961
	3	-19,602	20,566	-6,455	6,223	-124,717	91,908	-33,8504	-24,649	-130,9529	-153,0016	-153,0016	34,636	25,5148	96,5034	122,0182	122,01819
H2	base	-2,861	12,135	-1,033	3,638	-98,126	230,468	-5,086	-3,6548	-103,0323	-106,68714	-106,68714	20,3828	15,0337	241,9914	257,0251	257,02509
	1	-7,733	12,586	-1,172	2,54	-116,782	109,225	-11,1548	-8,858	-122,6211	-131,47911	-131,47911	19,1672	14,8155	114,88625	129,5018	129,50175
	2	-9,015	11,565	-1,714	2,312	-107,955	74,855	-13,5604	-10,546	-113,3528	-123,89832	-123,89832	17,5772	13,5998	78,59775	92,19756	92,19756
	3	-13,498	11,839	-2,656	1,961	-74,72	30,848	-20,4472	-15,846	-78,456	-94,30218	-94,30218	17,3444	13,6664	32,3904	46,05678	46,05678
H3	base	16,88	4,706	2,861	1,21	-11,014	2,898	24,8336	19,526	-11,5647	7,96173	7,96173	5,7036	5,7036	3,0429	8,7465	8,7465

Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal H Arah Y

kolom	lantai	Mdx (kNm)		Mix (kNm)		Mex (kNm)		Atas				Bawah					
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai(kNm)	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai(kNm)
H1	Base	19,658	-16,357	4,689	-4,677	95,005	-203,228	31,092	23,595	99,75525	123,35022	123,35022	-27,1116	-20,1214	-213,3894	-233,511	-233,51076
	1	24,965	-24,311	5,977	-5,749	102,517	-90,593	39,5212	29,979	107,64285	137,62161	137,62161	-38,3716	-29,1484	-95,12265	-124,271	-124,27107
	2	27,495	-25,617	6,684	-6,068	92,366	-64,447	43,6884	33,081	97,2993	130,37997	130,37997	-40,4492	-30,7207	-67,66935	-98,39	-98,39004
	3	30,832	-25,579	7,013	-5,738	63,154	-28,392	48,2192	36,792	66,3117	103,10349	103,10349	-39,8756	-30,4729	-29,8116	-60,2845	-60,28449
H2	base	22,753	-17,419	7,698	-6,076	27,972	-165,563	13,474	10,463	12,50445	22,96749	22,96749	-28,7868	-21,8875	-2,39715	-24,2846	-28,7868
	1	27,458	-29,8	9,36	-10,19	45,788	-31,384	47,9256	28,74	29,3706	58,11099	58,11099	-30,6244	-22,1178	-173,84115	-195,959	-195,95898
	2	28,029	-26,566	9,643	-9,163	44,85	-7,279	49,0636	34,728	48,0774	82,8051	82,8051	-52,0704	-37,7122	-32,9532	-70,6654	-70,66542
	3	31,195	-26,819	11,176	-9,062	33,367	7,327	55,3156	39,796	35,03535	74,83098	74,83098	-46,54	-33,667	-7,64295	-41,3099	-46,54
H3	base	18,075	-24,93	1,051	-7,476	7,221	11,7	23,3716	19,641	7,58205	27,22293	27,22293	-41,8776	-30,8864	12,285	-18,6014	-41,8776
	1	25,238	-19,589	7,227	-6,138	-101,525	216,471	41,8488	31,053	-106,6013	-75,54834	-75,54834	-33,3276	-24,4354	227,29455	202,8592	202,85916
	2	32,846	-32,356	9,566	-9,478	-110,865	103,594	54,7208	40,515	-116,4083	-75,89337	-75,89337	-53,992	-39,9449	108,7737	68,82876	68,82876
	3	36,392	-34,559	10,812	-10,22	-101,72	75,627	60,9696	45,023	-106,806	-61,78284	-61,78284	-57,8212	-42,7249	79,40835	36,68343	36,68343
H3	base	17,967	-26,120	4,494	-7,546	14,009	-6,804	28,7508	21,697	15,54945	37,24602	37,24602	-43,4272	-32,1884	-7,1442	-39,3326	-39,3326

Tabel 4.55 Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal E Arah x

kolom	lantai	MDy (kNm)		Mly (kNm)		Mey (kNm)		Atas				Bawah						
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)	
E1	base	3,4	-7,34	1,58	-2,9	127,05	-221,17	6,608	4,5654	133,4025	137,9679	137,9679	137,9679	-13,448	9,534	-232,2285	-241,763	-241,7625
	1	2,378	-2,588	1,682	-1,737	144,004	-135,241	5,5448	3,5566	151,2042	154,76076	154,76076	154,76076	-5,8608	-3,79071	-142,00305	-145,794	-145,793,6
	2	1,015	-0,299	1,386	-1,125	129,337	-103,755	3,4356	1,9389	135,80385	137,74278	137,74278	137,74278	-2,1588	-1,0227	-108,94275	-109,965	-109,96545
	3	-1,286	2,215	0,934	-0,429	93,58	-59,694	-0,0488	-0,7619	98,259	97,49712	97,49712	97,49712	1,9716	2,05548	-62,6787	-60,6232	-60,62322
E2	base	-36	17,414	-11,86	5,827	65,317	-213,742	-62,1764	-45,276	68,58285	23,30685	23,30685	23,30685	30,22	21,9557	-224,4291	-202,473	-202,47339
	1	-58	74,156	-19,62	25,225	107,315	-106,86	-100,9228	-73,199	112,68075	39,48147	39,48147	39,48147	129,3472	93,7556	-112,203	-18,4475	-18,44745
	2	-51,004	59,496	-17,38	20,181	103,234	-63,662	-89,0192	-64,506	108,3957	43,88958	43,88958	43,88958	103,6848	75,1848	-66,8451	8,33973	8,33973
	3	-65,916	72,956	-25,53	24,432	75,038	-26,656	-119,9456	-85,295	78,7899	-6,50517	-6,50517	-6,50517	126,6384	91,996	-27,9888	64,00716	64,00716
	4	24,002	64,815	8,429	18,039	13,902	-5,069	42,2888	30,512	14,5971	45,10947	45,10947	45,10947	196,6404	79,4203	-5,32245	74,09787	74,09787

Tabel 4.56 Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal E arah Y

kolom	lantai	Mdx (kNm)		Mix (kNm)		Mex (kNm)		Atas				Bawah						
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)	
E1	Base	88,04	-43,25	30,62	-14,95	61,98	-211,48	154,64	111,73	65,079	176,8116	176,8116	176,8116	-75,82	-54,831	-222,054	-276,885	-276,885
	1	101,781	-104,57	35,282	-36,05	103,077	-102,429	178,5884	129,1	108,23085	237,32856	237,32856	237,32856	-183,1616	-132,508	-107,55045	-240,058	-240,05835
	2	97,582	-89,67	33,209	-31	99,505	-59,593	170,2328	123,38	104,48025	227,86302	227,86302	227,86302	-157,2024	-113,683	-62,57265	-176,256	-176,25552
	3	117,757	-87,387	40,295	-31,25	70,819	-23,137	205,7804	149,03	74,35995	223,39065	223,39065	223,39065	-154,8692	-111,446	-24,29385	-135,74	-135,73959
E2	base	9,809	-11,082	3,822	-4,182	-129,861	226,191	17,886	12,707	-136,3541	-123,64674	-123,64674	-123,64674	-19,9896	-14,2708	237,50055	223,2298	223,22979
	1	10,192	-11,511	4,618	-5,132	-155,94	150,934	19,6192	13,611	-163,737	-150,12606	-150,12606	-150,12606	-22,0244	-15,3197	158,4807	143,161	143,16099
	2	7,854	-7,346	4,07	-3,923	-142,168	117,772	15,9368	10,811	-149,2764	-138,4656	-138,4656	-138,4656	-15,092	-10,1848	123,6606	113,4758	113,47581
	3	6,624	-4,947	4,199	-3,341	-104,561	72,296	14,6672	9,6006	-109,7891	-100,18848	-100,18848	-100,18848	-11,282	-7,29918	75,9108	68,61162	68,61162
	4	-2,124	0,103	-0,259	-1,166	-30,484	30,488	-2,9632	-2,3934	-32,0082	-34,40157	-34,40157	-34,40157	-1,742	-0,62643	32,0124	31,38597	31,38597

Tabel 4.57 Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal F Arah x

kolom	lantai	MDy (kNm)		Mly (kNm)		Mey (kNm)		Atas				Bawah						
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai (kNm)	
F1	base	96,549	-43,648	28,187	-12,49	63,933	-218,352	160,958	115,13	67,12965	186,26391	186,26391	186,26391	-72,36	-53,6985	-229,8996	-283,598	-283,59807
	1	113,637	-117,06	32,442	-32,8	108,547	-109,393	188,2716	139,76	113,97435	253,73166	253,73166	253,73166	-192,9508	-143,576	-114,86265	-258,439	-258,4386
	2	106,762	-99,033	30,067	-27,88	105,836	-64,782	176,2216	131,04	111,1278	242,17011	242,17011	242,17011	-163,446	-121,548	-68,0211	-189,57	-189,56952
	3	130,199	-99,475	36,862	-28,52	76,112	-26,319	215,218	159,93	79,9176	239,84961	239,84961	239,84961	-164,9956	-122,414	-27,63495	-150,049	-150,04878
F2	base	-53,049	29,515	-12,85	7,579	64,503	-219,875	-84,2172	-63,796	67,72815	3,93183	3,93183	3,93183	47,5444	-93,2084	-6,50475	-75,1061	-75,10608
	1	-80,198	99,061	-20,7	26,469	108,965	-109,683	-129,364	-97,251	114,4325	17,16183	17,16183	17,16183	161,2236	35,7655	-230,86875	-195,103	-195,10323
	2	-73,484	82,315	-18,96	21,694	106,195	-65,348	-118,512	-89,101	111,50475	22,40364	22,40364	22,40364	133,4884	100,098	-68,6154	31,48257	31,48257
	3	-95,024	96,091	-26,89	25,474	77,317	-26,739	-157,0592	-116,72	81,18285	-35,53557	-35,53557	-35,53557	156,0676	116,944	-28,07595	88,66822	88,66822
	4	17,536	82,955	7,295	18,832	15,056	-5,253	32,7152	23,009	15,8088	38,81745	38,81745	38,81745	129,6772	98,9669	-5,51565	93,45126	93,45126

Tabel 4.58 Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal F arah Y

kolom	lantai	Mdx (kNm)				Mix (kNm)				Mex (kNm)				Atas				Bawah					
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai		
F1	Base	13,934	-13,044	3,821	-4,129	131,225	-221,931	22,8344	17,038	137,78625	154,82418	154,82418	154,82418	154,82418	154,82418	154,82418	-22,2592	-16,2975	-233,02755	-249,325	-249,325	-249,325	-249,325
	1	17,447	-17,223	4,816	-4,776	119,949	-142,638	28,642	21,353	157,44645	178,79988	178,79988	178,79988	178,79988	178,79988	178,79988	-26,3092	-21,093	-149,7699	-170,863	-170,863	-170,863	-170,863
	2	18,086	-16,769	4,965	-4,543	131,804	-106,917	29,6472	22,118	138,3942	160,51245	160,51245	160,51245	160,51245	160,51245	160,51245	-27,3916	-20,4695	-112,26285	-132,732	-132,732	-132,732	-132,732
	3	18,106	-15,305	4,722	-3,904	92,012	-60,503	29,2824	21,986	96,6126	118,59876	118,59876	118,59876	118,59876	118,59876	118,59876	-24,6124	-18,5298	-63,52815	-82,0579	-82,0579	-82,0579	-82,0579
F2	Base	16,627	-14,924	5,215	-5,021	-138,637	231,686	28,2064	20,744	-145,5689	-124,82505	-124,82505	-124,82505	-124,82505	-124,82505	-124,82505	-25,9424	-18,8334	243,2703	224,4369	224,4369	224,4369	224,4369
	1	21,225	-20,928	6,852	-6,885	-166,046	162,188	36,4332	26,603	-174,3483	-147,74529	-147,74529	-147,74529	-147,74529	-147,74529	-147,74529	-36,1296	-26,312	170,2974	143,9855	143,9855	143,9855	143,9855
	2	22,712	-21,406	7,42	-7,02	-149,779	126,314	39,1264	28,522	-157,268	-128,74575	-128,74575	-128,74575	-128,74575	-128,74575	-128,74575	-36,9192	-26,8989	132,6297	105,7308	105,7308	105,7308	105,7308
	3	23,504	-20,42	7,469	-6,503	-108,618	77,314	40,1552	29,385	-114,0489	-84,66423	-84,66423	-84,66423	-84,66423	-84,66423	-84,66423	-34,9196	-25,5473	81,1797	55,63236	55,63236	55,63236	55,63236
F2	4	12,103	-14,334	2,632	-4,239	-31,478	30,777	18,7348	14,366	-33,0519	-18,68559	-18,68559	-18,68559	-18,68559	-18,68559	-18,68559	-23,9832	-17,7213	32,31585	14,59458	14,59458	14,59458	14,59458

Tabel 4.59 Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal G arah x

kolom	lantai	MDy (kNm)				Mly (kNm)				Mey (kNm)				Atas				Bawah					
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai		
G1	base	61,848	-23,089	20,001	-7,322	73,566	-220,286	106,2192	77,541	77,2443	154,78533	154,78533	154,78533	154,78533	154,78533	154,78533	-3,3422	-28,8563	-231,3003	-260,157	-260,15661	-260,15661	-260,15661
	1	70,745	-71,887	22,734	-22,98	112,419	-110,637	121,2684	88,605	118,03995	206,64462	206,64462	206,64462	206,64462	206,64462	206,64462	-123,0292	-89,9575	-116,18985	-206,147	-206,14734	-206,14734	-206,14734
	2	66,093	-61,636	21,046	-19,84	105,86	-66,5	112,9852	82,657	111,153	193,80963	193,80963	193,80963	193,80963	193,80963	193,80963	-105,7104	-77,2183	-69,825	-147,043	-147,04326	-147,04326	-147,04326
	3	82,223	-62,86	26,053	-20,65	75,045	-27,719	140,3524	102,75	78,79725	181,54479	181,54479	181,54479	181,54479	181,54479	181,54479	-108,4704	-79,0119	-29,10495	-108,117	-108,11682	-108,11682	-108,11682
G2	4	23,461	-22,009	2,479	-4,607	14,79	-5,364	32,1196	26,196	15,5295	41,72532	41,72532	41,72532	41,72532	41,72532	41,72532	-33,782	-26,0119	-5,6322	-31,6441	-31,64406	-31,64406	-31,64406
	base	29,101	21,361	-8,793	6,752	65,132	-216,833	-48,99	-36,096	68,3886	32,29296	32,29296	32,29296	32,29296	32,29296	32,29296	36,4364	26,6828	-227,67465	-200,992	-200,99184	-200,99184	-200,99184
	1	47,052	59,57	-14,66	18,678	101,63	-98,914	-79,9168	-58,64	106,7115	48,07175	48,07175	48,07175	48,07175	48,07175	48,07175	101,3688	74,3156	-103,8597	-29,5441	101,3688	101,3688	101,3688
	2	42,829	48,197	-13,41	15,017	97,855	-57,793	-72,846	-53,417	102,74775	49,33089	49,33089	49,33089	49,33089	49,33089	49,33089	81,8636	60,0676	-60,68265	-0,61509	81,8636	81,8636	81,8636
G2	3	55,566	55,894	-18,63	17,246	71,065	-21,69	-96,4888	-70,082	74,61925	4,53642	4,53642	4,53642	4,53642	4,53642	4,53642	94,6664	69,5537	-22,7745	46,77918	94,6664	94,6664	94,6664
	4	18,791	48,426	5,853	12,211	11,376	-0,777	31,914	23,418	11,9448	35,36274	35,36274	35,36274	35,36274	35,36274	35,36274	77,6488	58,5402	-0,81585	57,72438	77,6488	77,6488	77,6488

Tabel 4.60 Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal G arah Y

kolom	lantai	Mdx (kNm)				Mix (kNm)				Mex (kNm)				Atas				Bawah					
		atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai	1,2MD + 1,6ML	Mb	Ms	Mb + Ms	Mpakai		
G1	Base	18,156	-15,483	5,009	-4,797	148,759	-229,487	29,8016	22,219	156,19695	178,41642	178,41642	178,41642	178,41642	178,41642	178,41642	-26,2548	-19,2793	-240,96135	-260,241	-260,24061	-260,24061	-260,24061
	1	24,691	-23,276	6,782	-6,49	173,239	-169,555	40,4804	30,198	181,90095	212,09916	212,09916	212,09916	212,09916	212,09916	212,09916	-38,3152	-28,5285	-178,03275	-206,561	-206,56125	-206,56125	-206,56125
	2	28,359	-26,119	7,495	-6,902	147,171	-124,487	46,0228	34,499	154,52955	189,02835	189,02835	189,02835	189,02835	189,02835	189,02835	-42,386	-31,732	-130,71135	-162,485	-162,48456	-162,48456	-162,48456
	3	27,691	-25,14	7,312	-6,369	99,18	-71,411	44,9284	33,682	104,139	137,82111	137,82111	137,82111	137,82111	137,82111	137,82111	-40,3584	-30,4095	-74,98155	-105,391	-105,39102	-105,39102	-105,39102
G2	4	23,461	-22,009	2,479	-4,607	24,639	-23,136	32,1196	26,196	25,87095	52,06677	52,06677	52,06677	52,06677	52,06677	52,06677	-33,782	-26,0119	-24,2928	-50,3047	-50,30466	-50,30466	-50,30466
	Base	20,979	-17,788	6,432	-5,712	-154,908	240,746	35,466	26,08	-162,6534	-136,57329	-136,57329	-136,57329	-136,57329	-136,57329	-136,57329	-30,4848	-22,276	252,7833	230,5073	230,5073	230,5073	230,5073
	1	29,103	-27,356	9,028	-8,66	-184,646	184,607	49,3684	36,246	-193,8783	-157,63251	-157,63251	-157,63251	-157,63251	-157,63251	-157,63251	-46,6832	-34,1796	193,83735	159,6578	159,65775	159,65775	159,65775
	2	34,246	-31,951	10,503	-9,88	-160,642	139,535	57,9	42,575	-168,6741	-126,09891	-126,09891	-126,09891	-126,09891	-126,09891	-126,09891	-54,1492	-39,773	146,51175	106,7388	106,7388	106,7388	106,7388
G2	3	35,149	-32,052	10,841	-9,639	-111,426	82,806	59,5244	43,736	-116,9973	-73,26102	-73,26102	-73,26102	-73,26102	-73,26102	-73,26102	-53,8848	-39,7272	86,9463	47,21913	47,21913	47,21913	47,21913
	4	29,055	-26,945	4,584	-6,883	-31,814	33,15	42,2004	33,396	-33,4047	-0,00903	-0,00903	-0,00903	-0,00903	-0,00903	-0,00903	-43,3468	-32,6285	34,8075	2,17896	2,17896	2,17896	2,17896

Tabel 4.61 Perhitungan Gaya Aksial kolom Portal A

Kolom	lantai	PD (kN)		PL (kN)		PE (kN)	Atas							Bawah						
		Atas	Bawah	Atas/Bwh	Bawah		Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)	1,2PD + 1,6PL	Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)			
A1	base	485,853	-520,413	-43,579	-474,811	-474,811	-537,6004	498,5516	-1036,152	-2550,1098	-1036,152	-652,75	-573,6004	-498,5516	-573,8884	-498,552	-586,3978	-1072,44	-2586,3978	-1072,44
	1	-379,605	409,845	34,371	-307,951	-307,951	-420,239	-323,3466	-743,5875	-1728,069	-743,5875	-510,5196	-420,239	-323,3466	-451,991	-323,349	-775,33953	-1759,821	-1759,821	-775,33953
	2	-289,366	-299,606	-23,932	-160,161	-160,161	-297,9115	-168,1691	-466,0805	-980,6391	-466,0805	-361,5304	-297,9115	-168,1691	-329,6635	-168,169	-497,83251	-1012,3911	-1012,3911	-497,83251
	3	-156,184	-186,424	-12,506	-57,274	-57,274	-171,872	-60,1377	-232,0037	-417,6753	-232,0037	-207,4304	-171,872	-60,1377	-203,624	-60,1377	-263,76168	-449,4273	-449,4273	-263,76168
A2	base	-43,736	-73,976	-0,654	-7,969	-7,969	-53,8496	-8,36745	-54,82827	-80,2893	-54,82827	-53,8496	-8,36745	-80,2893	-80,1376	-78,21282	-86,58027	-112,0413	-86,58027	
	1	-725,419	-759,979	-123,972	38,313	38,313	-1068,858	-839,7923	-730,94595	-730,94595	-813,16	-640,0105	-34,70775	-540,18195	-1110,33	-876,0803	-40,2287	-835,85166	-767,23395	
	2	-553,816	-584,055	-92,863	33,055	33,055	-557,936	-440,4656	-366,43425	-366,43425	-557,936	-240,3645	-14,4102	-195,79245	-605,024	-671,7614	34,7078	-456,6513	-407,63625	
	3	-382,3	-421,54	-61,985	23,825	23,825	-302,0844	-240,3645	-195,79245	-195,79245	-302,0844	-37,94028	3,822	-22,4322	-338,3724	-272,1165	14,4102	-257,70633	-227,54445	
A3	base	-36,448	-66,688	0,524	3,64	3,64	-42,8992	-37,94028	-37,94028	-1183,106	59,15595	-152,8652	-1183,106	59,15595	-69,69228	3,822	-65,87028	-54,1842	-54,1842	
	1	-1011,03	-1045,59	-192,891	56,339	56,339	-1160,378	-904,0565	-797,67975	-797,67975	-798,1652	-624,4106	25,25355	-599,1571	-1196,666	-1219,394	59,156	-1160,238	-1063,7844	
	2	-774,299	-804,539	-144,512	39,779	39,779	-798,1652	-624,4106	-366,7513	-366,7513	-798,1652	-345,0806	10,97145	-334,1092	-834,4532	-656,1626	25,2536	-630,90909	-595,5033	
	3	-537,027	-567,267	-96,083	24,051	24,051	-436,4304	-66,75627	-62,07285	-62,07285	-436,4304	-76,1336	1,15185	-65,60442	-472,7184	-376,8326	10,9715	-365,86116	-353,01735	
A4	base	-63,686	-93,626	0,181	1,097	1,097	-76,1336	-1426,644	109,6641	-1316,98	-1077,383	-1817,7544	-1426,644	109,6641	-98,19327	1,15185	-97,04142	-93,50985	-93,50985	
	1	-1231	-1256,56	-212,845	104,442	104,442	-1817,7544	-1089,112	-850,1682	-850,1682	-1384,8452	-1089,112	76,45785	-1012,654	-1421,1332	-1453,482	109,664	-1343,8184	-1104,221	
	2	-941,695	-971,935	-159,257	72,817	72,817	-953,6844	-753,0163	-623,4333	-623,4333	-953,6844	-386,7291	16,35505	-368,374	-989,9724	-784,7683	43,5036	-1044,4058	-881,9202	
	3	-653,685	-683,925	-105,789	41,432	41,432	-488,1356	-86,76444	-335,33955	-335,33955	-488,1356	-86,76444	2,60085	-84,16359	-560,4236	-449,9811	18,3551	-431,62602	-655,1853	
A5	base	-82,88	-113,12	0,412	2,477	2,477	-98,7968	-1393,927	167,2094	-1226,718	-821,59665	-1795,2548	-1393,927	167,2094	-118,5164	2,60085	-115,91559	-107,94	-107,94	
	1	-189,68	-1224,24	-229,779	159,247	159,247	-1366,3156	-1063,657	-668,2305	-668,2305	-1366,3156	-918,1452	-171,259	-113,349	-1430,215	167,209	-1263,0055	-857,88465		
	2	-910,251	-940,491	-171,259	111,275	111,275	-918,1452	-716,0983	-497,9499	-497,9499	-918,1452	-515,336	27,9804	-379,8971	-1095,409	116,839	-978,56997	-699,9825		
	3	-613,989	-662,229	-113,349	63,275	63,275	-385,156	-407,8775	-319,4331	-319,4331	-385,156	-515,336	26,648	-379,8971	-766,7503	66,4388	-700,31157	-548,6019		
A5	base	-354,916	-385,156	-55,898	26,648	26,648	-95,5644	-84,30954	-67,2672	-67,2672	-95,5644	-84,30954	4,1664	-80,14314	-131,8524	-116,0615	4,1664	-111,89514	-99,0192	
	1	-80,833	-111,073	0,897	3,968	3,968	-116,0615	-116,0615	-67,2672	-67,2672	-116,0615	-131,8524	-116,0615	4,1664	-116,0615	-116,0615	-116,0615	-116,0615	-116,0615	
	2	-111,073	-116,0615	-67,2672	-67,2672	-67,2672	-116,0615	-116,0615	-67,2672	-67,2672	-116,0615	-131,8524	-116,0615	4,1664	-116,0615	-116,0615	-116,0615	-116,0615	-116,0615	
	3	-116,0615	-116,0615	-67,2672	-67,2672	-67,2672	-116,0615	-116,0615	-67,2672	-67,2672	-116,0615	-131,8524	-116,0615	4,1664	-116,0615	-116,0615	-116,0615	-116,0615	-116,0615	

Tabel 4.62 Perhitungan gaya aksial rencana kolom portal F

lantai	PD (kN)		PL (kN)		PE (kN)		Atas											Bawah										
	Atas	Bawah	Atas/Bwh	Atas/Bwh	Atas/Bwh	Atas/Bwh	1,2PD + 1,6PL	Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)	1,2PD + 1,6PL	Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)	1,2PD + 1,6PL	Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)				
base	-1228,69	-1263,25	-213,613	-186,789	-186,789	-186,789	-1816,204	-1424,696	-196,1285	-1620,825	-2298,9278	-1620,8249	-1857,676	-1460,9845	-196,1285	-1657,1129	-2335,2158	-1657,1129	-1857,676	-1460,9845	-196,1285	-1657,1129	-2335,2158	-1657,1129				
1	-937,111	-967,351	-158,855	-130,679	-130,679	-130,679	-1378,7012	-1084,045	-137,213	-1221,258	-1699,6161	-1221,2582	-1414,9892	-1115,7972	-137,213	-1253,0102	-1731,3681	-1253,0102	-1414,9892	-1115,7972	-137,213	-1253,0102	-1731,3681	-1253,0102				
2	-648,124	-678,364	-105,106	-74,326	-74,326	-74,326	-945,9184	-746,747	-78,0423	-824,7893	-1103,0607	-824,78928	-982,2064	-778,49898	-78,0423	-856,54128	-1134,8127	-856,54128	-982,2064	-778,49898	-78,0423	-856,54128	-1134,8127	-856,54128				
3	-361,354	-391,634	-51,804	-31,319	-31,319	-31,319	-516,5592	-412,1002	-32,88495	-444,9852	-565,3977	-444,98517	-552,8472	-443,85222	-32,88495	-476,73717	-597,1497	-476,73717	-552,8472	-443,85222	-32,88495	-476,73717	-597,1497	-476,73717				
4	-79,325	-108,565	-0,894	5,003	5,003	5,003	-95,4204	-82,80447	5,25315	-77,55132	-62,16735	-62,16735	-131,7084	-114,55647	5,25315	-109,30332	-93,91935	-109,30332	-131,7084	-114,55647	5,25315	-109,30332	-93,91935	-93,91935				
base	-1654,5	-1689,06	-373,429	86,268	86,268	86,268	-2582,8988	-1972,487	90,5814	-1881,906	-1767,002	-1767,002	-2624,3608	-2008,7754	90,5814	-1918,194	-1803,29	-1918,194	-2624,3608	-2008,7754	90,5814	-1918,194	-1803,29	-1803,29				
1	-1276,71	-1306,95	-283,621	58,457	58,457	58,457	-1985,8504	-1519,231	61,37985	-1457,851	-1392,8324	-1392,8324	-2022,1384	-1550,9829	61,37985	-1489,6031	-1424,5844	-1489,6031	-2022,1384	-1550,9829	61,37985	-1489,6031	-1424,5844	-1424,5844				
2	-899,018	-929,258	-193,507	31,926	31,926	31,926	-1288,4328	-1065,878	33,5223	-1032,356	-1013,0621	-1013,0621	-1424,7278	-1097,6303	33,5223	-1064,108	-1044,8141	-1064,108	-1424,7278	-1097,6303	33,5223	-1064,108	-1044,8141	-1044,8141				
3	-520,612	-550,852	-103,013	12,635	12,635	12,635	-789,5552	-611,5408	13,26675	-598,274	-601,73925	-598,27404	-825,8432	-643,29279	13,26675	-630,02604	-633,49125	-630,02604	-825,8432	-643,29279	13,26675	-630,02604	-633,49125	-630,02604				
4	-138,593	-168,833	-11,636	1,403	1,403	1,403	-104,9292	-152,8533	1,47315	-151,3802	-151,84785	-151,38018	-221,2172	-184,60533	1,47315	-183,13218	-183,59985	-183,13218	-221,2172	-184,60533	1,47315	-183,13218	-183,59985	-183,13218				

Tabel 4.63 Perhitungan gaya aksial rencana kolom portal E

lantai	PD (kN)		PL (kN)		PE (kN)		Atas											Bawah										
	Atas	Bawah	Atas/Bwh	Atas/Bwh	Atas/Bwh	Atas/Bwh	1,2PD + 1,6PL	Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)	1,2PD + 1,6PL	Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)	1,2PD + 1,6PL	Pb (kN)	Ps (kN)	Pb + Ps	Pmaks (kN)	Ppakai (kN)				
base	-1189,84	-1224,4	-233,32	-127,44	-127,44	-127,44	-1801,12	-1396,324	-133,812	-1530,136	-2029,566	-1530,1356	-1842,592	-1432,6116	-133,812	-1566,4236	-2065,854	-1566,4236	-1842,592	-1432,6116	-133,812	-1566,4236	-2065,854	-1566,4236				
1	-909,166	-939,406	-173,764	-85,381	-85,381	-85,381	-1369,0216	-1064,096	-89,65005	-1153,746	-1495,6767	-1153,7457	-1405,3096	-1095,8476	-89,65005	-1185,4977	-1527,4287	-1185,4977	-1405,3096	-1095,8476	-89,65005	-1185,4977	-1527,4287	-1185,4977				
2	-630,539	-660,779	-114,889	-45,876	-45,876	-45,876	-940,4692	-734,446	-48,1698	-782,6158	-975,3786	-782,61582	-976,7572	-766,19802	-48,1698	-814,36782	-1007,1306	-814,36782	-976,7572	-766,19802	-48,1698	-814,36782	-1007,1306	-814,36782				
3	-353,747	-383,987	-56,595	-17,598	-17,598	-17,598	-515,0484	-407,0892	-18,4779	-425,5671	-504,7707	-425,5671	-551,3364	-438,6412	-18,4779	-457,3191	-536,9227	-457,3191	-551,3364	-438,6412	-18,4779	-457,3191	-536,9227	-457,3191				
4	-80,868	-111,108	0,924	-2,524	-2,524	-2,524	-95,5632	-84,32928	-2,6502	-86,97948	-94,542	-86,97948	-131,8512	-116,08128	-2,6502	-118,73148	-126,294	-118,73148	-131,8512	-116,08128	-2,6502	-118,73148	-126,294	-118,73148				
base	-1669,91	-1704,47	-413,1819	136,671	136,671	136,671	-2604,97704	-2013,705	143,5046	-1870,2	-1613,223	-1613,223	-2706,44904	-2049,9928	143,5046	-1906,4883	-1649,511	-1906,4883	-2706,44904	-2049,9928	143,5046	-1906,4883	-1649,511	-1649,511				
1	-1292,25	-1322,49	-312,924	98,133	98,133	98,133	-2051,376	-1554,003	103,0397	-1450,963	-1273,272	-1273,272	-2087,664	-1585,7545	103,0397	-1482,7149	-1305,024	-1482,7149	-2087,664	-1585,7545	103,0397	-1482,7149	-1305,024	-1305,024				
2	-916,119	-946,359	-213,1655	57,9	57,9	57,9	-1440,4076	-1096,219	60,795	-1035,424	-942,56873	-942,56873	-1476,69572	-1127,9713	60,795	-1067,1763	-974,32083	-1067,1763	-1476,69572	-1127,9713	60,795	-1067,1763	-974,32083	-974,32083				
3	-539,562	-569,802	-113,3375	26,025	26,025	26,025	-828,8144	-637,9427	27,32625	-610,6165	-576,23948	-576,23948	-865,1024	-669,69473	27,32625	-642,36848	-607,99148	-642,36848	-865,1024	-669,69473	27,32625	-642,36848	-607,99148	-607,99148				
4	-146,843	-177,083	-12,524	4,078	4,078	4,078	-96,25	-162,0753	4,2819	-157,7934	-150,20775	-150,20775	-232,538	-193,82727	4,2819	-189,54537	-181,95975	-189,54537	-232,538	-193,82727	4,2819	-189,54537	-181,95975	-181,95975				

Tabel 4.67 Analisis gaya aksial dan momen akibat kekuatan balok arah y pada portal A

kolom	Lantai	h (m)	hn (m)	Mnak,b		L blk (m)		Ln blk (m)		ME,k (kNm)		PD (kN)	PL (kN)	Nu,k (kN)	aka	akb	Mu,k (kNm)	
				kiri	kanan	kiri	kanan	atas	bawah	atas	bawah							
A1	base	4	3,4	225,99	-	4	0	3,4	0	97,778	-210,892	520,413	43,579	414,53412	0,31677	-	62,638883	197,74125
	1	3,5	2,9	225,99	-	4	0	3,4	0	100,601	-88,714	409,845	34,571	326,49876	0,55517	0,4757	139,11507	119,20202
	2	3,5	2,9	145,289	-	4	0	3,4	0	92,495	-64,643	299,606	23,932	237,80043	0,70167	0,3912	113,03913	63,021824
	3	3,5	2,9	145,289	-	4	0	3,4	0	67,178	-26,97	186,424	12,506	146,21355	1	0,22576	161,09986	36,369341
A2	base	4	3,4	63,469	-	4	0	3,4	0	6,933	11,31	73,976	0,854	55,00005	1	-0,2024	54,135324	-10,959234
	1	3,5	2,9	145,289	-	4	0	3,4	0	19,611	-161,302	759,979	123,972	649,703985	0,1084	-	13,780683	127,12788
	2	3,5	2,9	145,289	-	4	0	3,4	0	37,769	-21,723	584,055	92,863	497,53473	0,62244	0,52555	100,27555	84,665706
	3	3,5	2,9	145,289	-	4	0	3,4	0	38,954	-0,357	421,54	61,985	355,390875	1	0,00936	161,09986	1,5085285
A3	base	4	3,4	63,469	-	4	0	3,4	0	7,557	12,571	66,688	0,524	49,40082	1	-0,6524	54,135324	-35,317616
	1	3,5	2,9	377,715	-	4	0	3,4	0	67,224	-198,651	1045,593	192,891	910,28574	0,25284	-	83,563983	330,50063
	2	3,5	2,9	304,813	-	4	0	3,4	0	76,201	-63,231	804,539	144,512	697,552485	0,53878	0,4847	182,09828	163,81937
	3	3,5	2,9	304,813	-	4	0	3,4	0	78,202	-47,284	567,267	96,083	487,56225	0,68975	0,38291	233,12293	129,41837
A4	base	4	3,4	63,696	-	4	0	3,4	0	8,866	5,425	93,626	0,181	68,948145	1	-0,0894	54,328941	-4,8580742
	1	3,5	2,9	377,715	-	8	0	7,4	0	61,951	-208,529	1256,562	212,845	1080,014145	0,22904	-	69,560491	303,70328
	2	3,5	2,9	377,715	-	8	0	7,4	0	100,046	97,987	971,935	159,257	831,42612	-110,18	2,71914	-42405,066	1046,4916
	3	3,5	2,9	377,715	-	8	0	7,4	0	97,079	-58,124	683,925	105,789	580,43979	1	0,36748	384,86096	141,42795
A5	base	4	3,4	63,696	-	8	0	7,4	0	-12,659	3,309	113,12	0,412	83,44602	1	-0,0481	49,923892	-2,4034067
	1	3,5	2,9	377,715	-	8	0	7,4	0	69,17	-242,408	1224,242	229,779	1068,705435	0,222	-	67,421819	303,70328
	2	3,5	2,9	377,715	-	8	0	7,4	0	119,518	-112,459	940,491	171,259	817,13625	0,51834	0,61917	199,49003	238,29388
	3	3,5	2,9	304,813	-	8	0	7,4	0	118,118	-73,426	662,229	113,349	570,04983	0,73789	0,38056	283,98567	146,46115
A5	4	3,5	2,9	63,696	-	8	0	7,4	0	16,287	-5,549	111,073	0,897	82,29795	1	0,06019	49,923892	3,0047037

Tabel 4.68 Analisis gaya aksial dan momen akibat kekuatan balok arah x pada portal E

kolom	Lantai	h (m)	hn (m)	Mnak.b (kNm)		L blk (m)		Ln blk (m)		ME.k			PD (kN)	PL (kN)	Nu.k (kN)	aka	akb	Mu.k (kNm)	
				kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	atas	bawah	atas						bawah	
E1	base	4	3,4	0	377,589	-	8	-	7,4	127,05	-221,17	1224,4	233,32	1571,904797	0,36486	-	110,77086	303,60197	
	1	3,5	2,9	0	377,589	-	8	-	7,4	144,004	-135,241	939,406	173,764	1210,127297	0,54428	0,51561	209,4015	198,37363	
	2	3,5	2,9	0	377,589	-	8	-	7,4	129,337	-103,755	660,779	114,889	855,7501969	0,65542	0,41877	252,16083	161,11596	
	3	3,5	2,9	0	377,589	-	8	-	7,4	93,58	-59,694	383,987	56,595	503,9098969	1	0,31579	384,73258	121,4945	
E2	base	4	3,4	234,941	377,589	8	2	7,4	1,7	21,288	-16,414	111,108	0,924	124,5755219	1	0,14923	49,745973	7,4234086	
	1	3,5	2,9	234,941	377,589	8	2	7,4	1,7	65,317	-213,742	1704,465	413,1819	2290,524714	0,23406	-	121,54718	519,29564	
	2	3,5	2,9	234,941	377,589	8	2	7,4	1,7	137,315	-106,86	1322,488	312,924	1784,178069	0,5108	0,62064	213,8595	259,84945	
	3	3,5	2,9	234,941	377,589	8	2	7,4	1,7	103,234	-63,662	946,3591	213,1655	1284,496299	0,7443	0,37234	311,62196	155,89219	
E1	base	4	3,4	73,369	63,469	8	2	7,4	1,7	13,902	-5,069	177,0832	12,524	214,0542163	1	0,06328	111,64076	7,0643888	
	1	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	127,05	-221,17	1224,4	233,32	1563,562875	0,36486	-	136,27765	373,51125	
	2	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	144,003	-135,241	939,406	173,764	1201,785375	0,54427	0,51561	257,61781	244,05238	
	3	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	129,337	-103,755	660,779	114,889	847,408275	0,65542	0,41878	310,22496	198,21632	
E2	base	4	3,4	63,469	63,469	6	6	5,4	5,4	21,288	-16,414	111,108	0,924	126,8994958	1	0,31579	304,30079	96,094985	
	1	3,5	2,9	304,267	304,267	6	6	5,4	5,4	-129,861	226,191	1704,465	413,1819	2267,901953	0,36472	-	183,41581	502,88822	
	2	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-155,94	150,934	1322,488	312,924	1761,555308	0,53203	0,53752	295,43808	298,48701	
	3	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-142,168	117,772	946,3591	213,1655	1250,457705	0,63944	0,43028	302,66067	203,66025	
E2	base	4	3,4	63,469	63,469	6	6	5,4	5,4	-104,561	72,296	569,8023	113,3375	750,253665	1	0,3371	473,3235	159,55776	
	1	3,5	2,9	304,267	304,267	6	6	5,4	5,4	-30,484	30,488	177,0832	12,524	208,3473933	1	0,22576	102,27736	23,089636	
	2	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-142,168	117,772	946,3591	213,1655	1250,457705	0,63944	0,43028	302,66067	203,66025	
	3	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-104,561	72,296	569,8023	113,3375	750,253665	1	0,3371	473,3235	159,55776	

Tabel 4.69 Analisis gaya aksial dan momen akibat kekuatan balok arah y pada portal E

kolom	Lantai	h (m)	hn (m)	Mnak.b (kNm)		L blk (m)		Ln blk (m)		ME.k (kNm)			PD (kN)	PL (kN)	Nu.k (kN)	aka	akb	Mu.k (kNm)	
				kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	atas	bawah	atas						bawah	
E1	base	4	3,4	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	127,05	-221,17	1224,4	233,32	1563,562875	0,36486	-	136,27765	373,51125	
	1	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	144,003	-135,241	939,406	173,764	1201,785375	0,54427	0,51561	257,61781	244,05238	
	2	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	129,337	-103,755	660,779	114,889	847,408275	0,65542	0,41878	310,22496	198,21632	
	3	3,5	2,9	145,289	145,289	6	6	5,4	5,4	93,58	-59,694	383,987	56,595	483,799225	1	0,31579	304,30079	96,094985	
E2	base	4	3,4	304,267	304,267	6	6	5,4	5,4	21,288	-16,414	111,108	0,924	126,8994958	1	0,14923	102,25561	15,259229	
	1	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-129,861	226,191	1704,465	413,1819	2267,901953	0,36472	-	183,41581	502,88822	
	2	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-155,94	150,934	1322,488	312,924	1761,555308	0,53203	0,53752	295,43808	298,48701	
	3	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-142,168	117,772	946,3591	213,1655	1250,457705	0,63944	0,43028	302,66067	203,66025	
E2	base	4	3,4	63,469	63,469	6	6	5,4	5,4	-104,561	72,296	569,8023	113,3375	750,253665	1	0,3371	473,3235	159,55776	
	1	3,5	2,9	304,267	304,267	6	6	5,4	5,4	-30,484	30,488	177,0832	12,524	208,3473933	1	0,22576	102,27736	23,089636	
	2	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-142,168	117,772	946,3591	213,1655	1250,457705	0,63944	0,43028	302,66067	203,66025	
	3	3,5	2,9	225,99	225,99	6	6	5,4	5,4	-104,561	72,296	569,8023	113,3375	750,253665	1	0,3371	473,3235	159,55776	

Tabel 4.70 Analisis gaya aksial dan momen akibat kekuatan balok arah x pada portal H

kolom	Lantai	h (m)	hn (m)	Mnak,b		L blk (m)		Ln blk (m)		ME,k (kNm)		PD (kN)	PL (kN)	Nu,k (kN)	aka	akb	Mu,k (kNm)	
				kiri	kanan	kiri	kanan	atas	bawah	atas	bawah							
H1	base	4	3,4	0	225,99	-	8	-	7,4	-104,499	234,301	491,495	38,392	581,0990063	0,30844	-	56,045817	181,70818
	1	3,5	2,9	0	225,99	-	8	-	7,4	-216,952	219,413	380,595	29,079	454,8753563	0,64311	0,67738	148,08569	155,97829
	2	3,5	2,9	0	225,99	-	8	-	7,4	-117,936	85,071	272,055	19,406	330,7517063	0,69169	0,28167	159,27339	64,859018
	3	3,5	2,9	0	145,29	-	8	-	7,4	-85,432	40,825	162,899	9,607	197,0223938	1	0,25715	148,03873	38,067795
H2	base	4	3,4	158,977	304,813	4	4	3,4	3,4	-171,942	266,239	661,669	90,487	840,4908313	0,3924	-	159,24209	405,81625
	1	3,5	2,9	158,977	304,813	4	4	3,4	3,4	216,952	219,413	508,044	67,766	655,3275313	0,53532	0,56065	180,92787	189,49048
	2	3,5	2,9	158,977	225,99	4	4	3,4	3,4	-185,866	160,654	359,868	45,26	467,4901656	0,65131	0,42545	163,20812	106,61156
	3	3,5	2,9	158,977	145,29	4	4	3,4	3,4	-124,717	91,908	211,864	22,821	279,6984531	1,01443	0,33087	163,42557	53,30401
H3	base	4	3,4	73,369	63,696	4	4	3,4	3,4	-31,035	27,345	61,262	0,155	79,47933438	0,5316	0,17983	62,148881	12,700822
	1	3,5	2,9	158,977	304,813	4	2	3,4	1,7	-98,126	230,468	751,597	118,871	964,7184313	0,29862	-	79,646373	266,71138
	2	3,5	2,9	158,977	304,813	4	2	3,4	1,7	-116,782	109,225	588,983	92,598	766,3870813	0,51672	0,52676	174,6425	178,03764
	3	3,5	2,9	158,977	225,99	4	2	3,4	1,7	-107,955	74,855	422,985	63,946	553,3833156	0,59053	0,39061	147,97709	97,879807
H3	base	4	3,5	73,369	63,696	4	4	3,4	3,4	-74,72	30,848	253,759	34,485	335,9354031	0,70779	0,22224	114,02569	35,803569
	1	3,5	2,9	158,977	304,813	4	2	3,4	1,7	-11,014	2,898	87,018	6,297	112,9722344	0,79169	0,03734	43,011713	2,0284634
	2	3,5	2,9	158,977	304,813	4	2	3,4	1,7	-116,782	109,225	588,983	92,598	766,3870813	0,51672	0,52676	174,6425	178,03764
	3	3,5	2,9	158,977	225,99	4	2	3,4	1,7	-107,955	74,855	422,985	63,946	553,3833156	0,59053	0,39061	147,97709	97,879807

Tabel 4.71 Analisis gaya aksial dan momen akibat kekuatan balok arah y pada portal H

kolom	Lantai	h (m)	hn (m)	Mnak,b		L blk (m)		Ln blk (m)		ME,k (kNm)		PD (kN)	PL (kN)	Nu,k (kN)	aka	akb	Mu,k (kNm)	
				kiri	kanan	kiri	kanan	atas	bawah	atas	bawah							
H1	base	4	3,4	0	225,99	0	4	0	3,4	95,005	-203,228	491,495	38,392	389,466945	0,31856	-	62,992383	197,74125
	1	3,5	2,9	0	225,99	0	4	0	3,4	102,517	-90,593	380,595	29,079	301,11039	0,55941	0,48811	332,33824	122,31311
	2	3,5	2,9	0	225,99	0	4	0	3,4	92,666	-64,447	272,055	19,406	214,223835	0,72622	0,38599	332,33824	96,723392
	3	3,5	2,9	0	145,29	0	4	0	3,4	63,154	-28,392	162,899	9,607	126,79191	1	0,23453	213,66176	37,783366
H2	base	4	3,4	0	225,99	0	4	0	3,4	11,909	-2,283	56,492	0,633	41,986875	1	0,03489	93,336765	1,8887012
	1	3,5	2,9	0	225,99	0	4	0	3,4	27,972	-165,563	661,669	90,487	562,83466	0,14453	-	28,579938	197,74125
	2	3,5	2,9	0	225,99	0	4	0	3,4	45,788	-31,384	508,044	67,766	423,22035	0,60062	0,52874	332,33824	132,49373
	3	3,5	2,9	0	145,289	0	4	0	3,4	44,85	-7,279	359,868	45,26	297,76908	1	0,13717	332,33824	34,371528
H3	base	4	3,5	0	63,496	0	4	0	3,4	33,367	-7,327	211,864	22,821	172,493475	1	0,14043	213,66029	22,622586
	1	3,5	2,9	0	304,813	0	4	0	3,4	7,221	-11,7	61,262	0,155	45,141495	1	0,25961	93,376471	14,060238
	2	3,5	2,9	0	225,99	0	4	0	3,4	-101,525	216,471	751,597	118,871	639,79398	0,31927	-	85,151613	266,71138
	3	3,5	2,9	0	225,99	0	4	0	3,4	-110,865	103,594	588,983	92,598	500,962035	0,53998	0,50504	332,33824	126,55531
H3	base	4	3,5	0	145,289	0	4	0	3,4	-101,72	75,627	422,985	63,946	357,894285	0,68881	0,40552	332,33824	101,61746
	1	3,5	2,9	0	145,289	0	4	0	3,4	-72,043	34,892	253,759	34,485	211,85934	1	0,25541	213,66029	41,146432
	2	3,5	2,9	0	145,289	0	4	0	3,4	-14,809	6,804	87,018	6,297	68,586525	1	0,08629	93,670588	4,6879485
	3	3,5	2,9	0	63,696	0	4	0	3,4	-14,809	6,804	87,018	6,297	68,586525	1	0,08629	93,670588	4,6879485

	A4				basement	A5			
	1	2	3	4		1	2	3	4
basement	1	2	3	4	basement	1	2	3	4
377,756	169,808	150,059	236,662	61,45	226,991	146,845	128,739	89,161	29,911
303,703	247,448	384,861	384,861	108,604	303,703	238,294	283,986	310,579	81,906
1692,313	1237,187	869,808	521,447	133,142	1676,167	1216,773	854,955	603,715	130,502
581,16308	261,24308	230,86	364,09538	94,538462	348,7553846	225,9153846	198,06	137,1707692	46,01692308
467,23538	380,66923	592,09385	592,09385	167,08308	467,2353846	366,6061538	436,9015385	477,8138462	126,0092308
2449,7123	1903,3646	1338,1662	802,22615	204,83385	2424,866923	1871,958462	1315,330769	774,9461538	200,7723077
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
539	539	539	539	539	539	539	539	539	539
780,16935	521,35858	716,40308	788,14521	217,9884	655,0267456	408,2528994	543,5492308	551,6750296	150,787574
318,47387	273,91419	535,36183	982,44766	1064,2206	270,1300598	260,8246441	413,2414777	711,8882091	751,0377088
1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
379,94	379,94	379,94	379,94	379,94	379,94	379,94	379,94	379,94	379,94
4,7375901	4,7375901	4,7375901	4,7375901	4,7375901	4,737590146	4,737590146	4,737590146	4,737590146	4,737590146
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1899,7	1899,7	1899,7	1899,7	1899,7	1899,7	1899,7	1899,7	1899,7	1899,7
0,0058741	0,0058741	0,0058741	0,0058741	0,0058741	0,00587415	0,00587415	0,00587415	0,00587415	0,00587415
323,4	323,4	323,4	323,4	323,4	323,4	323,4	323,4	323,4	323,4
274,89	274,89	274,89	274,89	274,89	274,89	274,89	274,89	274,89	274,89
486,82746	486,82746	486,82746	486,82746	486,82746	486,8274583	486,8274583	486,8274583	486,8274583	486,8274583
400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
3880,2163	3880,2163	3880,2163	3880,2163	3880,2163	3880,21634	3880,21634	3880,21634	3880,21634	3880,21634
1001,3208	1001,3208	1001,3208	1001,3208	1001,3208	1001,320784	1001,320784	1001,320784	1001,320784	1001,320784
258,05798	258,05798	258,05798	258,05798	258,05798	258,0579782	258,0579782	258,0579782	258,0579782	258,0579782
patah tk	patah tk	patah tk	patah tk	patah tk	patah tk	patah tk	patah tk	patah tk	patah tk
-0,0342743	0,0483967	-0,4366339	-1,2661367	-1,417849	0,055417329	0,072681551	-0,21009551	-0,76417107	-0,83680465
2967,7923	3614,7833	1294,1096	613,467	465,36289	3675,477543	3828,459706	1986,883559	824,1130468	760,4162258
945,16428	990,14182	692,81687	602,69922	495,24878	992,856684	996,56664	821,062698	585,676361	671,10126
OKI	OKI	OKI	OKI	OKI	OKI	OKI	OKI	OKI	OKI
945,16428	990,14182	692,81687	602,69922	495,24878	992,856684	996,56664	821,062698	586,676361	571,10126
0,494343	0,3844795	0,8546181	0,9824035	0,337377	0,470596873	0,367136063	0,53217145	0,814441961	0,220642537

Tabel 4.75 Gaya Geser Rencana Kolom Portal A

Kolom	Lantai	Mu,k (kNm)		VD,k (kN)	VL,k (kN)	VE,k (kN)	Vu,k (kN)	Vu,k maks (kN)
		Atas	Bawah					
A1	base	62,638	197,741	4,941	0,955	74,335	76,562059	318,3978
	1	146,066	119,202	10,506	2,329	53,916	91,471724	239,92395
	2	173,216	86,129	11,085	2,549	42,577	89,42931	193,1391
	3	161,099	36,369	12,513	2,951	23,097	68,092414	113,2446
	4	54,135	10,959	6,08	1,468	1,889	22,446207	15,8592
A2	base	154,614	395,482	0,493	0,27	95,571	161,79294	402,19935
	1	100,275	86,177	0,74	0,197	99,361	64,293793	418,30005
	2	161,099	66,658	1,988	0,503	77,379	78,536897	327,60735
	3	174,233	65,182	2,659	0,683	46,527	82,556897	198,9722
	4	62,573	35,318	2,556	0,977	10,661	33,755517	48,48585
A3	base	83,564	330,501	0,198	0,517	94,355	121,78382	397,04175
	1	182,098	163,819	1,113	0,774	97,049	119,28172	409,58715
	2	233,123	129,418	3,308	0,292	77,927	125,01414	331,0734
	3	337,984	71,338	3,813	0,21	49,164	141,14552	210,71295
	4	54,329	11,898	6,755	0,417	12,483	22,636897	59,9592
A4	base	140,315	377,756	1,388	0,062	89,639	152,37382	378,0063
	1	197,389	235,787	3,803	0,569	86,232	149,37103	366,765
	2	384,861	141,428	4,32	0,661	69,553	181,47897	297,35265
	3	384,861	72,942	5,103	0,829	43,797	157,8631	190,176
	4	61,45	13,481	3,065	0,561	9,751	25,838276	44,7615
A5	base	67,422	303,703	2,251	0,795	87,621	109,15441	371,2065
	1	199,49	238,294	3,49	1,116	81,613	150,96	347,6109
	2	283,986	146,461	2,728	0,914	65,794	148,43	220,1589
	3	310,579	62,724	2,692	0,903	41,152	128,72517	176,61315
	4	49,924	5,608	0,752	0,079	8,629	19,148966	37,11435

Tabel 4.76
Penulangan Geser Kolom Portal A

Kolom	Lantai	Vu,k (kN)	Nu,k (kN)	Av (mm ²)	Daerah sendi plastis				Luar sendi plastis					
					Vu,k terh (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	s (mm)	Tul.pakai	Vu,k terh (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	s (mm)	Tul.pakai
A1	base	76,5820588	616,909	157,08	64,44155009	0	107,40258	189,19348	P10-100	107,4025835	285,2469	-106,2426	-191,2592	P10-160
	1	91,4717241	491,144	157,08	74,47060024	0	124,11767	163,71456	P10-100	124,1176671	285,23979	-78,37701	-259,258	P10-160
	2	89,4293103	364,432	157,08	72,8077937	0	121,34632	167,45352	P10-100	121,3463228	285,23261	-82,98874	-244,8509	P10-160
	3	68,0924138	224,767	157,08	55,43661686	0	92,394361	219,92542	P10-100	92,39436147	285,22471	-131,2341	-154,8368	P10-160
A2	4	15,8592	85,513	157,08	12,91157628	0	21,519294	94,26281	P10-100	21,51929379	285,21683	-249,3513	-81,49091	P10-160
	base	161,792941	977,584	157,08	136,1440014	0	226,90667	89,55166	P10-80	226,906669	285,26731	92,910469	218,7038	P10-160
	1	64,2937931	751,372	157,08	52,3440157	0	87,240026	232,9191	P10-100	87,24002616	285,25451	-139,8545	-145,293	P10-160
	2	78,5368966	548,309	157,08	63,93986647	0	106,56644	190,67793	P10-100	106,5664441	285,24302	-107,6323	-188,7897	P10-160
A3	3	82,5568966	316,967	157,08	67,21270095	0	45,802745	443,63867	P10-100	45,80274495	285,22993	-98,52798	-206,2345	P10-160
	4	33,7555172	84,506	157,08	27,48164697	0	170,79584	118,97168	P10-100	170,7958427	285,21677	-208,8789	-97,28064	P10-160
	base	121,783824	1341,017	157,08	102,4775056	0	161,85296	125,54524	P10-100	161,8529602	285,27118	-15,51625	-1309,587	P10-160
	1	119,281724	1045,939	157,08	97,1117761	0	159,63125	119,78647	P10-100	159,6312527	285,25371	-2,534951	-8015,884	P10-160
A4	2	125,014138	737,126	157,08	101,7787516	0	191,51987	105,09797	P10-100	191,5198656	285,23625	33,963526	598,285	P10-160
	3	141,145517	428,685	157,08	114,9119194	0	30,987306	655,74815	P10-100	30,98730618	285,21835	-233,5728	-86,99585	P10-160
	4	22,8368966	112,431	157,08	18,59238371	0	213,69682	95,087372	P10-80	213,6968182	285,3021	70,859264	286,7638	P10-160
	base	152,373824	1592,313	157,08	128,2180909	0	246,24818	82,517843	P10-80	246,2481825	285,26121	125,15242	162,361	P10-160
A5	1	149,371034	1237,187	157,08	121,608625	0	202,68104	100,2554	P10-80	202,6810416	285,282	52,519733	386,8997	P10-160
	2	181,478966	869,808	157,08	147,7489095	0	246,24818	82,517843	P10-80	246,2481825	285,26121	125,15242	162,361	P10-160
	3	157,863103	521,447	157,08	128,5223404	0	214,2039	94,862272	P10-80	214,2039007	285,2415	71,765001	283,1445	P10-160
	4	25,8382759	133,142	157,08	21,03592045	0	35,059867	579,57632	P10-100	35,05986742	285,21953	-226,7864	-89,59915	P10-160
A5	base	109,154412	1576,157	157,08	91,85022708	0	153,08371	132,73697	P10-100	153,0837118	285,30119	-30,16167	-673,6985	P10-160
	1	150,96	1216,773	157,08	122,9022621	0	204,8371	99,200137	P10-100	204,8371034	285,28085	56,114324	362,1155	P10-160
	2	148,43	854,965	157,08	120,8424931	0	201,40416	100,89101	P10-100	201,4041552	285,26037	50,413218	403,0663	P10-160
	3	128,725172	503,715	157,08	104,8000455	0	174,66674	116,33508	P10-100	174,6667426	285,2405	5,8707412	3461,21	P10-160
4	19,1489655	131,502	157,08	15,58989917	0	25,983165	782,03978	P10-100	25,98316528	285,21943	-241,9142	-83,9962	P10-160	

Tabel 4.77 Gaya Geser Rencana Kolom Portal E

Kolom	Lantai	Mu,k (kNm)		VD,k (kN)	VL,k (kN)	VE,k (kN)	Vu,k (kN)	Vu,k maks (kN)
		Atas	Bawah					
E1	base	136,278	373,511	32,825	11,383	68,365	149,93794	333,5556
	1	257,618	244,052	58,957	20,381	58,716	172,98966	329,9121
	2	310,225	198,216	53,501	18,346	45,456	175,32448	266,35455
	3	384,732	121,495	58,612	20,442	26,844	174,56103	195,7515
E2	4	102,256	15,259	18,485	4,661	4,948	40,522414	45,0849
	base	183,415	519,295	13,355	4,42	69,765	206,67941	311,67675
	1	295,438	298,487	37,742	12,814	61,193	204,80172	310,0944
	2	311,629	203,66	31,571	10,733	47,684	177,68586	244,692
	3	473,323	159,553	39,678	14,274	29,055	218,23483	178,6806
	4	111,041	23,089	11,661	2,746	5,421	45,458621	37,89555

Tabel 4.78 Penulangan Geser Kolom Portal E

Kolom	Lantai	Vu,k (kN)	Nu,k (kN)	Av (mm ²)	Daerah sendi plastis				Luar sendi plastis					
					Vu,k teth (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	s (mm)	Tul.pakai	Vu,k terh (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	s (mm)	Tul.pakai
E1	base	149,937941	1571,905	157,08	126,1683676	0	210,28061	96,632155	P10-80	210,2806126	285,3009	-75,0203323	160	P10-160
	1	172,989655	1210,127	157,08	140,83744	0	234,72907	86,567331	P10-80	234,7290666	285,2805	-50,5514054	160	P10-160
	2	175,324433	855,75	157,08	142,7383117	0	237,89719	85,414498	F10-80	237,8971861	285,2604	-47,3632319	160	P10-160
	3	174,561034	503,909	157,08	142,1167595	0	236,86127	85,788061	P10-80	236,8612658	285,2405	-48,3792416	160	P10-160
E2	4	40,522413E	124,575	157,08	32,99083413	0	54,984724	369,55481	P10-100	54,98472354	285,219	-230,234317	160	P10-160
	base	206,670412	2290,524	157,08	173,9146462	0	289,85774	70,102901	P10-70	289,8577437	285,3416	4,5161323	160	P10-160
	1	204,801724	1784,178	157,08	166,736852	0	277,89475	73,120736	P10-70	277,8947533	285,313	-7,41820413	160	P10-160
	2	177,685862	1284,496	157,08	144,6608001	0	241,10133	84,279371	P10-70	241,1013335	285,2847	-44,183347	160	P10-160
	3	218,234828	784,292	157,08	177,673251	0	296,12209	68,619903	P10-70	296,122085	285,2564	10,8657109	160	P10-160
	4	37,895	214,054	157,08	30,8517569	0	51,419595	395,17754	P10-100	51,41959483	285,2241	-233,80451	160	P10-160

Tabel 4.79 Gaya Geser Rencana Kolom Portal H

Kolom	Lantai	Mu,k (kNm)		VD,k (kN)	VL,k (kN)	VE,k (kN)	Vu,k (kN)	Vu,k maks (kN)
		Atas	Bawah					
H1	base	62,992	197,741	1,44	0,205	84,699	76,686176	357,46305
	1	332,338	155,978	5,247	0,409	69,854	168,38483	299,3256
	2	332,338	96,723	3,771	0,045	58,002	147,95207	247,6152
	3	213,662	38,067	5,109	0,446	36,074	86,803103	157,34355
H2	4	93,336	2,091	0,632	0,138	6,226	32,905862	26,9577
	base	159,242	405,816	5,314	1,832	109,545	166,19353	467,5923
	1	332,338	189,49	10,273	3,405	124,874	179,94069	538,8327
	2	332,338	106,611	11,153	3,632	99,372	151,36172	432,88665
H3	3	213,66	53,304	11,478	3,622	62,277	92,056552	277,4184
	4	93,376	14,06	10,127	2,279	17,001	37,046897	84,4305
	base	85,152	266,711	3,749	0,908	82,195	103,48912	350,10885
	1	332,338	178,037	5,808	1,061	64,573	175,99138	278,41905
H3	2	332,338	101,617	5,88	1,15	52,372	149,63966	227,3439
	3	213,66	41,146	7,239	1,319	30,615	87,864138	137,5689
	4	93,67	4,688	3,478	0,806	2,319	33,916552	14,238

Penulangan Geser Kolom Portal H

Kolom	Lantai	Vu,k (kN)	Nu,k (kN)	Av (mm ²)	Daerah sendi plastis				Luas sendi plastis					
					Vu,k terh (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	s (mm)	Tul.pakai	Vu,k ter (kN)	Vc (kN)	Vs (kN)	s (mm)	Tul.pakai
H1	base	76,6861765	581,099	157,08	64,52916202	0	107,5486	188,93661	P10-00	107,5486034	285,24488	-177,6163	-14,351	P10-160
	1	168,384828	454,875	157,08	137,0894751	0	228,48079	88,934692	P10-00	228,4807919	285,23773	-56,75694	-3,80156	P10-160
	2	147,952069	330,751	157,08	120,4533913	0	200,75565	101,21692	P10-00	200,7556522	285,23071	-84,47106	-2,10,5421	P10-160
	3	86,8031034	197,022	157,08	70,66969905	0	117,78283	172,51978	P10-00	117,7828317	285,22314	-167,4103	-1,21,3551	P10-160
H2	4	26,9577	66,923	157,08	21,9472861	0	36,57881	555,50929	P10-00	36,57881017	285,21578	-248,637	-8,1,72501	P10-160
	base	166,193529	840,491	157,08	139,846967	0	233,07828	87,180448	P10-00	233,0782783	285,25955	-52,18,28	-3,39,4091	P10-160
	1	179,94069	555,327	157,08	146,4969408	0	244,1609	83,223271	P10-00	244,1609013	285,24908	-41,08117	-4,94,543	P10-160
	2	151,361724	467,49	157,08	123,2293209	0	205,3822	98,936854	P10-00	205,3822015	285,23845	-79,85624	-2,34,4551	P10-160
H2	3	92,0565517	279,698	157,08	74,94673056	0	124,91122	162,67449	P10-00	124,9112176	285,22782	-160,3,66	-1,26,7481	P10-160
	4	37,0468966	79,479	157,08	30,16128371	0	50,268806	404,22422	P10-00	50,26880618	285,21649	-234,91,77	-8,1,48671	P10-160
	base	103,489118	964,718	157,08	87,0830487	0	145,13941	140,00338	P10-00	145,1394145	285,26658	-140,11,82	-1,15,0091	P10-160
	1	175,991379	766,387	157,08	143,2812574	0	238,8021	85,090831	P10-00	238,8020957	285,25536	-46,45,27	-4,37,4261	P10-160
H2	2	149,639655	553,383	157,08	121,8273193	0	203,04553	100,07543	P10-00	203,0455321	285,24331	-82,19,77	-4,47,2071	P10-160
	3	87,8641379	335,935	157,08	71,53352747	0	119,22255	170,43646	P10-00	119,2225458	285,231	-166,0185	-1,22,4021	P10-160
	4	14,238	112,972	157,08	11,59169586	0	19,319493	1051,7806	P10-00	19,3194931	285,21838	-265,8189	-7,1,41951	P10-160

Tabel 4.80 Perencanaan Pondasi Gabungan

Pondasi	Gab 1	Gab 2
σ tanah (KN/m ²)	400	400
f'c (MPa)	28	28
fy (MPa)	400	400
γ_b beton (KN/m ³)	24	24
γ_b tanah (KN/m ³)	1.744	1.744
P1 (KN)	1360.768	1958.012
Mx1 tetap (KNm)	39.42	29.854
My1 tetap (KNm)	26.26	9.951
Mx1 sementara (KNm)	260.15	244.495
My1 sementara (KNm)	260.24	254.71
P2 (kN)	651.224	2272.587
Mx2 tetap (kNm)	10.76	31.681
My2 tetap (kNm)	27.12	26.146
Mx2 sementara (kNm)	237.67	265.593
My2 sementara (kNm)	233.52	291.89
h kolom (m)	3.4	3.4
b _k (m)	0.6	0.6
h _k (m)	0.6	0.6
tebal pelat (tf) (m)	0.6	0.6
σ netto tanah (KN/m ²)	379.670	379.670
Tinjauan Beban Tetap		
R (kN)	2011.992	4230.599
r (m)	4	2
r1 (m)	1.32732933	1.08376592
r2 (m)	2.67267067	0.91623408
a1 (m)	1.84534133	0.33246817
a2 (m)	0.5	0.5
B _x perlu (m)	6.34534133	2.83246817
B _y perlu (m)	0.8351501	3.9339613
B _x pakai (m)	6.5	3
B _y pakai (m)	2	4
A (m ²)	13	12
e _x (m)	0.02494046	0.01454522
e _y (m)	0.02653092	0.00853236
σ terjadi (KN/n.2)	170.650	367.318
Kontrol tegangan	Ok !	Ok !
Tinj Beban Sementr		
e _x (m)	0.2474	0.1206
e _y (m)	0.2454	0.1292
1.5 σ netto tanah (KN/m ²)	569.506	569.506
σ terjadi (KN/m ²)	304.061	505.890
Kontrol tegangan	Ok !	Ok !
Geser satu arah		
Arah x		
q _u pakai (kN/m ²)	309.537231	1410.19967
d (m)	0.519	0.519
V _u (kN)	488.183	-413.260
V _u /Ø (KN)	813.638	-688.766
V _c (KN)	915.430	1830.860
Kontrol Geser	Ok !	Ok !
Geser dua arah		
Kolom P1		
x (m)	1.119	1.119

y (m)	1.119	1.119
V _u (kN)	980.034	1324.557
V _u /Ø (KN)	1633.390	2207.595
β _c ≥ 1	1.000	1.000
b _o (m)	4.476	4.476
V _{c1} (KN)	73754	73754
V _{c2} (KN)	49170	49170
V _c pakai (KN)	49170	49170
Kontrol Geser	Ok !	Ok !
Kolom P2		
x (m)	1.119	1.119
y (m)	1.119	1.119
V _u (kN)	270.490	1639.132
V _u /Ø (KN)	450.817	2731.886
β _c ≥ 1	1.000	1.000
b _o (m)	4.476	4.476
V _{c1} (KN)	73754	73754
V _{c2} (KN)	49170	49170
V _c pakai (KN)	49170	49170
Kontrol Geser	Ok !	Ok !
Kuat Tump. Pond		
A ₁ (m ²)	0.72	0.72
A ₂ (m ²)	13	12
√(A ₂ /A ₁)	2	2
Ø P _n pondasi (KN)	23990	23990
Ø P _n kolom (KN)	11995	11995
Kontrol tumpuan	Ok !	Ok !

Tabel 4.80

lanjutan

Perencanaan tul lentur	Gab 1				Gab 2			
	Arah Memanjang (X)		Arah Pendek (Y)		Arah Memanjang (X)		Arah Pendek (Y)	
	Momen (+)	Momen (-)	Kolom P1	Kolom P2	Momen (+)	Momen (-)	Kolom P1	Kolom P2
L (m)			0.700	0.700			1.700	1.700
qu max (kN/m ²)			956.755	609.577			519.382	596.733
qu min (kN/m ²)			259.302	-27.608			355.512	418.722
qun (kN/m ²)			712.647	386.563			462.027	534.429
Mu (KN-M)	619.074	269.527	174.598	94.708	705.099	382.267	667.630	772.250
Mu/Q (KN-M)	773.843	336.909	218.248	118.385	881.374	477.834	834.537	965.312
f'c (Mpa)	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
fy (Mpa)	400	400	400	400	400	400	400	400
b (mm)	2000	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600
d (mm)	519	519	519	519	519	519	519	519
β1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ρb	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303
ρ max	0.0228	0.0228	0.0228	0.0228	0.0228	0.0228	0.0228	0.0228
ρ min	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
Rn	1.436	0.625	0.810	0.440	3.272	1.774	3.098	3.584
m	16.807	16.807	16.807	16.807	16.807	16.807	16.807	16.807
ρ	0.0037	0.0016	0.0021	0.0011	0.0088	0.0046	0.0083	0.0098
1,33 ρ	0.0049	0.0021	0.0027	0.0015	0.0118	0.0061	0.0111	0.0130
ρ pakai	0.0037	0.0021	0.0027	0.0015	0.0088	0.0046	0.0083	0.0098
As perlu (mm ²)	3847.402	2187.552	1422.864	765.573	4586.079	2394.543	4322.441	5065.293
0,002 bh (mm ²)	2400.00	2400.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
Asp (mm ²)	3847.402	2400.000	1422.864	1200.000	4586.079	2394.543	4322.441	5065.293
Ø tul pokok (mm)	22	22	22	22	22	22	22	22
A1Ø pokok (mm ²)	380.133	380.133	380.133	380.133	380.133	380.133	380.133	380.133
Jarak tul (s) (mm)	197.605	316.777	267.160	316.777	82.888	158.750	87.944	75.047
s pakai (mm)	190	250	250	250	80	150	80	70
Asada (mm ²)	4001.397	3041.062	1520.531	1520.531	4751.659	2534.218	4751.659	5430.467
a (mm)	33.625	25.555	25.555	25.555	79.860	42.592	79.860	91.268
Mh (KN-M)	803.780	615.781	307.891	307.891	910.551	504.516	910.551	1028.239
Kontrol	OK... I	OK... I	OK... I	OK... I	OK... I	OK... I	OK... I	OK... I
Tul. Pokok	D22 - 190	D22 - 250	D22 - 250	D22 - 250	D22 - 80	D22 - 150	D22 - 80	D22 - 70

Perencanaan Tulangan Peiat Bordes dan Tangga

	Bordes	Tangga	
		Tumpuan	Lapangan
Mu (kNm)	25.33	51.86	41.23
Mu/φ (kNm)	31.6625	64.825	51.5375
f _c (Mpa)	28	28	28
f _y (Mpa)	400	400	400
b (mm)	1475	1475	1475
h (mm)	120	144.22	144.22
d (mm)	93.5	93.5	93.5
ρ _b	0.0303	0.0303	0.0303
ρ _{mak}	0.0227	0.0227	0.0227
ρ _{min}	0.0035	0.0035	0.0035
R _n (Mpa)	2.455444	5.027213	3.99676
m	16.8067	16.8067	16.8067
ρ _{perlu}	0.006493	0.014282	0.011011
1.33.ρ _{perlu}	0.008636	0.018995	0.014644
ρ _{pakai}	0.006493	0.014282	0.011011
As _{perlu} (mm ²)	895.4659	1969.666	1518.555
0.002.b.h (mm ²)	354	425.449	425.449
As _{pakai} (mm ²)	895.4659	1969.666	1518.555
Ø tul pokok (mm)	13	13	13
A1Ø pokok (mm ²)	132.732	132.732	132.732
s (mm)	218.6345	99.39739	128.925
s _{pakai} (mm)	210	90	120
As _{ada} (mm ²)	932.2843	2175.33	1631.498
a (mm)	10.62281	24.78655	18.58992
M _n (kNm)	32.88674	70.57355	54.95213
Kontrol	OK	OK	OK
Tul. Pokok	D13-210	D13-90	D13-120
As _{bagi} (mm ²)	354	425.449	425.449
Øtul. Bagi (mm)	8	8	8
A1Ø _{bagi} (mm ²)	50.265	50.265	50.265
s (mm)	209.4375	174.265	174.265
s _{pakai} (mm)	200	170	170
Tul _{bagi}	P8-200	P8-170	P8-170

Tabel 4.82 Perencanaan Balok Bordes

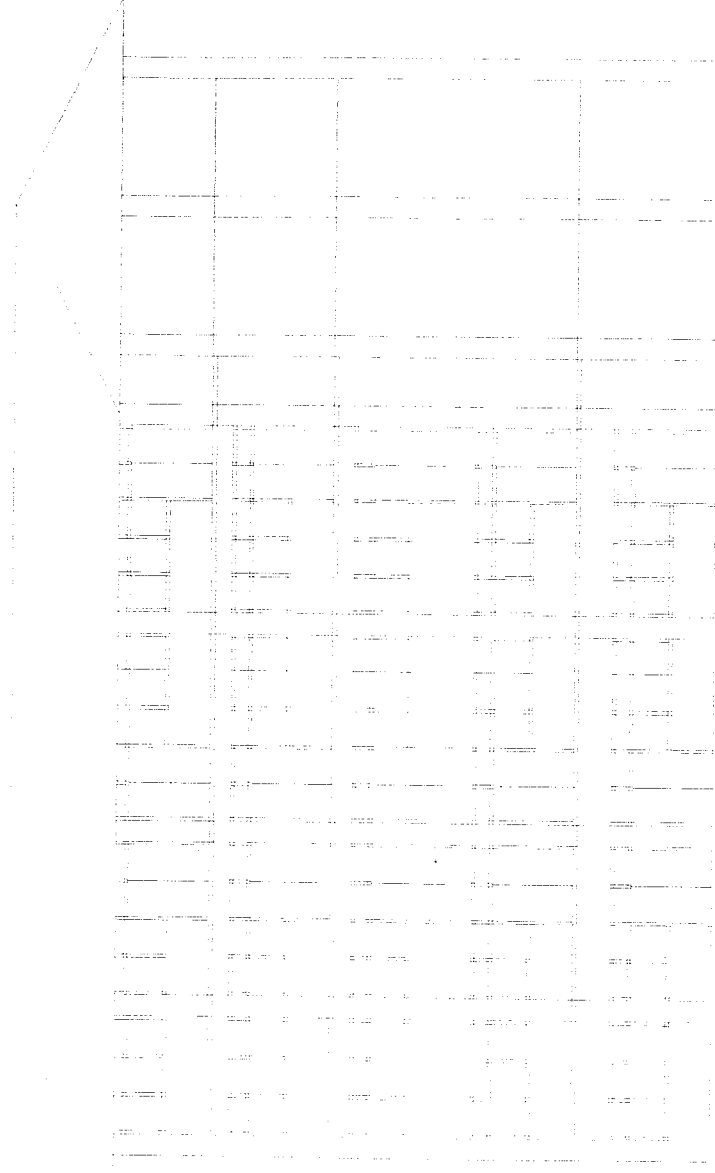
	Tumpuan	Lapangan
Mu (KNm)	29,2800	42,5890
Mu/φ (KNm)	36,6	53,23625
f'c (Mpa)	28	28
fy (Mpa)	400	400
β1	0,85	0,85
m	16,8067227	16,8067227
pb	0,030345	0,030345
ρmaks	0,02275875	0,02275875
ρmin	0,0035	0,0035
ρpakai	0,01137938	0,01137938
Rn (Mpa)	4,11648891	4,11648891
b.d2 perlu	8891072,18	12932441
b (mm)	250	250
dperlu	188,584964	227,441782
h (mm)	400	400
dpakai	330	330
	dpakai > dperlu	
Perencanaan	Tul.sebelah	Tul.sebelah
Rnbaru (Mpa)	1,34435262	1,95541781
pbaru	0,00371625	0,00540544
1,33.pbaru	0,00494261	0,00718923
ρpakai	0,00371625	0,00540544
Asperlu	306,590625	445,9488
Øtul (mm)	16	16
A1Øtul (mm ²)	200,96	200,96
jumlah tul.pakai	2	3
Asada (mm ²)	401,92	602,88
s (mm) >25 mm	100	42
a (mm)	27,0198319	40,5297479
Mn (KNm)	50,8814778	74,6932451
kontrol	OK	OK

LAMPIRAN III



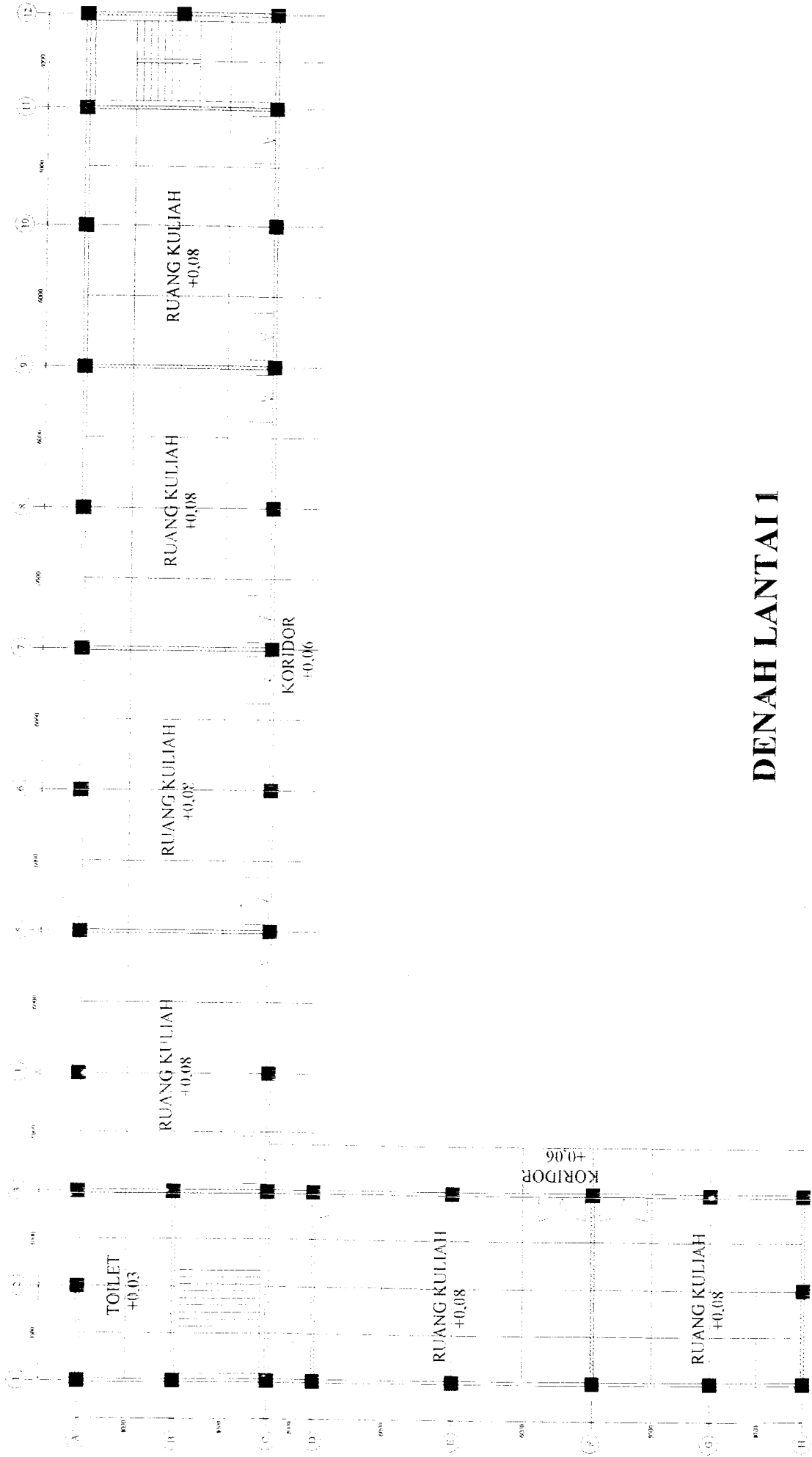
TAMPAK DEPAN

Gambar 1



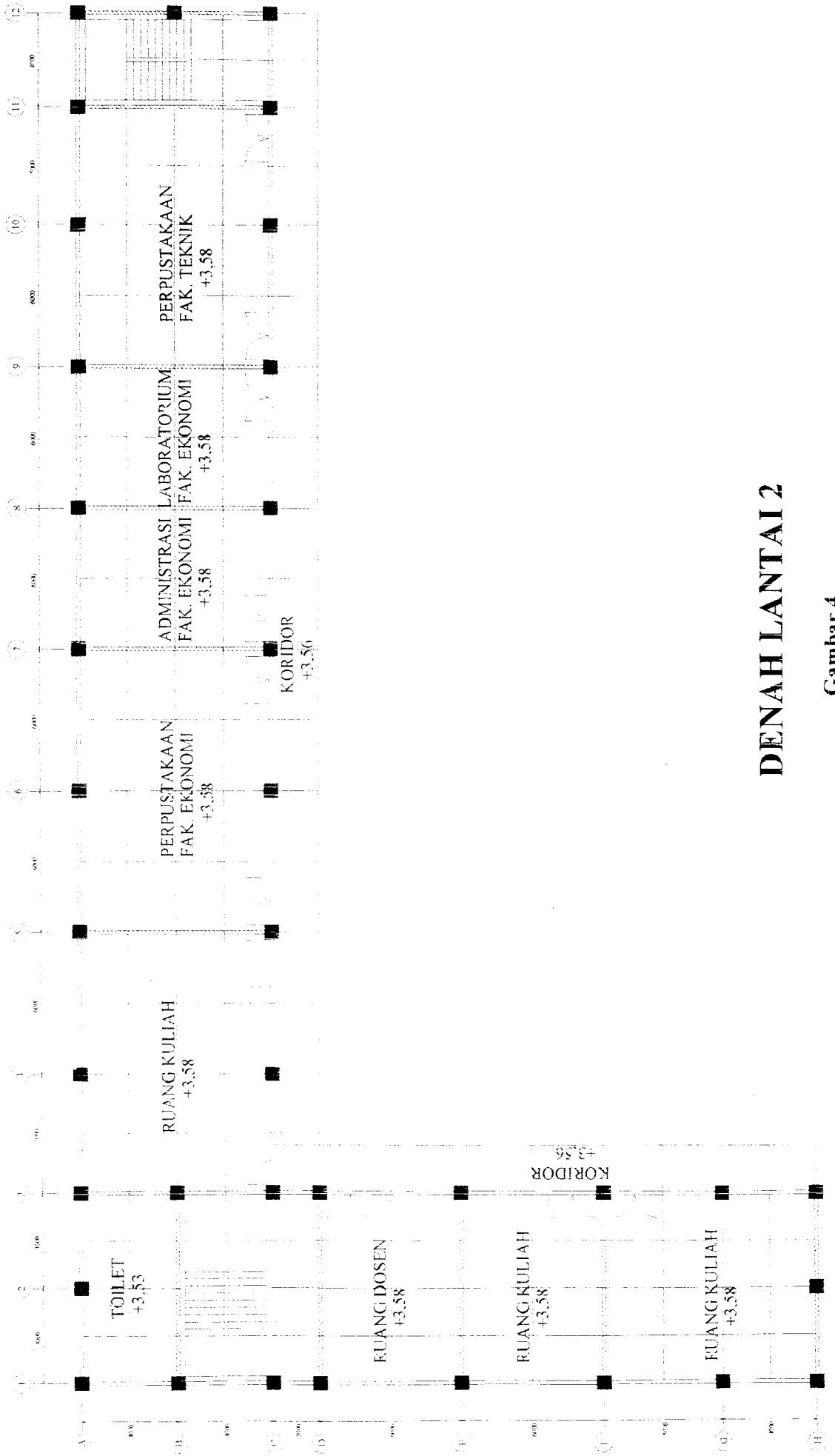
TAMPAK SAMPING
KANAN

Gambar 2



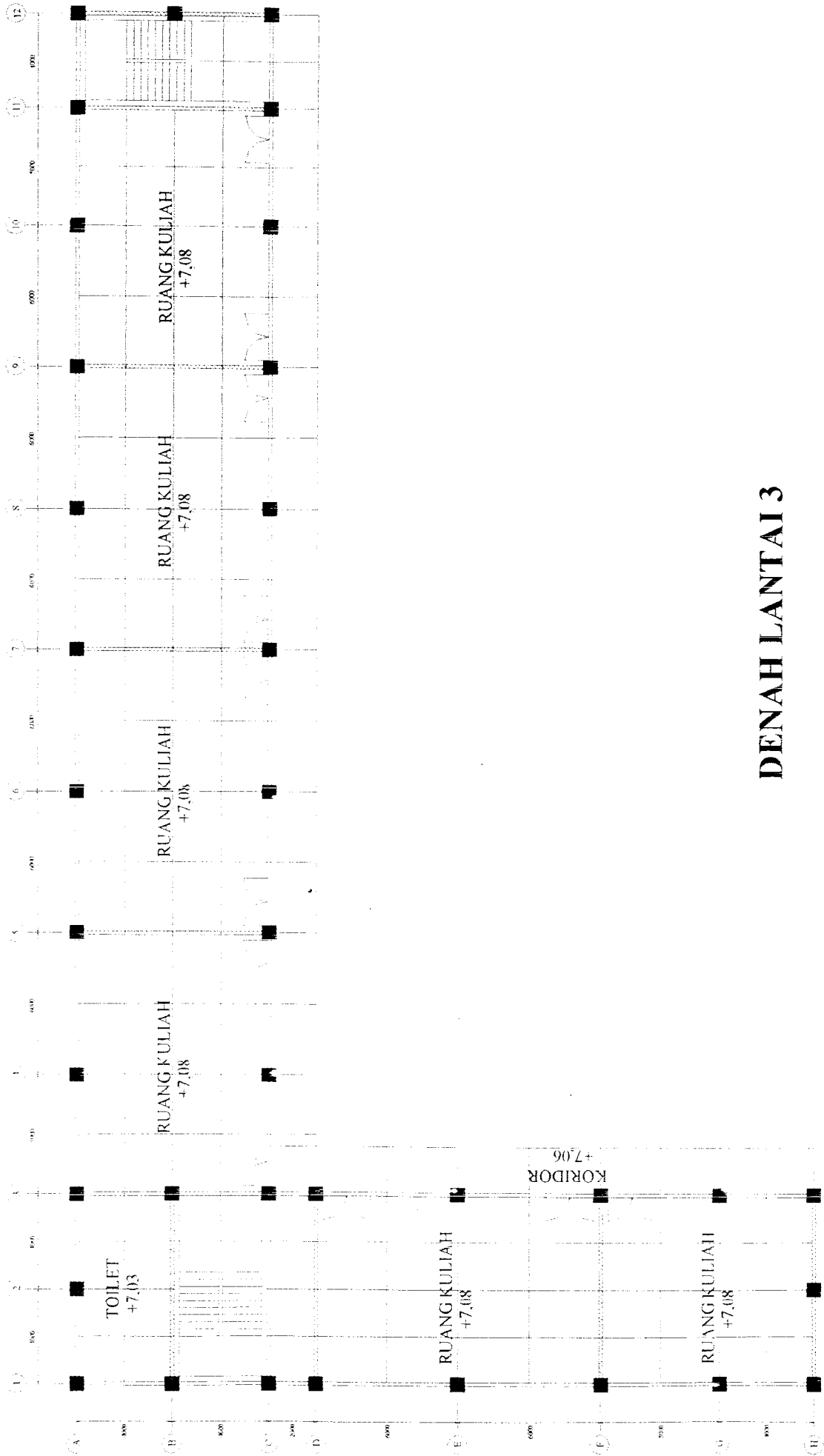
DENAH LANTAI I

Gambar 3



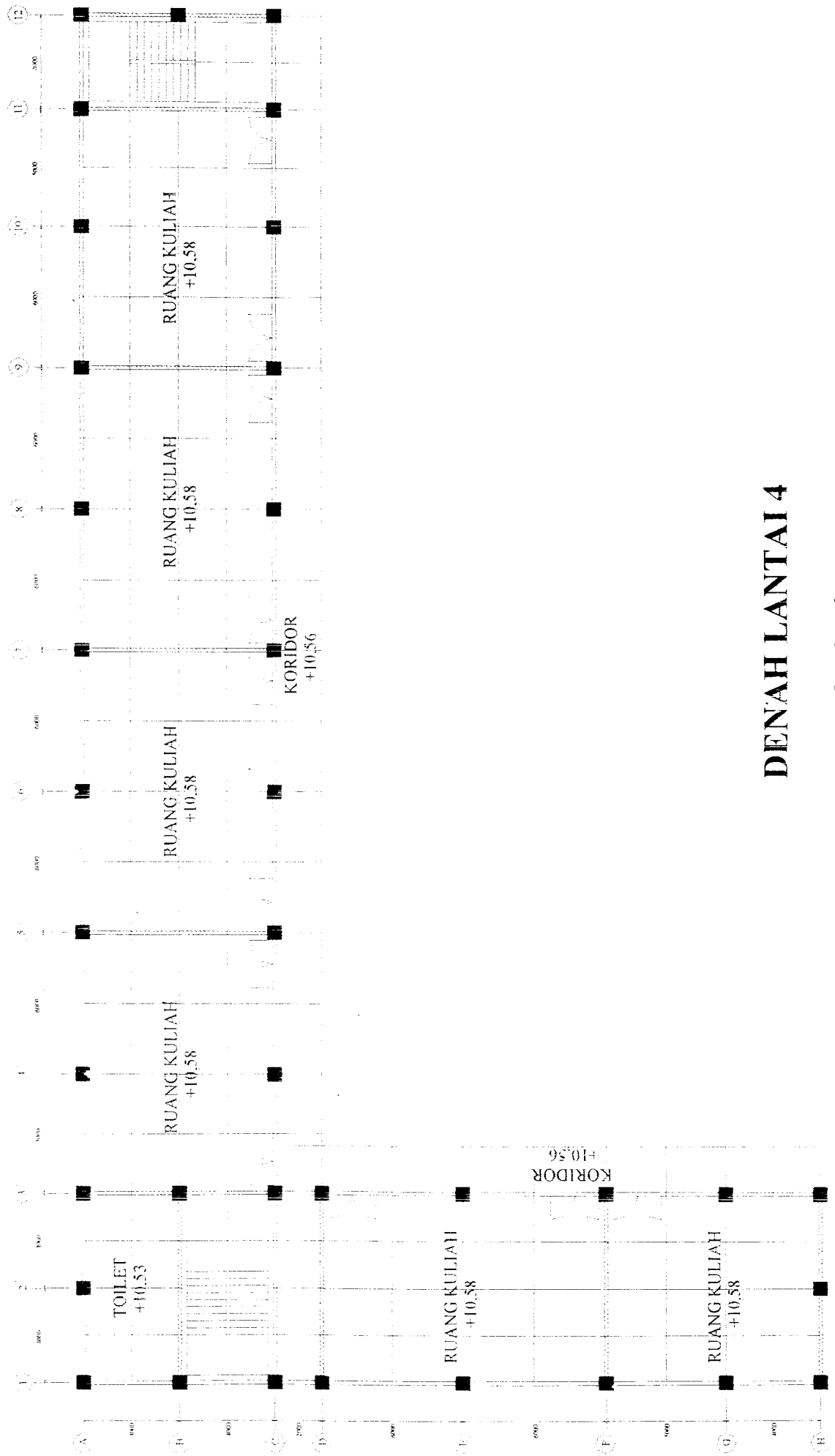
DENAH LANTAI 2

Gambar 4



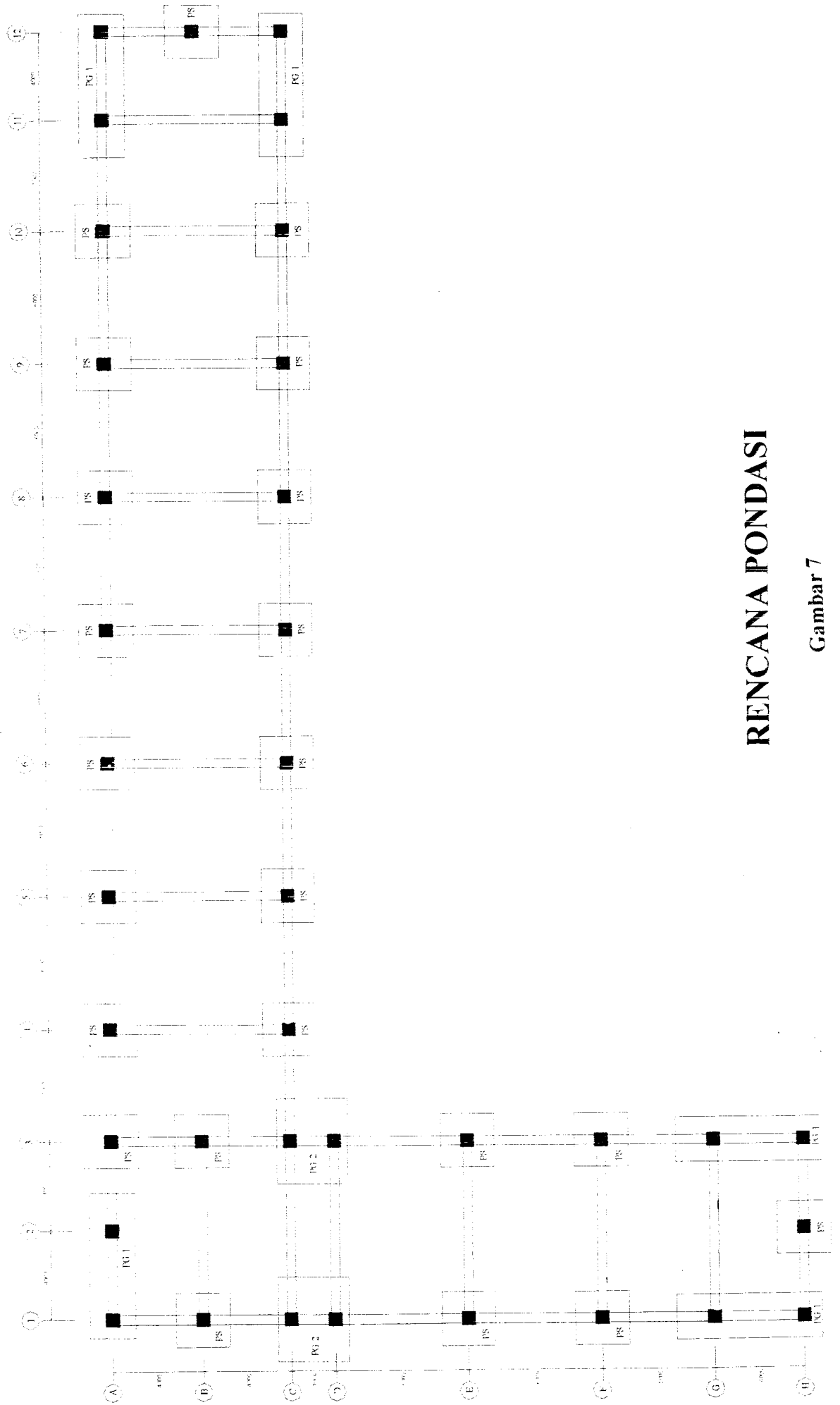
DENAH LANTAI 3

Gambar 5



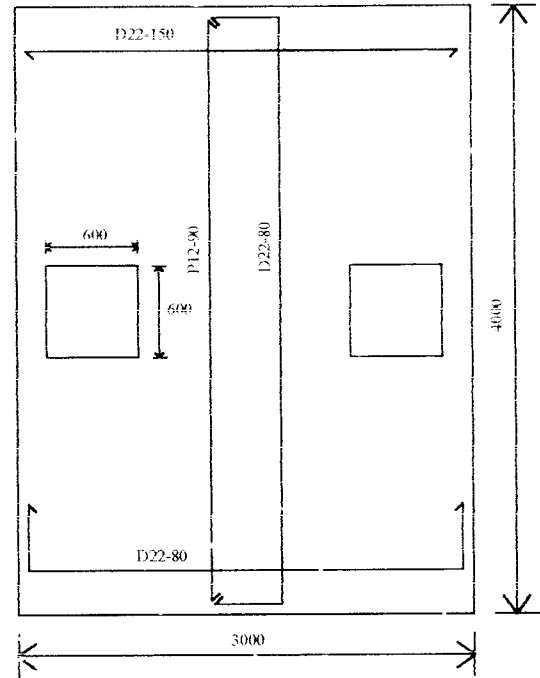
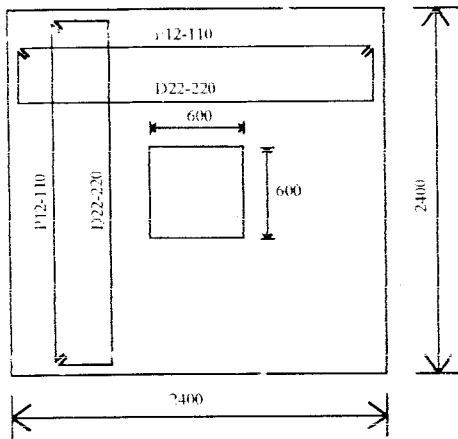
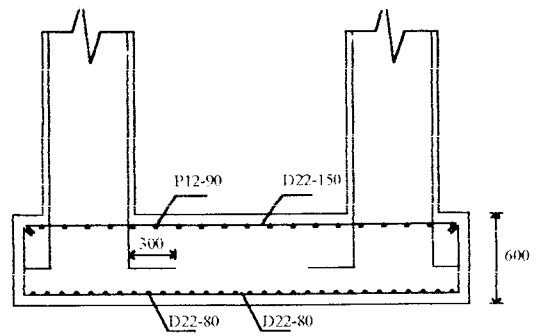
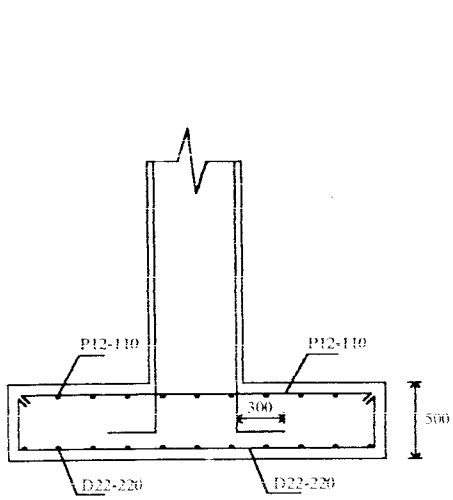
DENAH LANTAI 4

Gambar 6



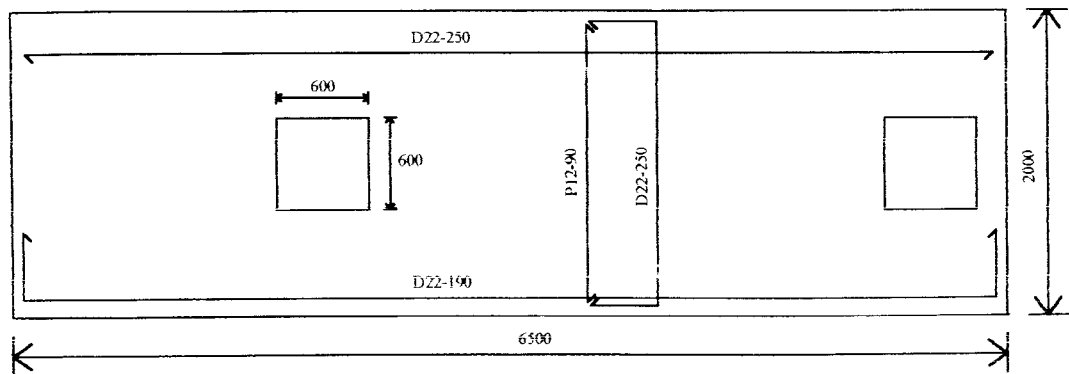
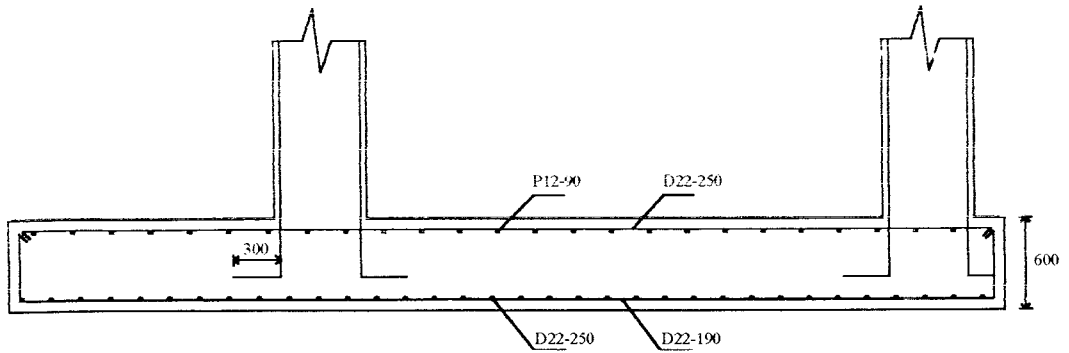
RENCANA PONDASI

Gambar 7



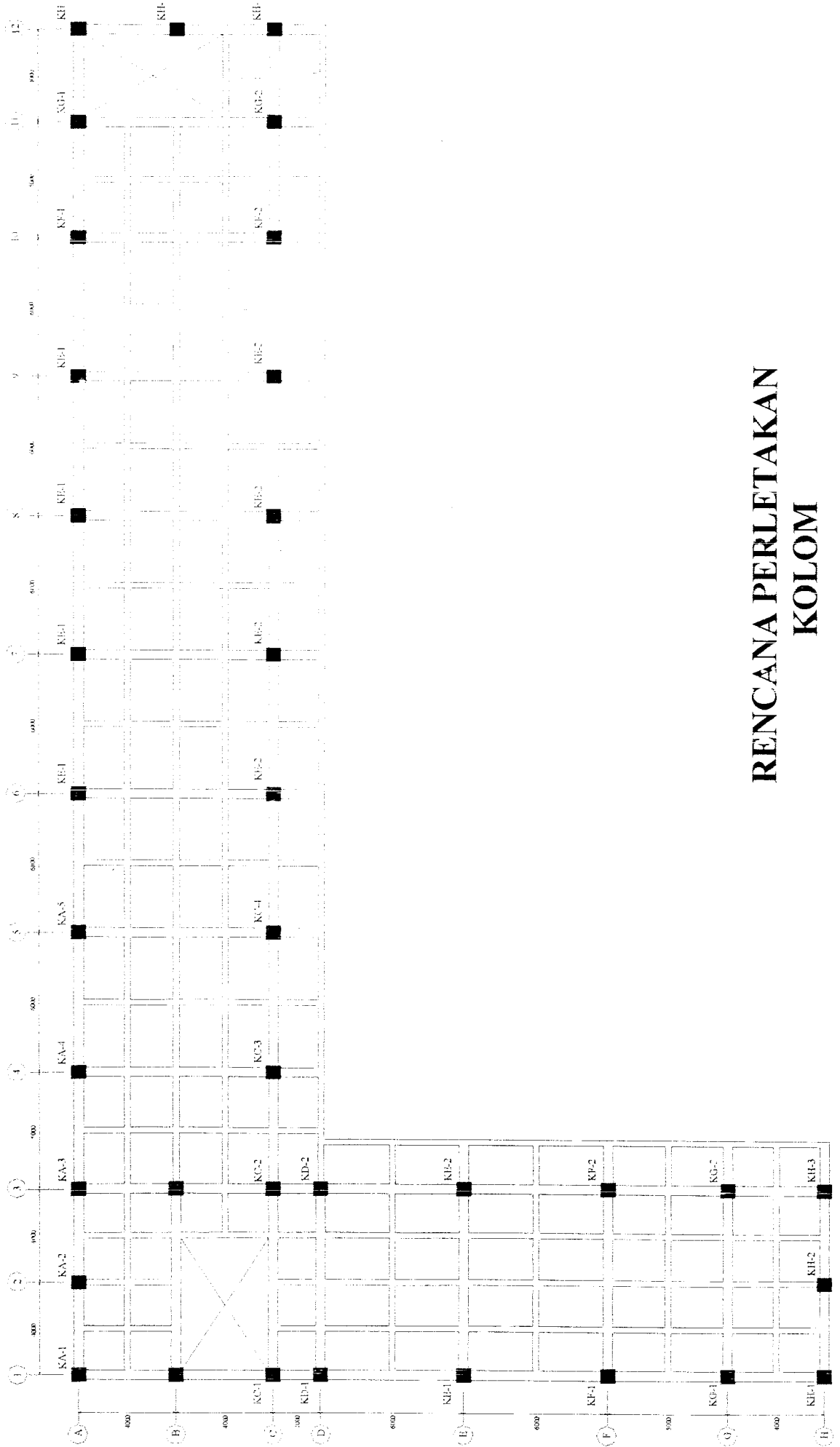
PS

PG 2



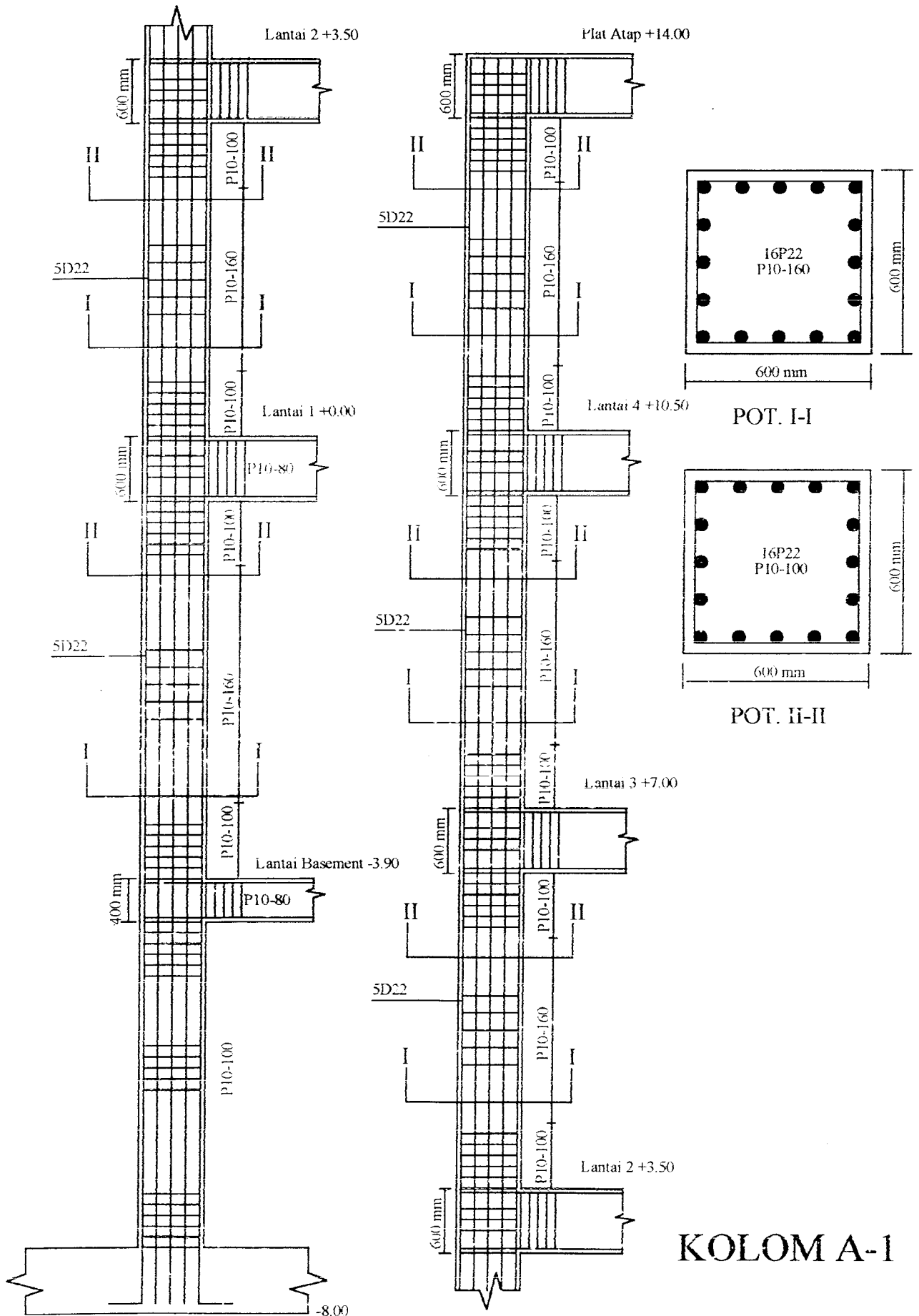
PG 1

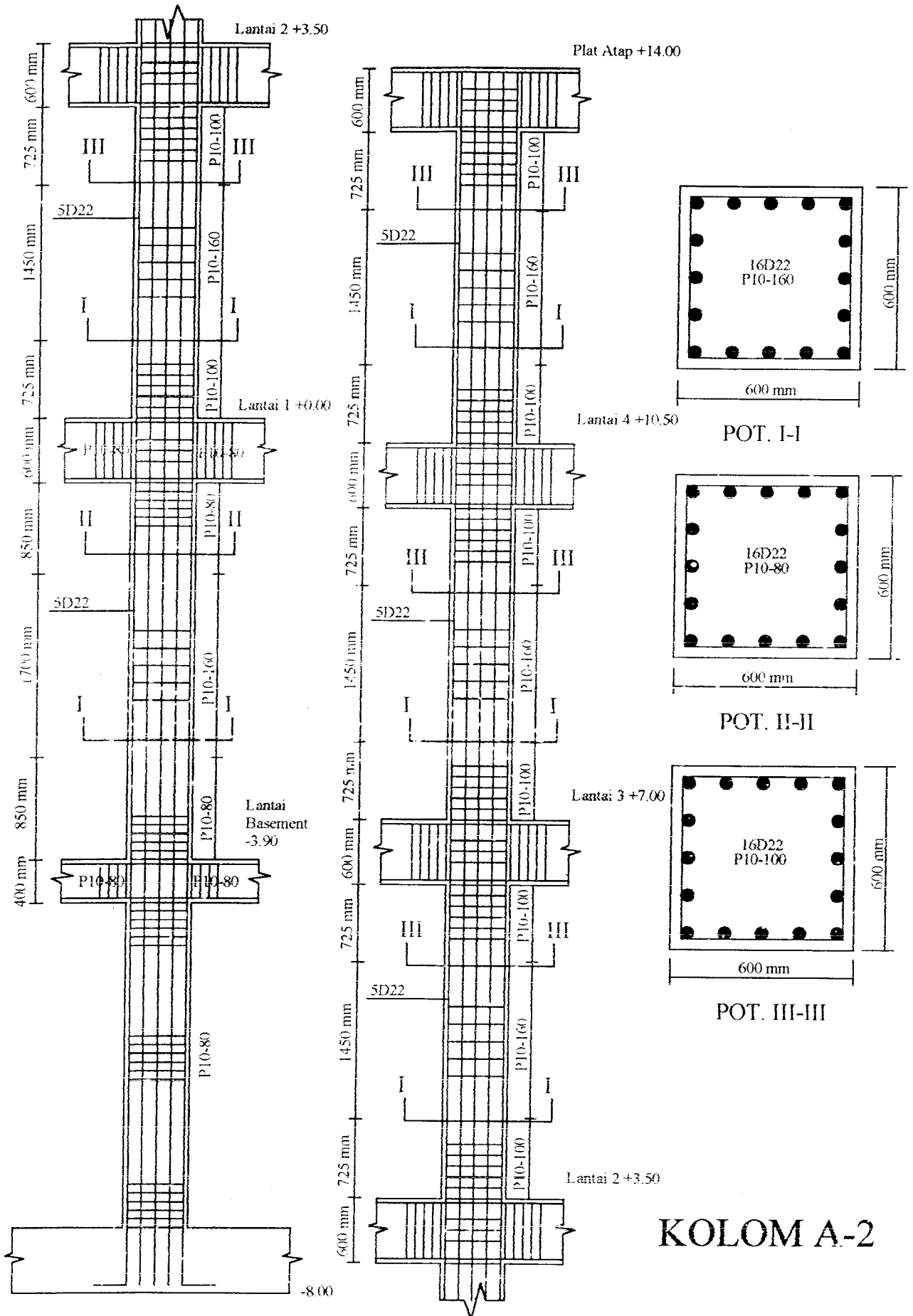
DETAIL PONDASI



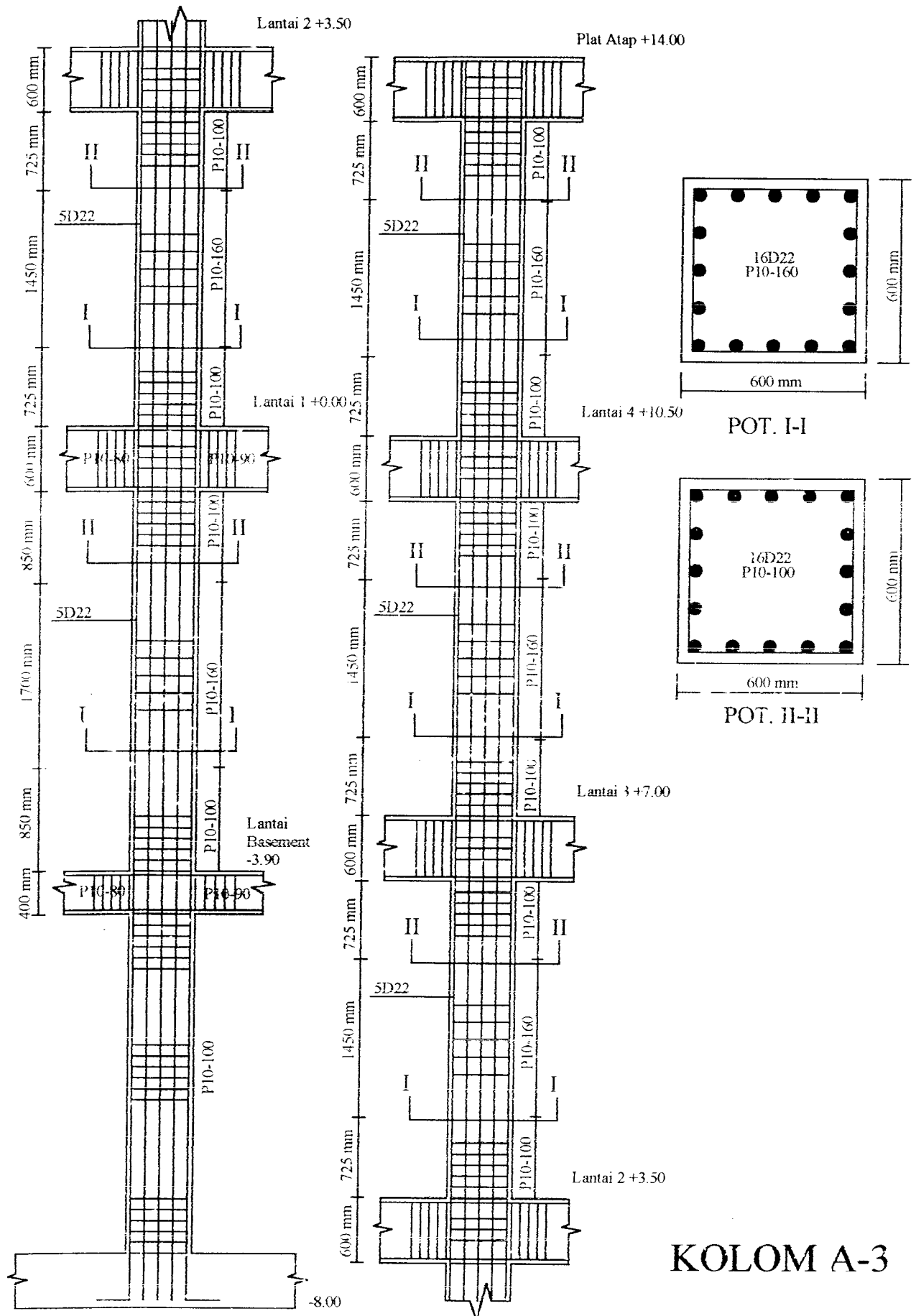
RENCANA PERLETAKAN KOLOM

Gambar 10

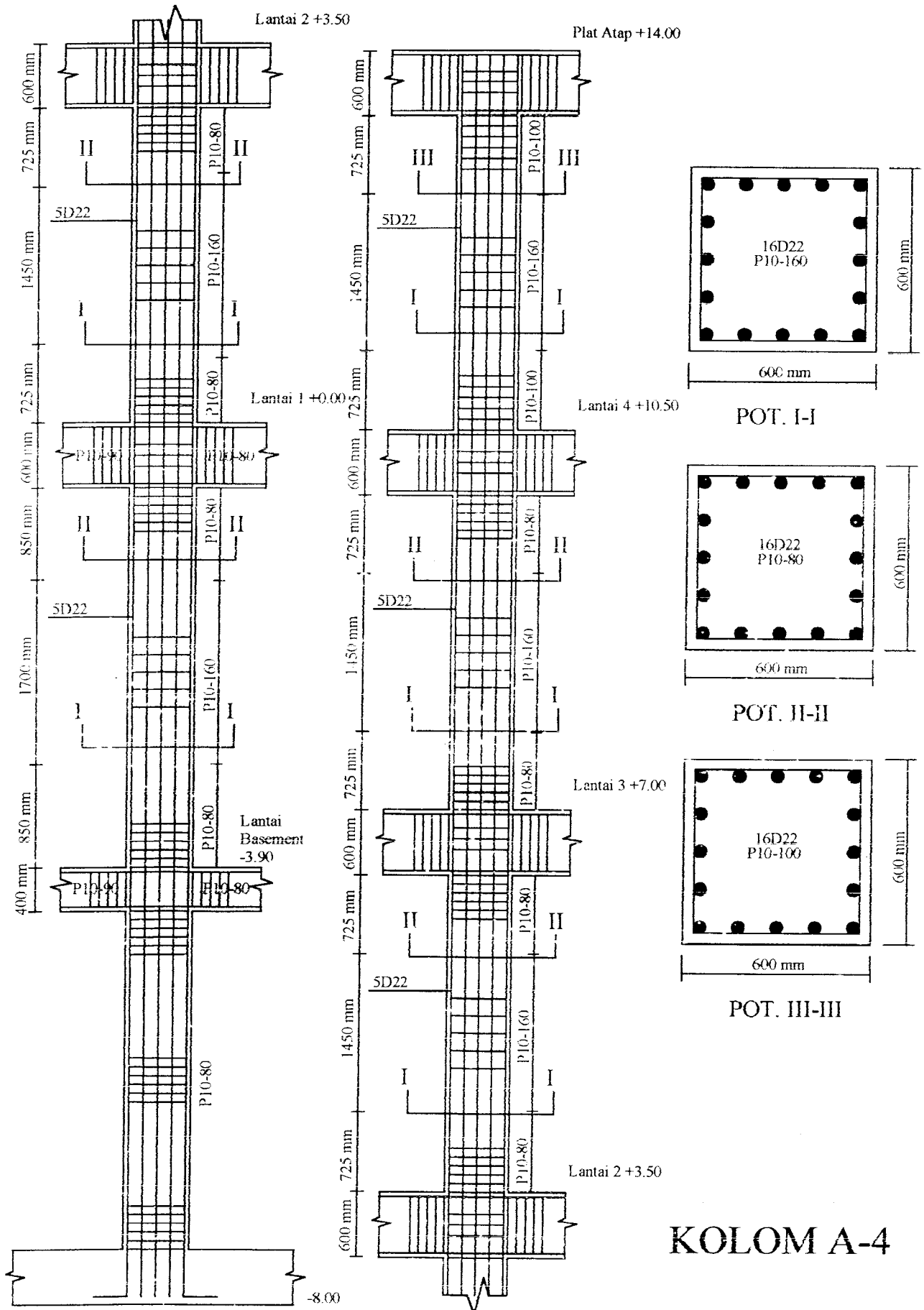




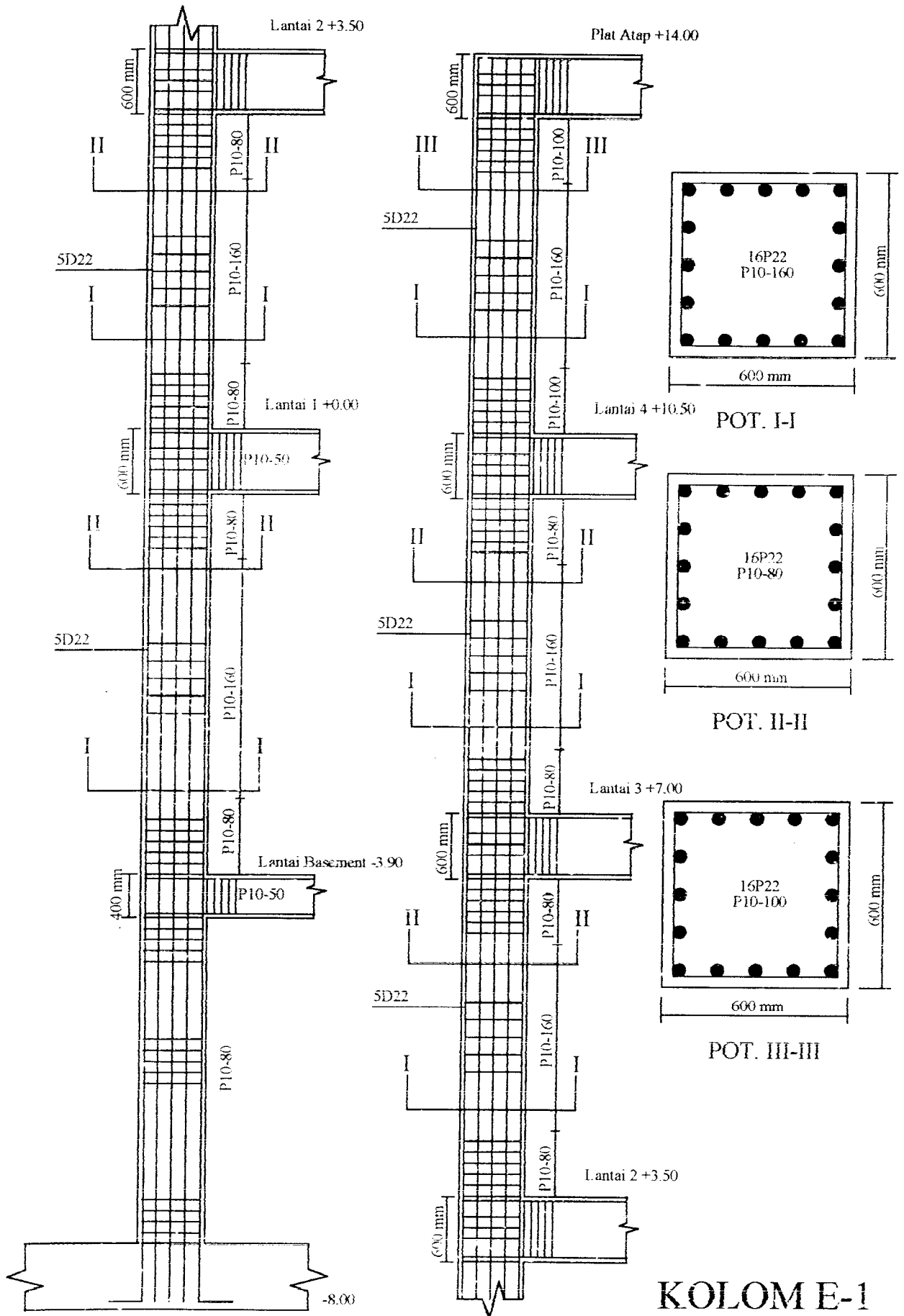
Gambar 12

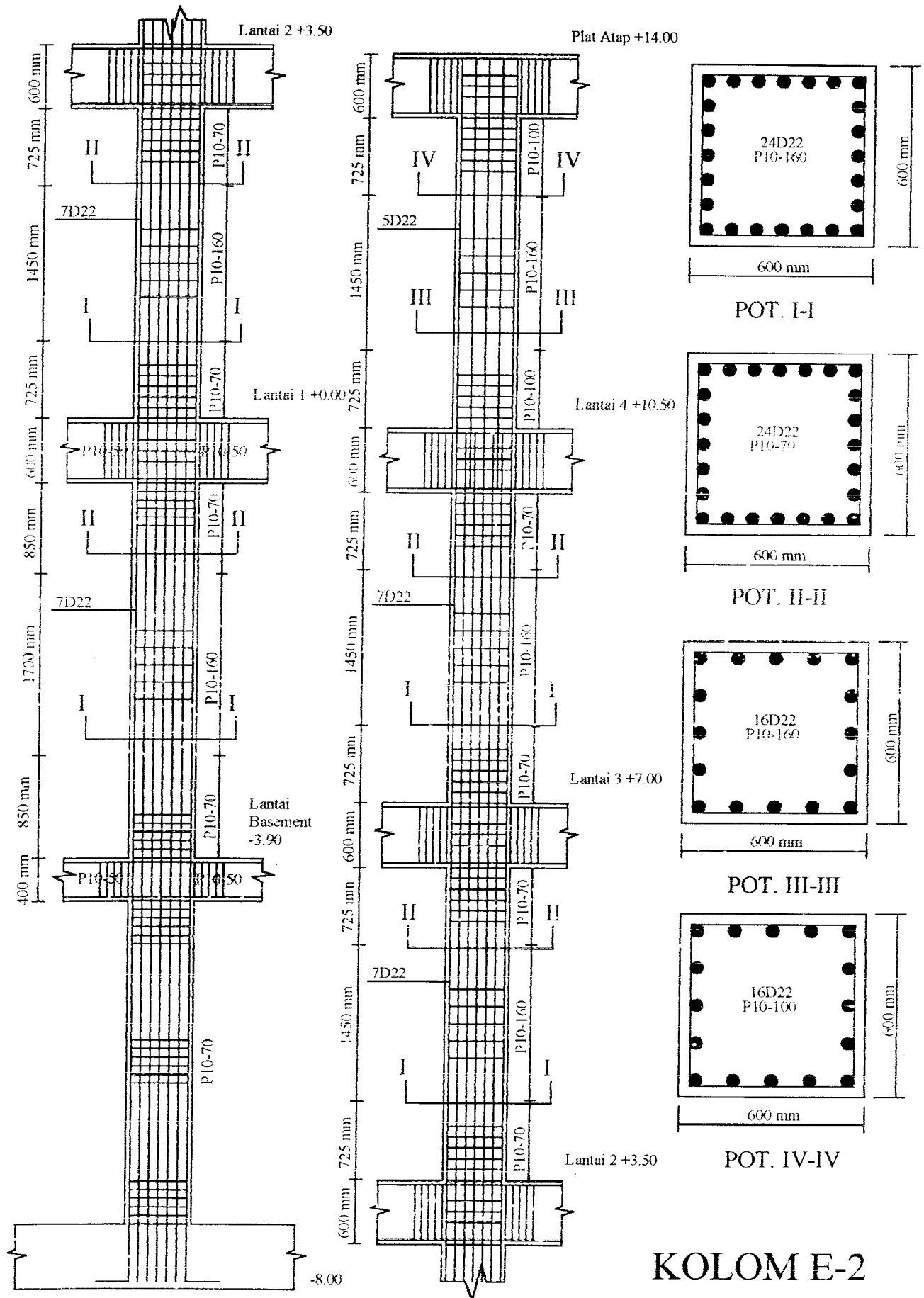


KOLOM A-3

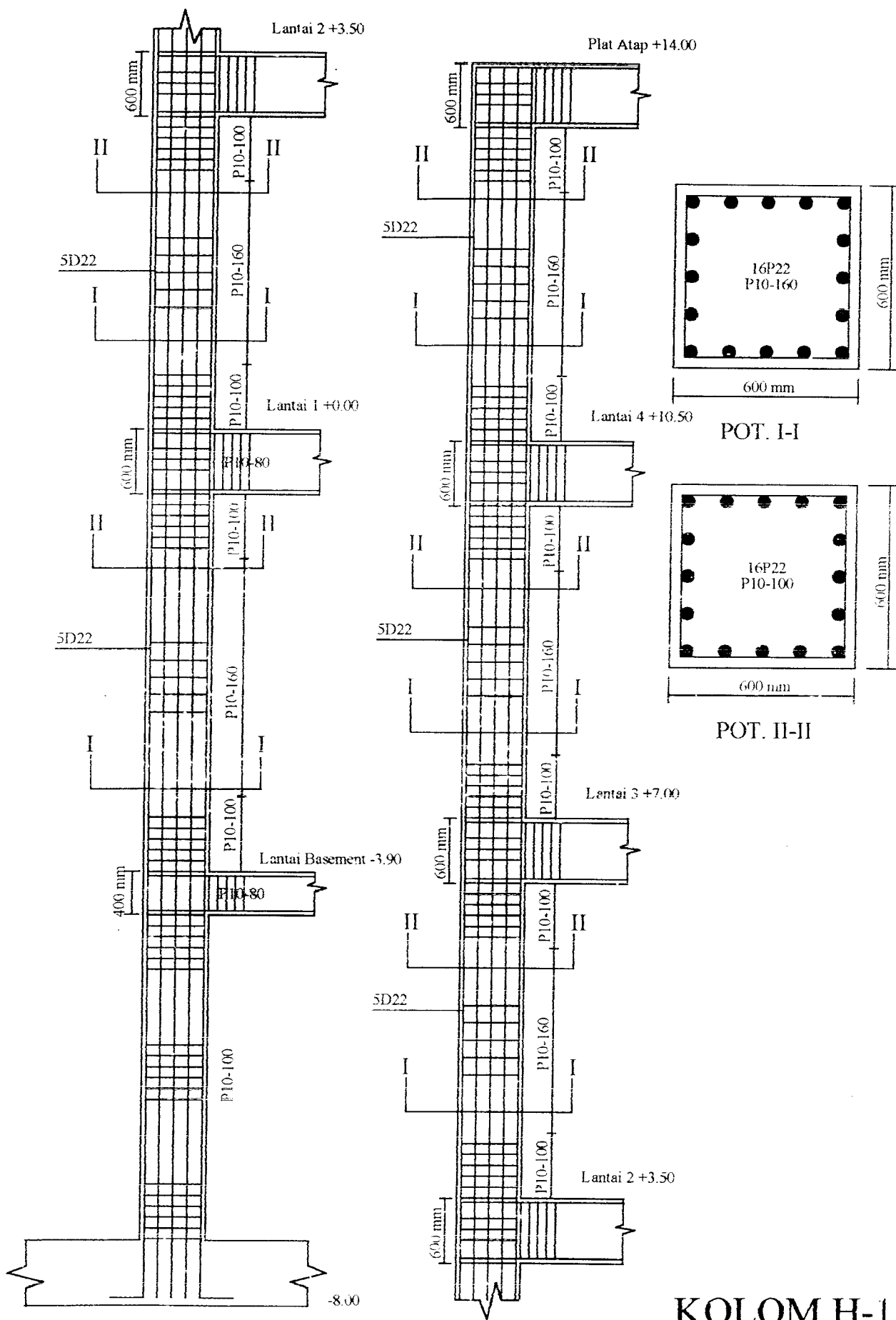


KOLOM A-4

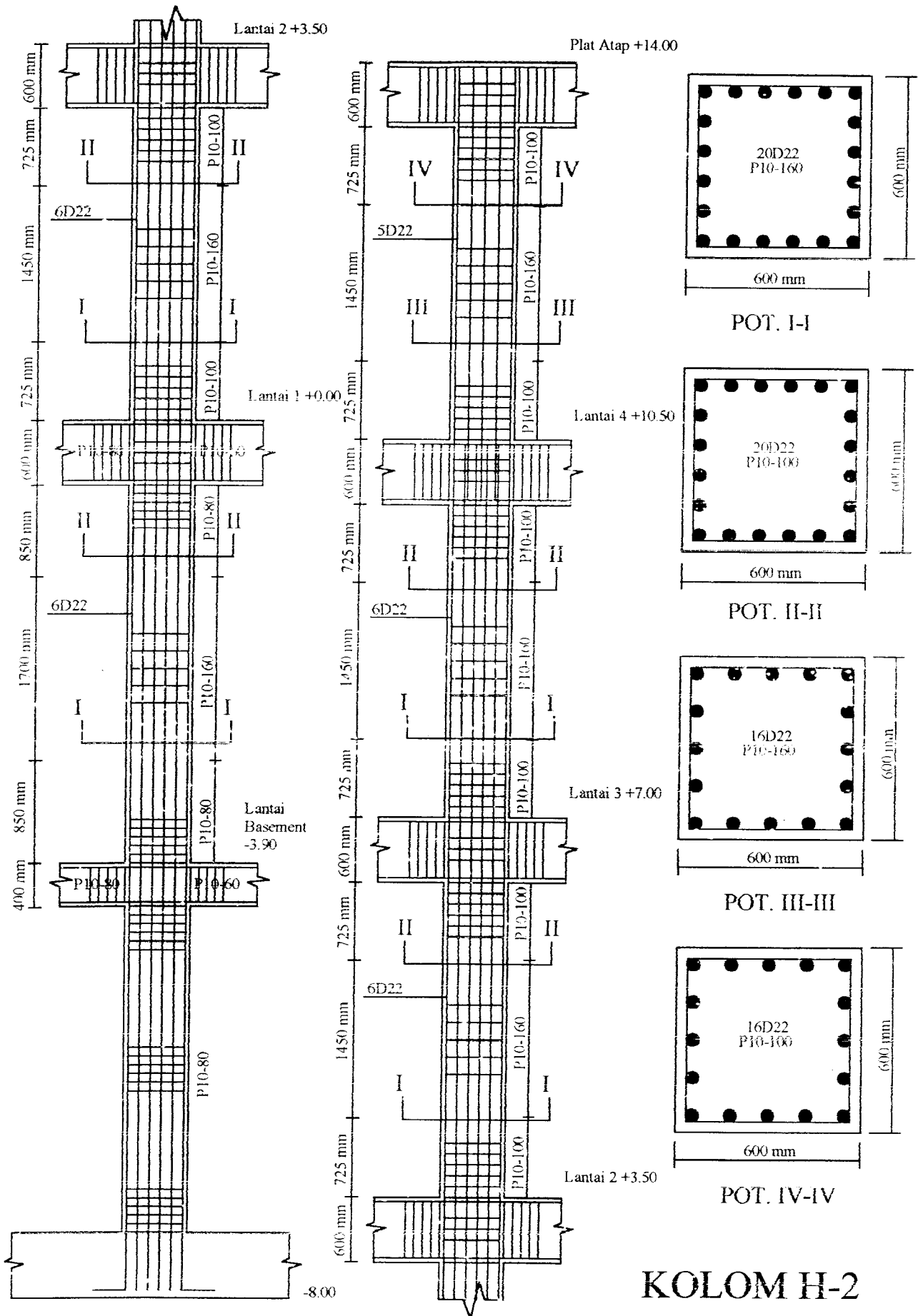




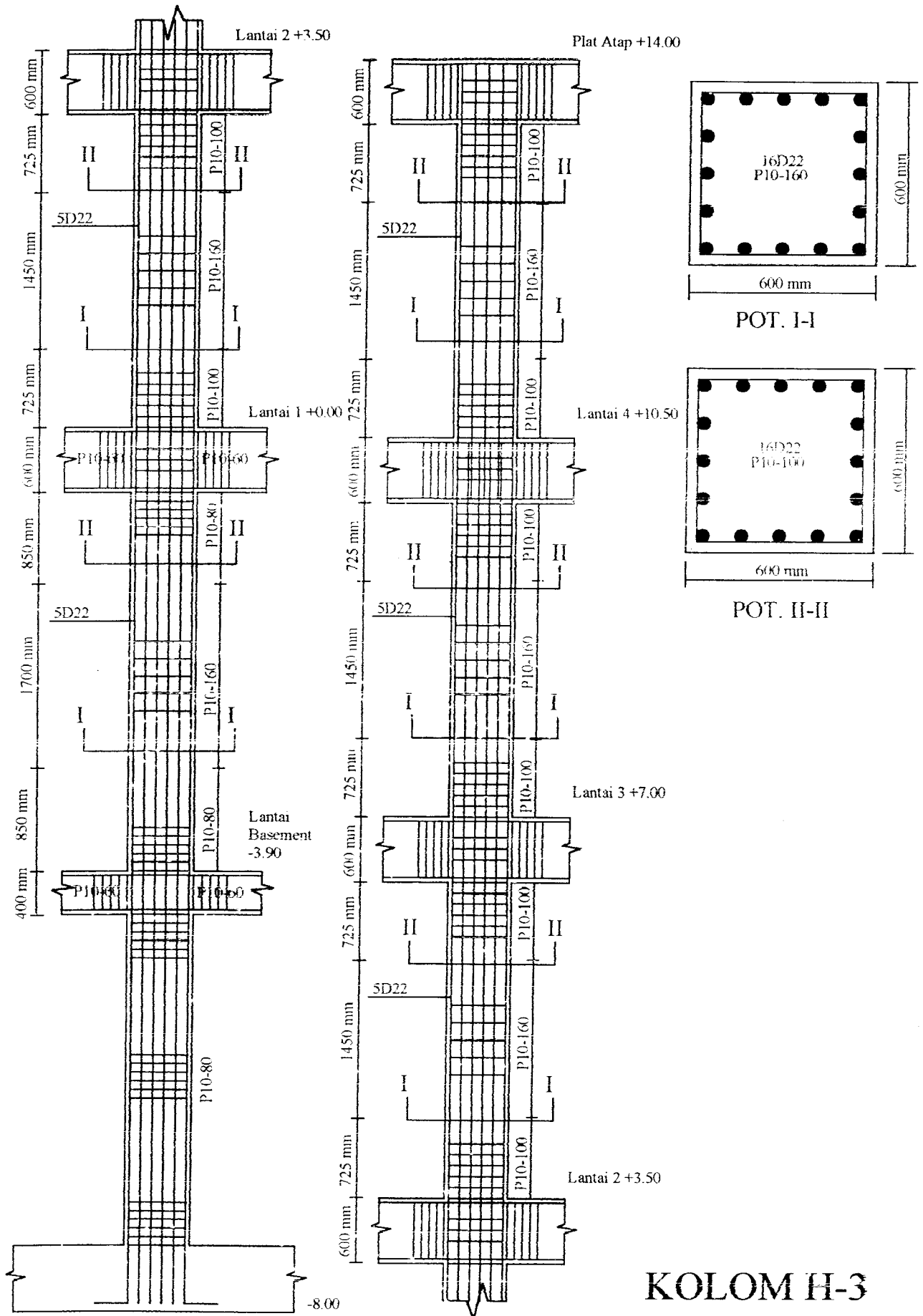
KOLOM E-2



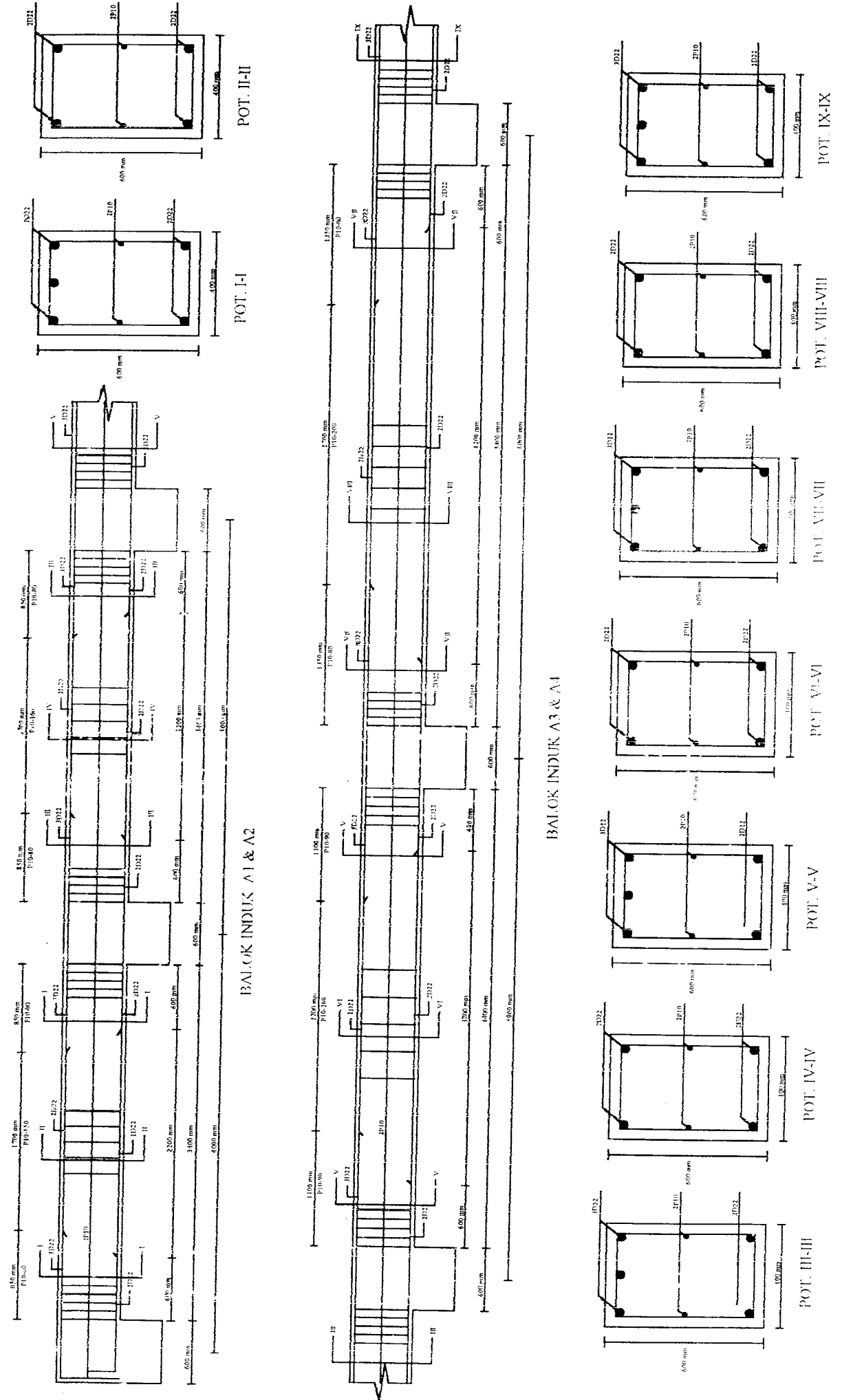
KOLOM H-1



KOLOM H-2

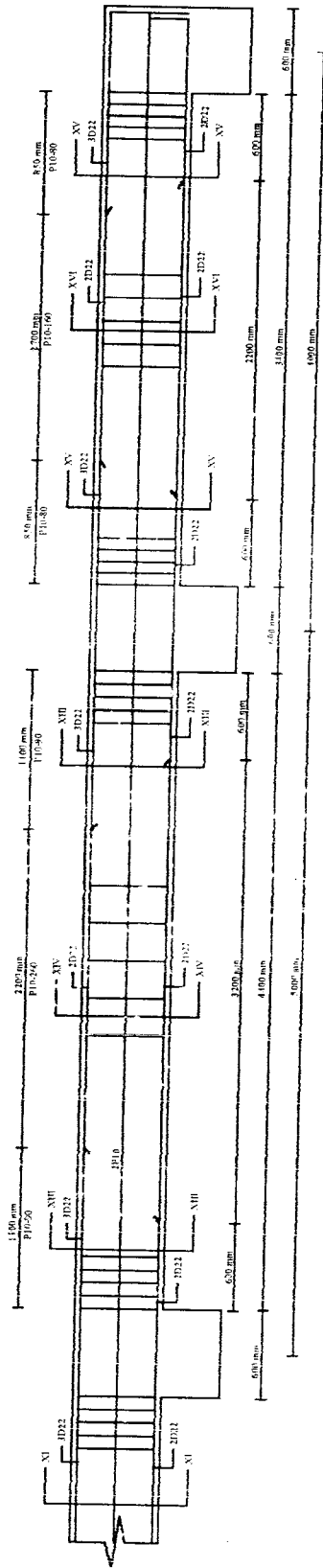


KOLOM H-3

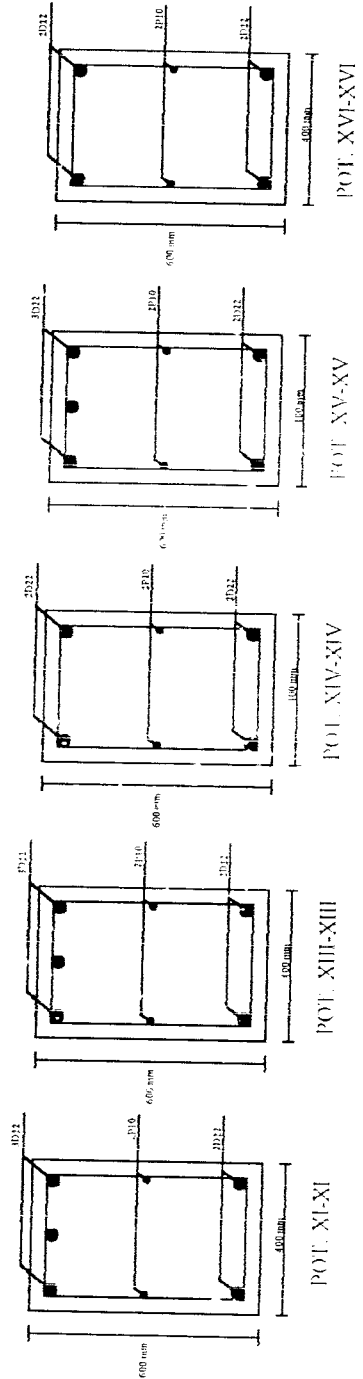


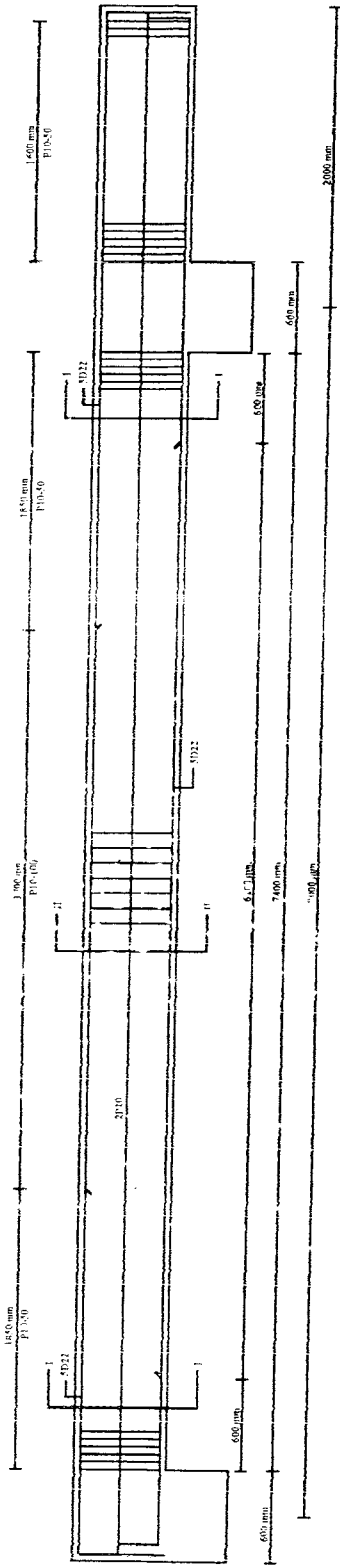
BALOK INDIK A1 & A2

BALOK INDIK A3 & A4

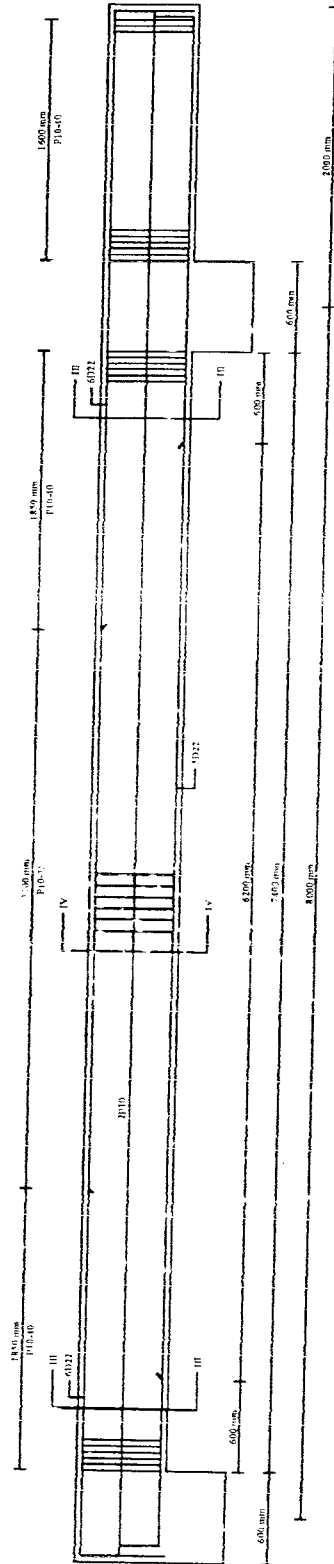


BALOK INDUK A10 & A11

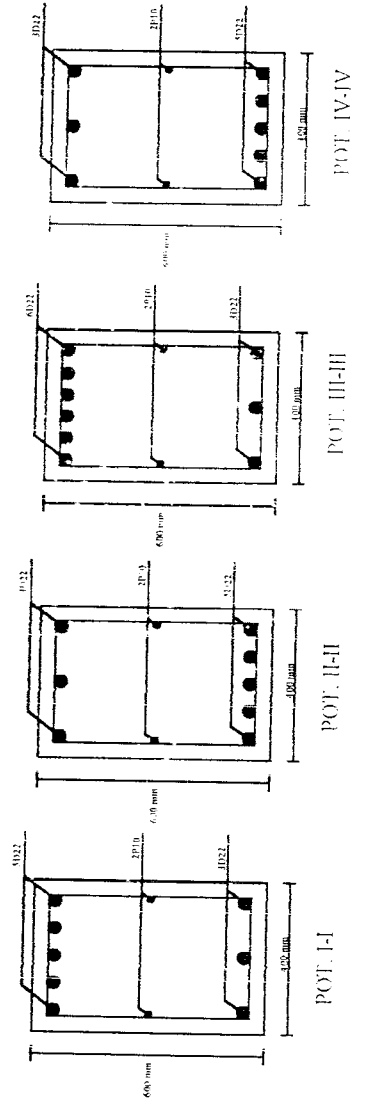


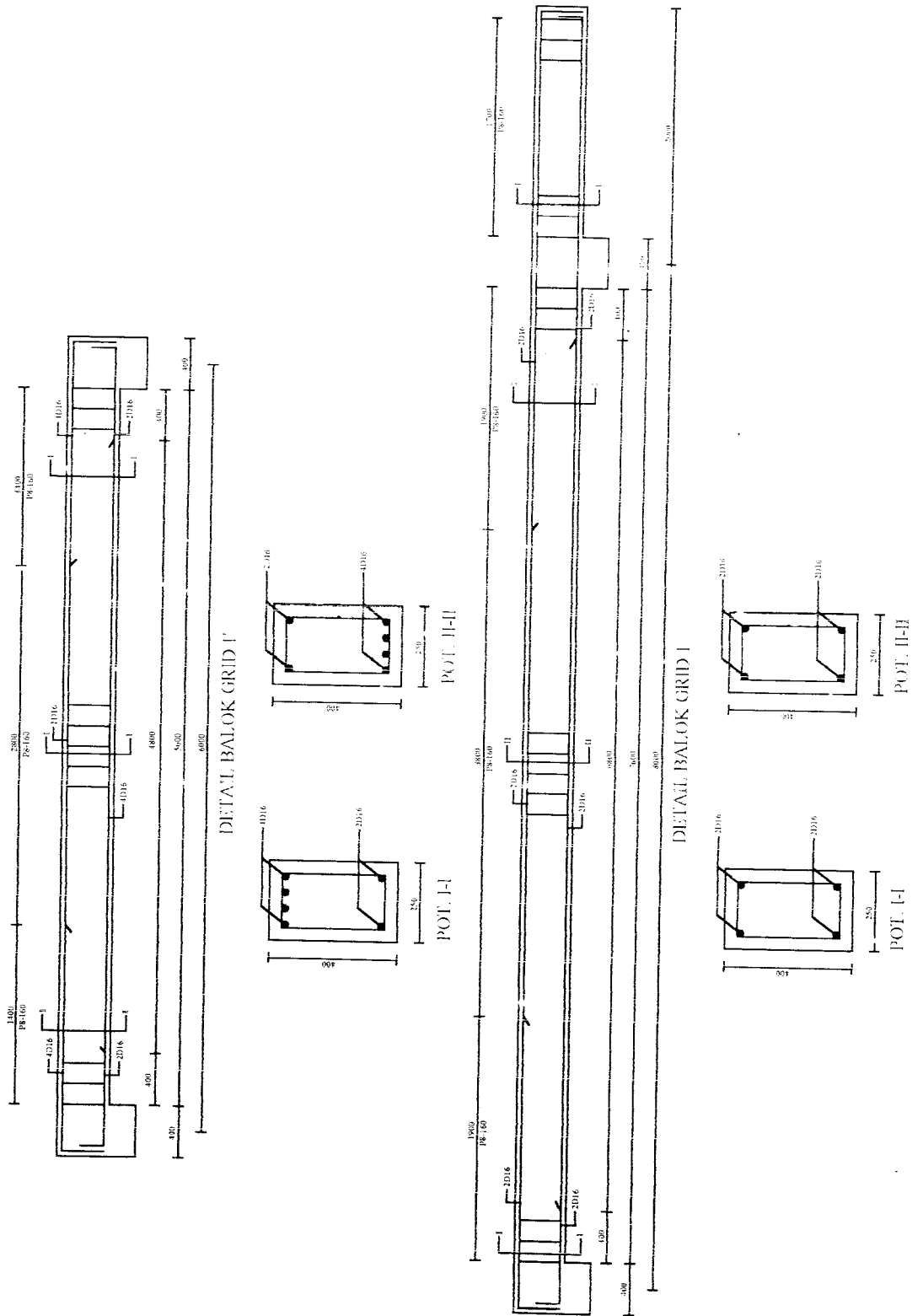


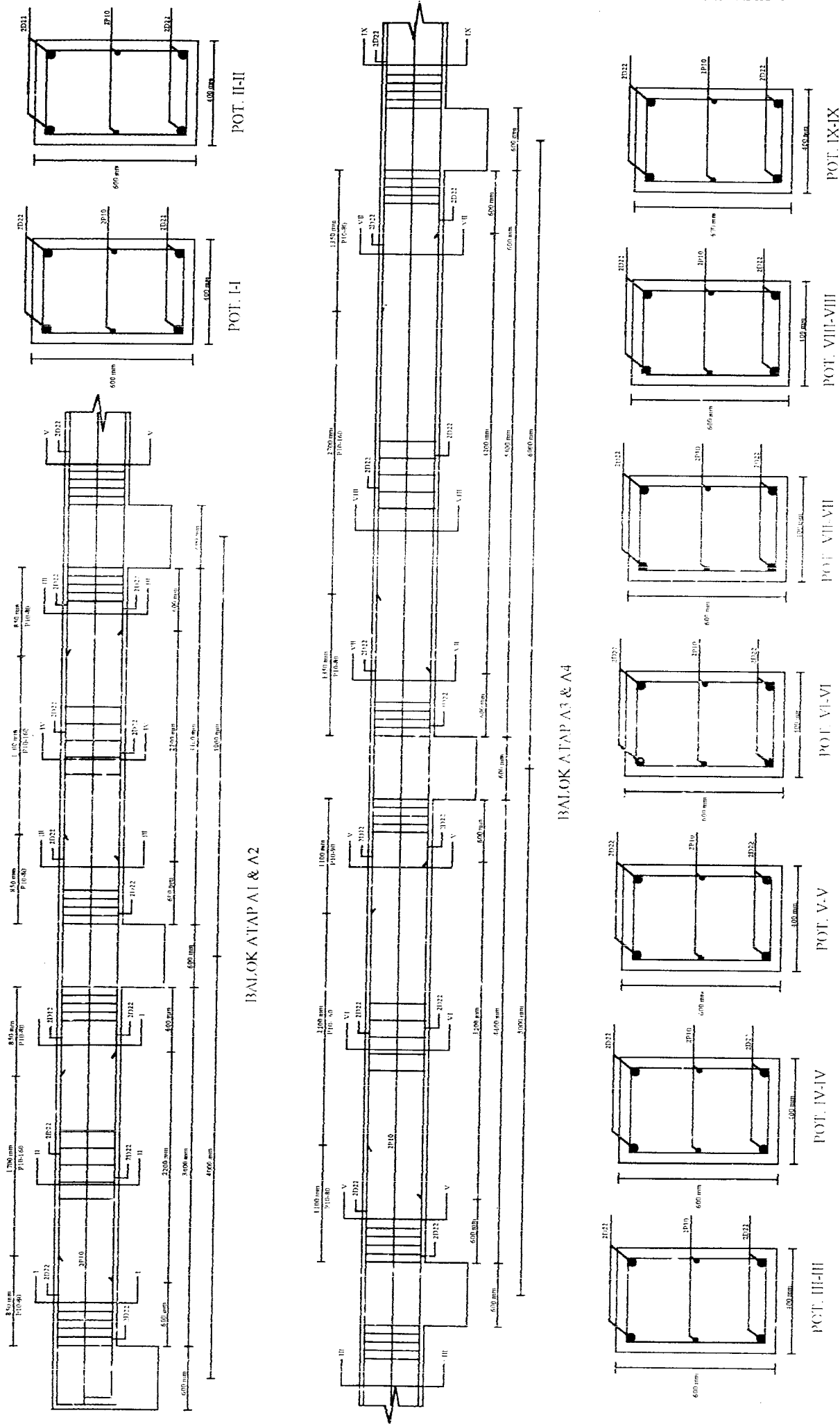
BALOK INDIUK I

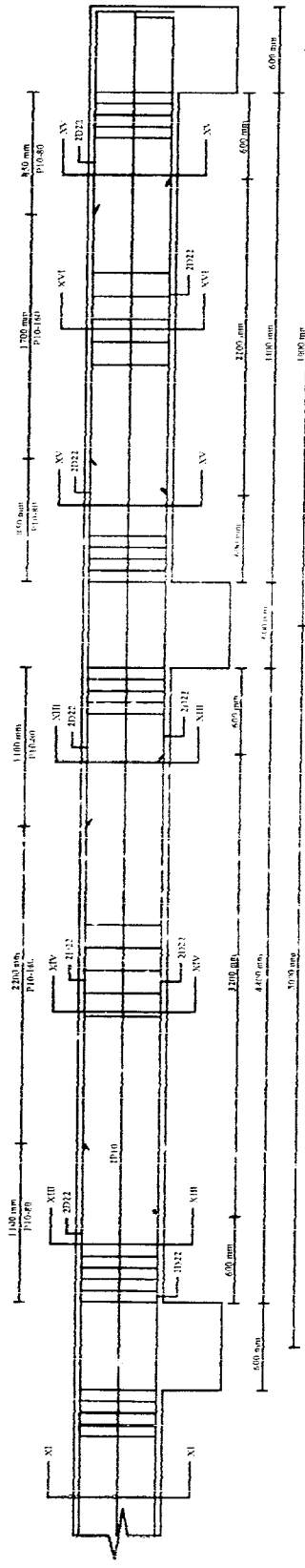


BALOK INDIUK II

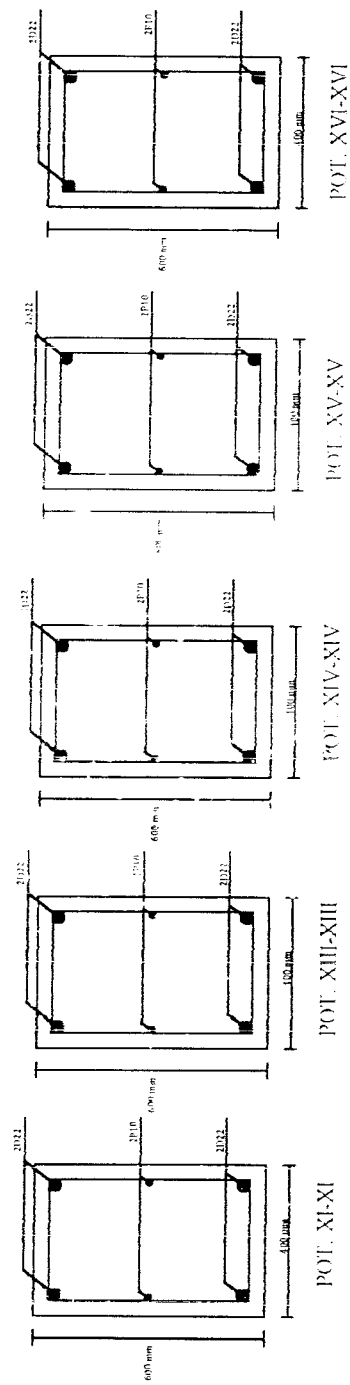


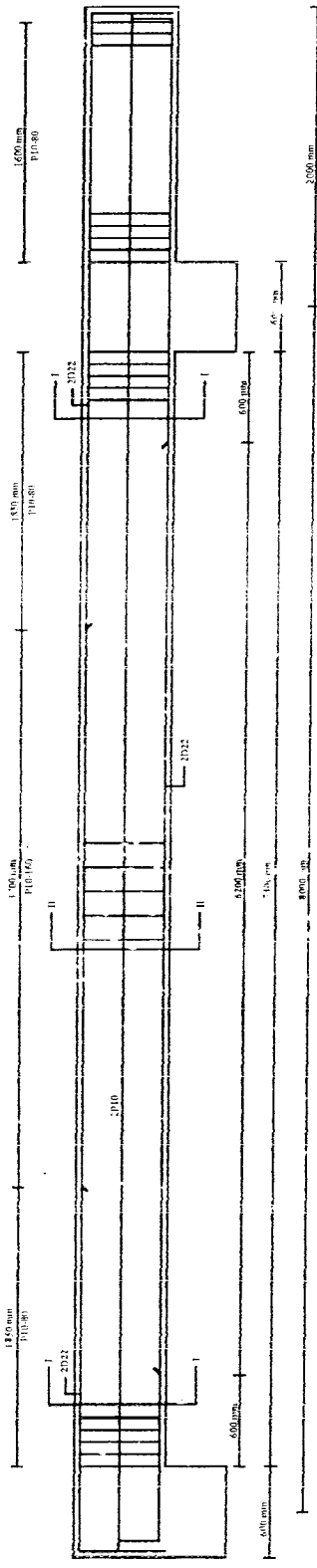




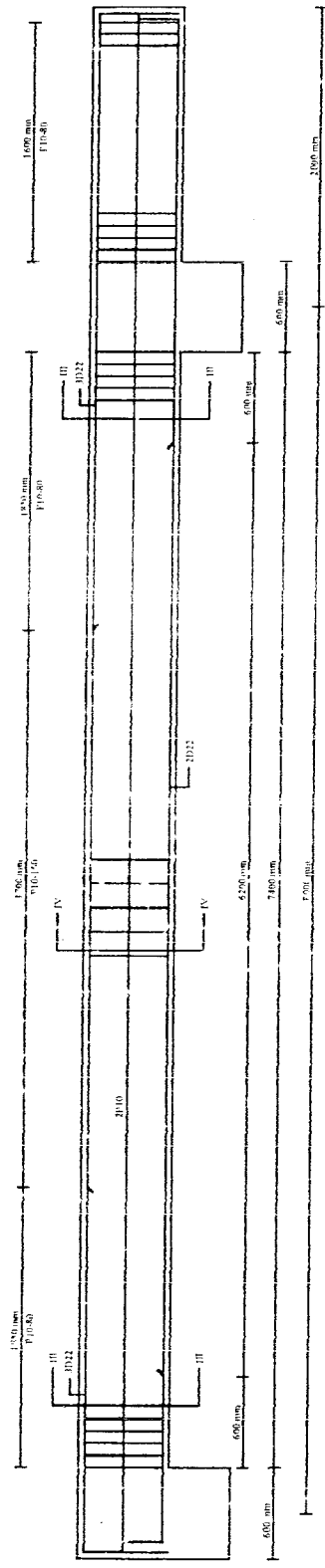


BALOK ATAP A10 & A11

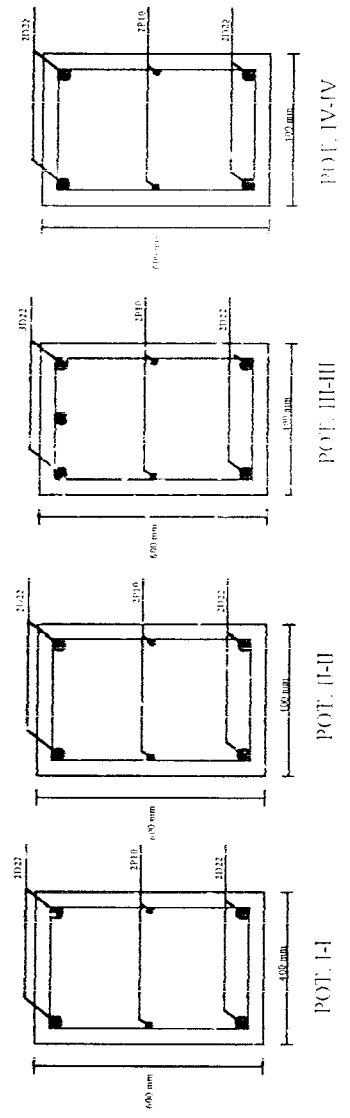


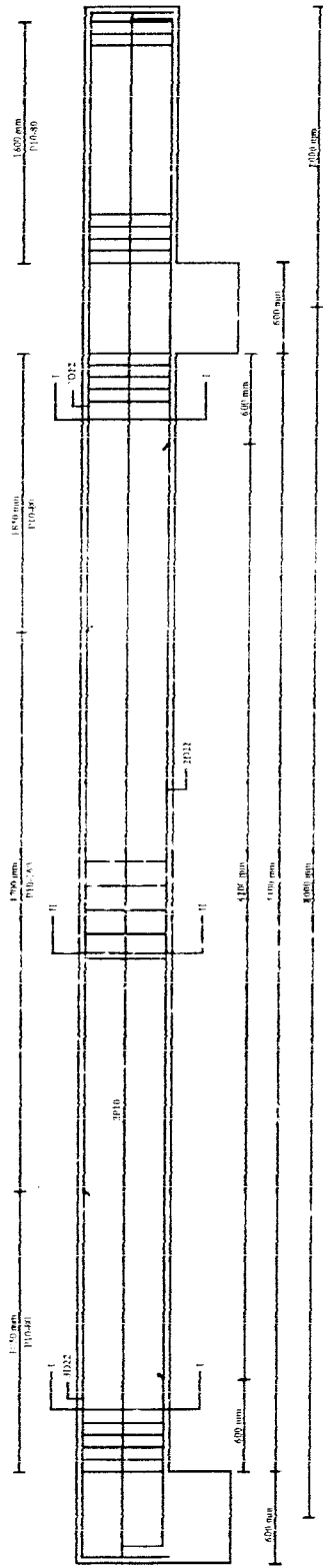


BALOK ATAPE

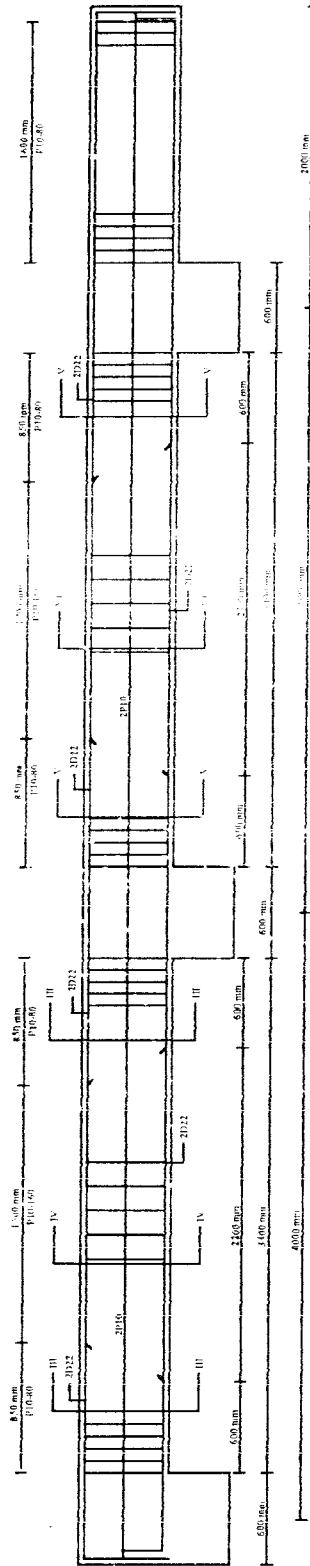


BALOK ATAPE

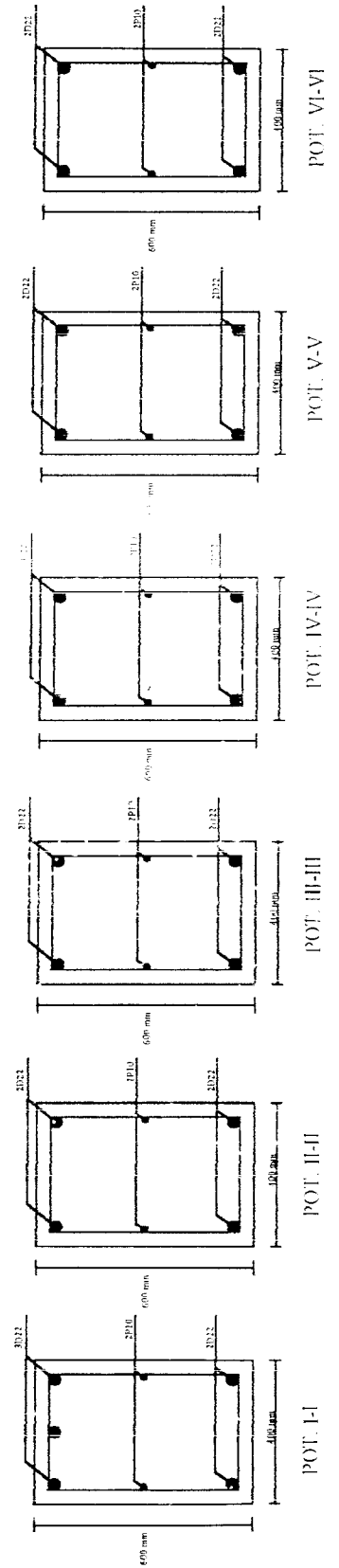


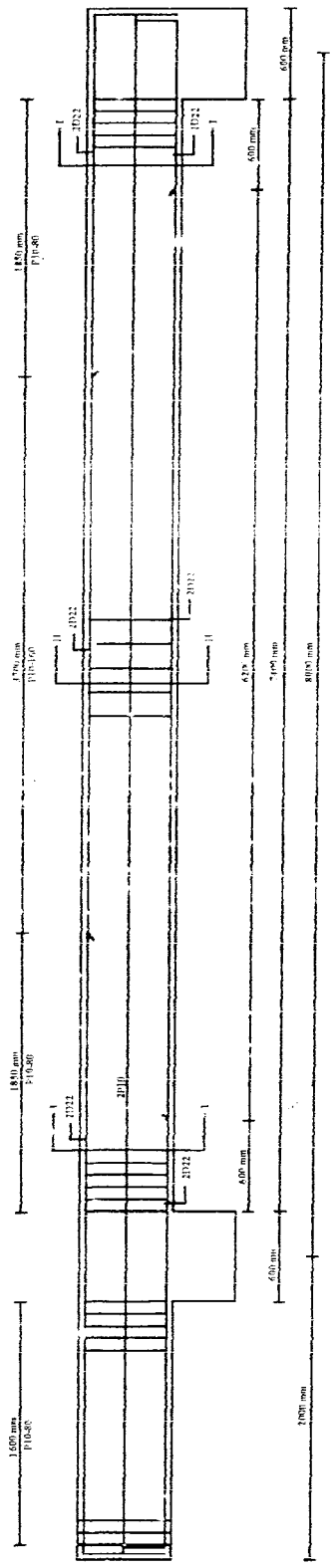


BALOK ATAP G

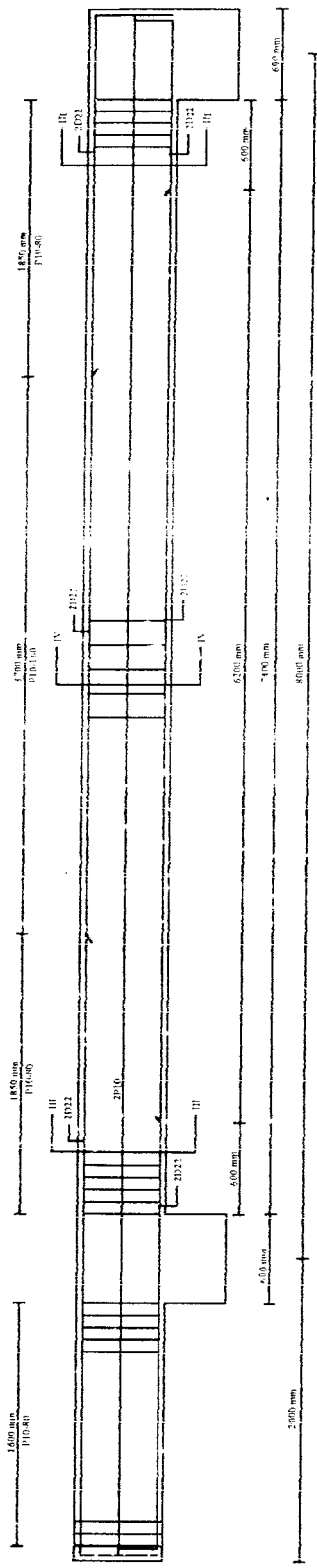


BALOK ATAP H

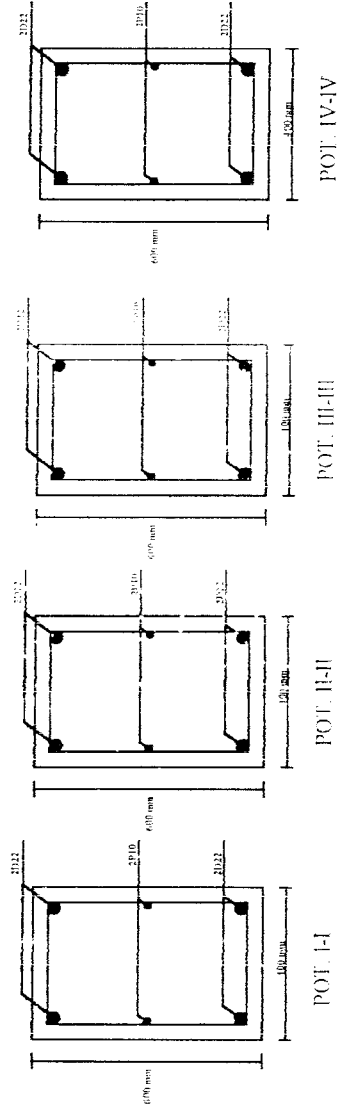


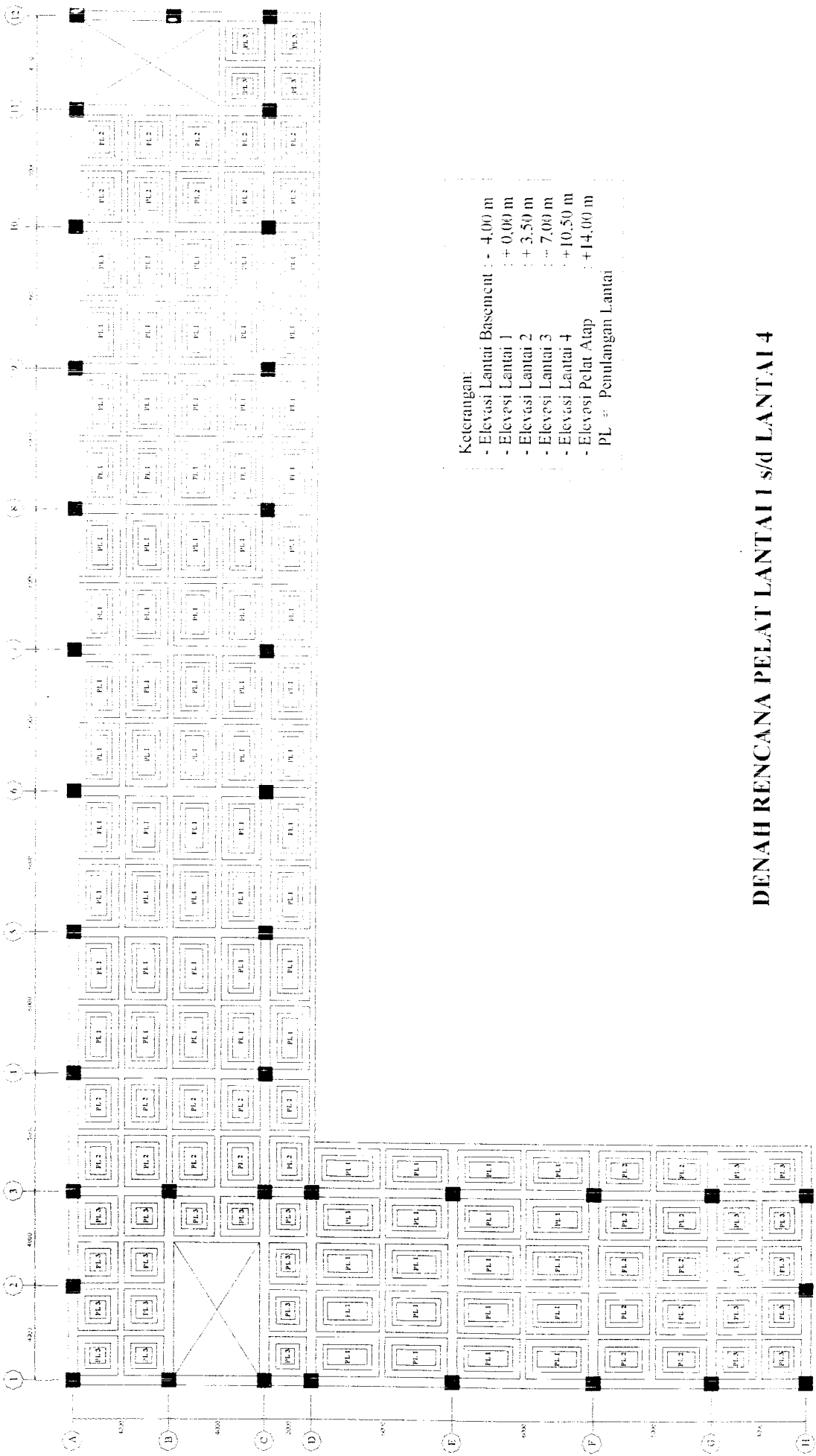


BALOK ATAP AS 4



BALOK ATAP AS 5

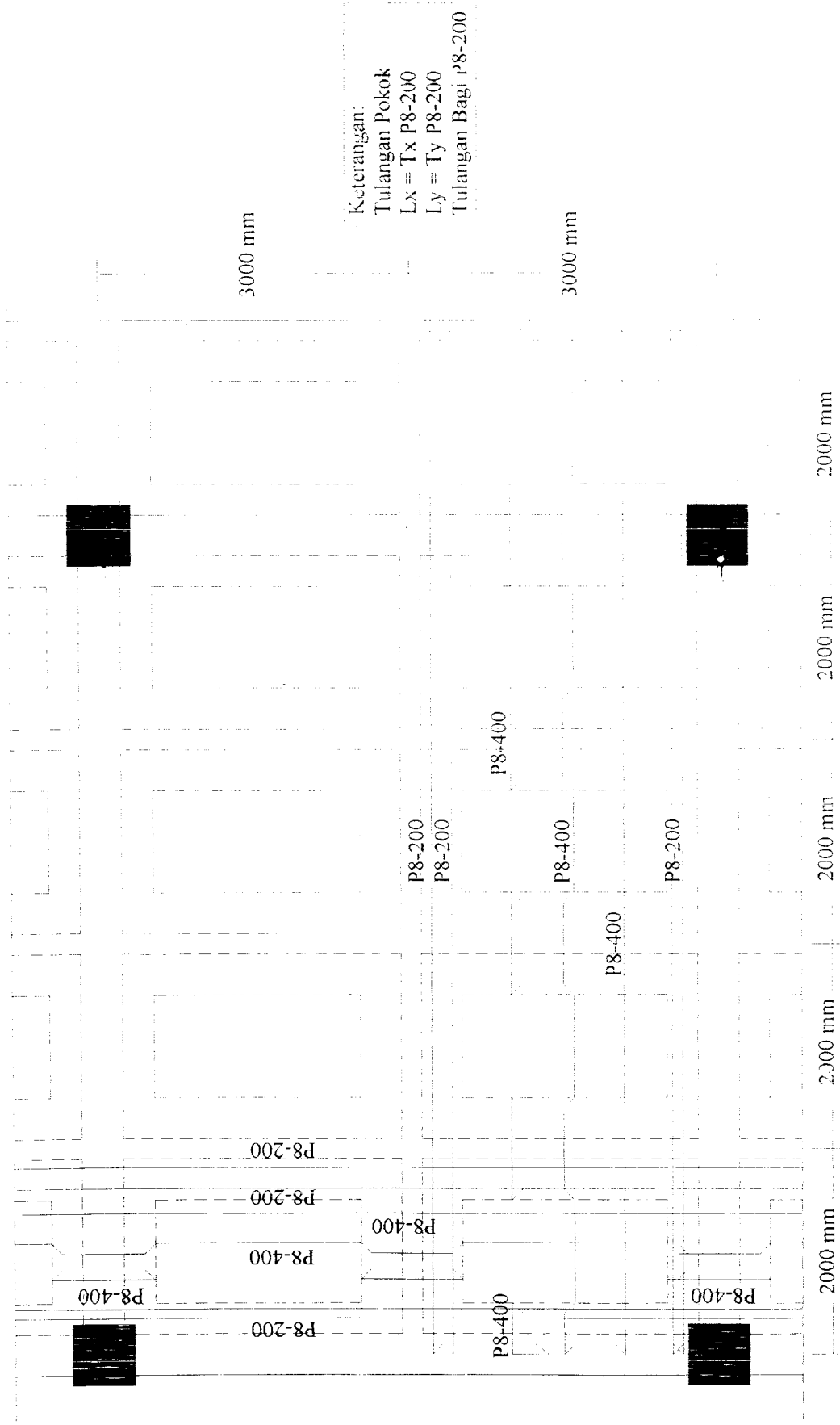




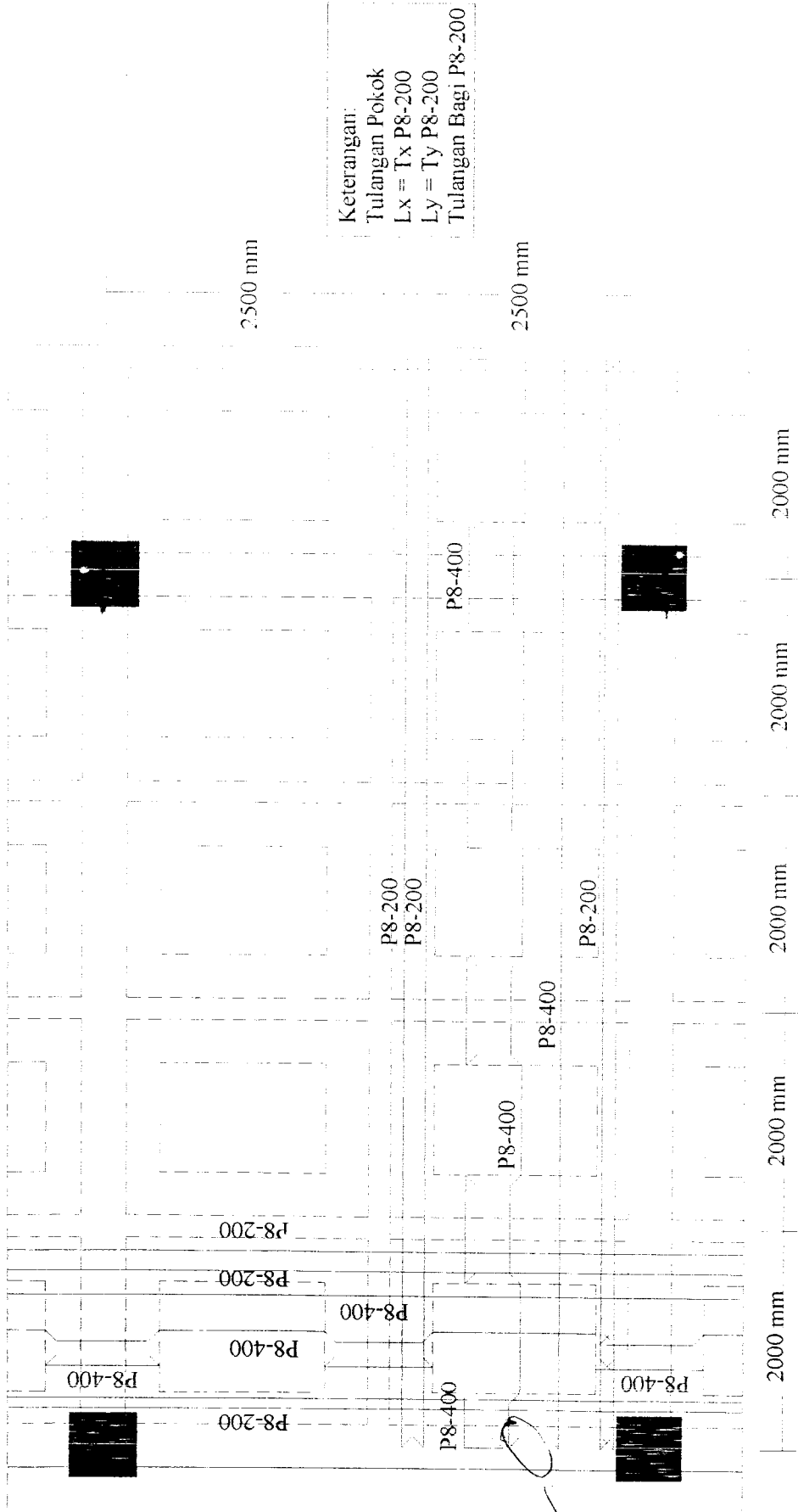
Keterangan:

- Elevasi Lantai Basement : - 4,00 m
- Elevasi Lantai 1 : + 0,00 m
- Elevasi Lantai 2 : + 3,50 m
- Elevasi Lantai 3 : + 7,00 m
- Elevasi Lantai 4 : + 10,50 m
- Elevasi Pelat Atap : + 14,00 m
- PL = Penulangan Lantai

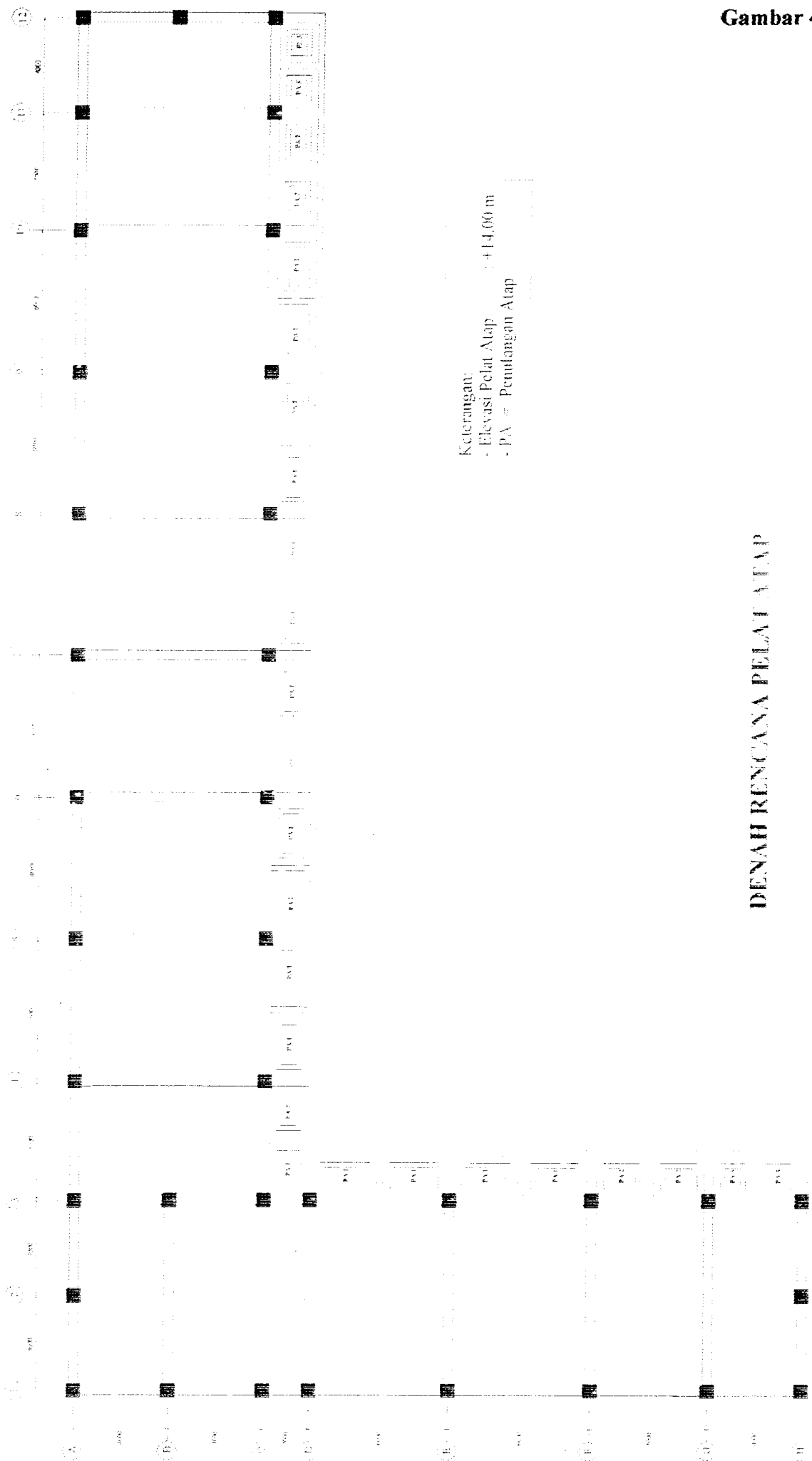
DENAH RENCANA PELAT LANTAI 1 s/d LANTAI 4



PENULANGAN PELAT LANTAI
(PL 1)



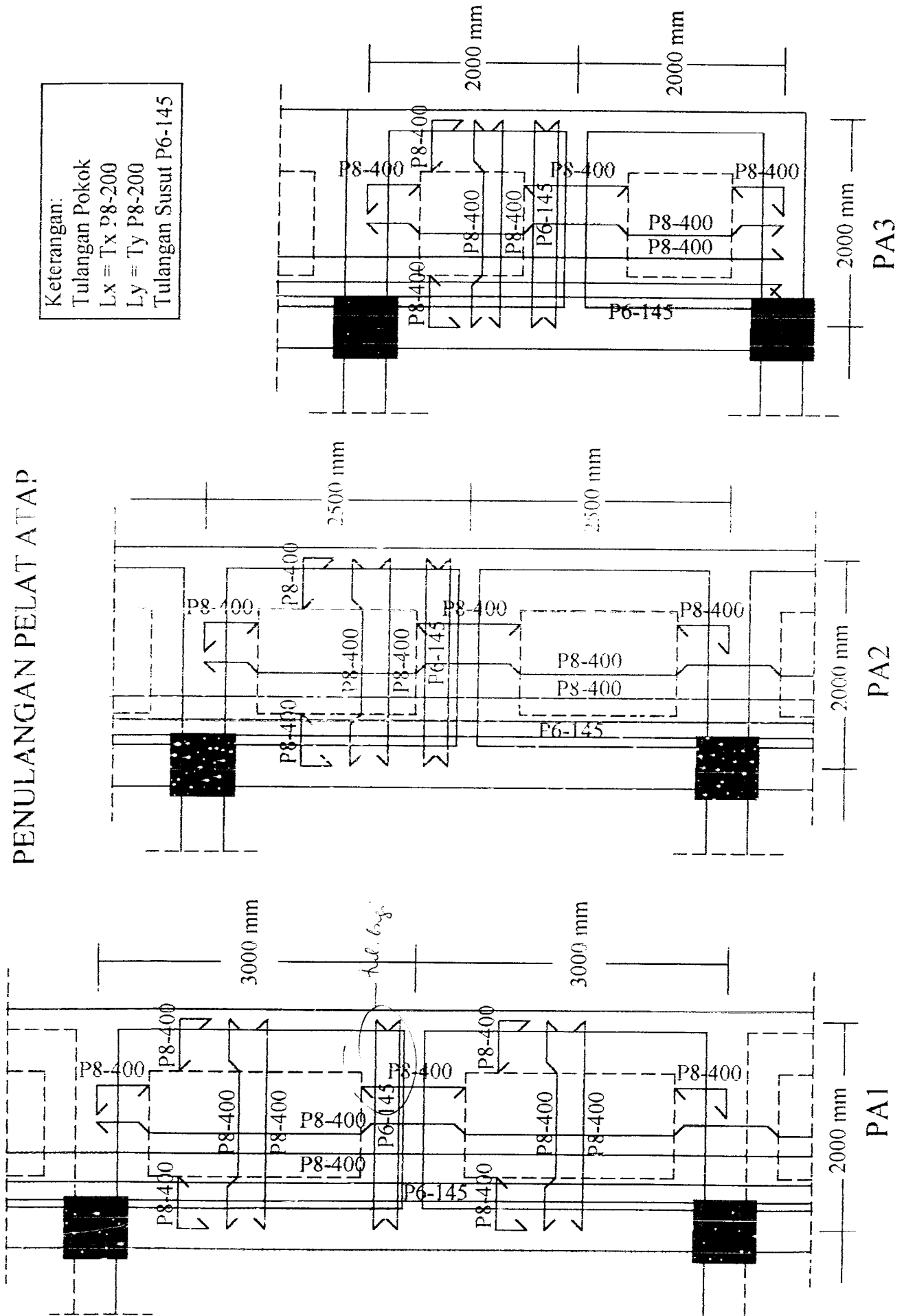
PENULANGAN PELAT LANTAI
(PL 2)



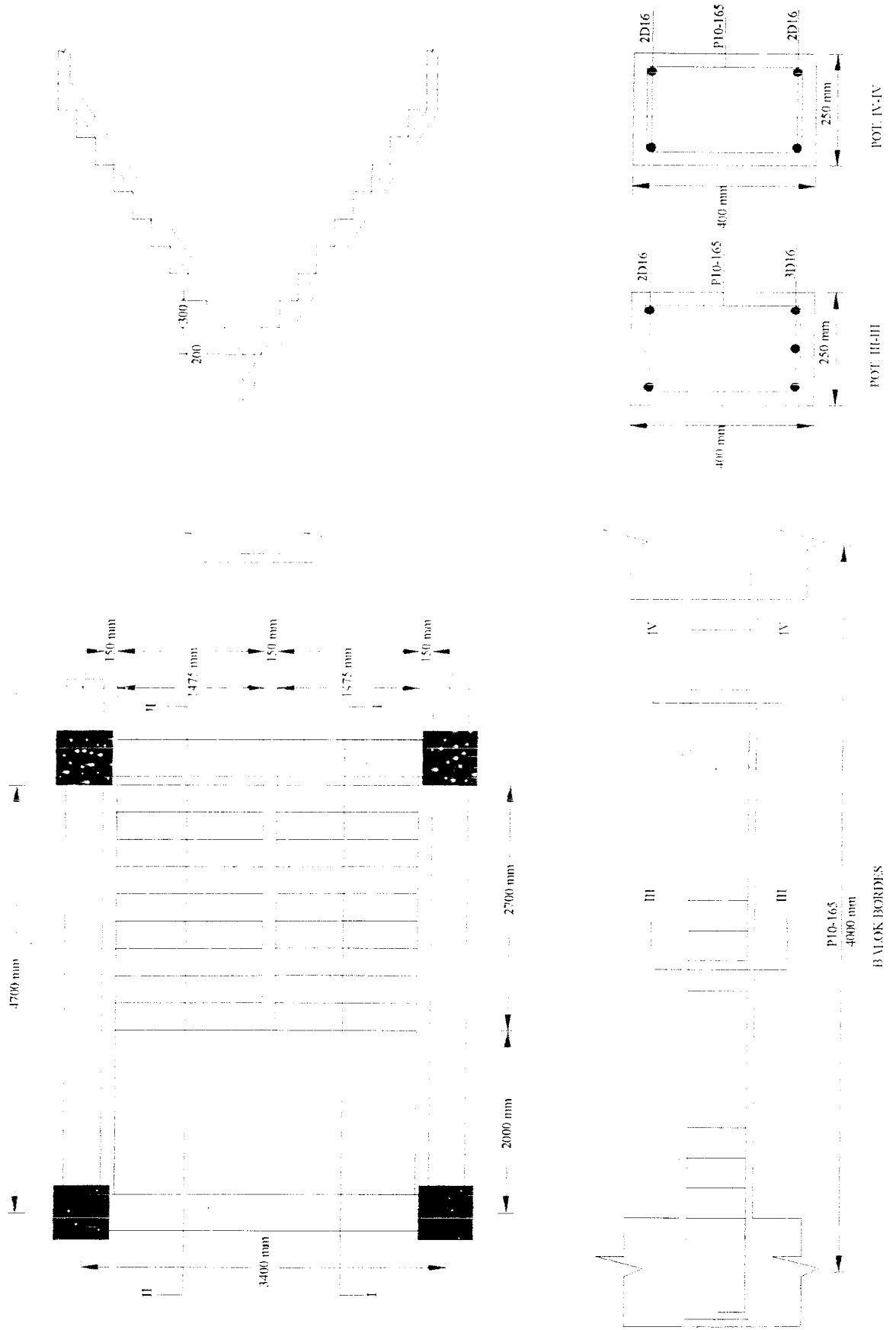
DENAH RENCANA PELAT ATAP

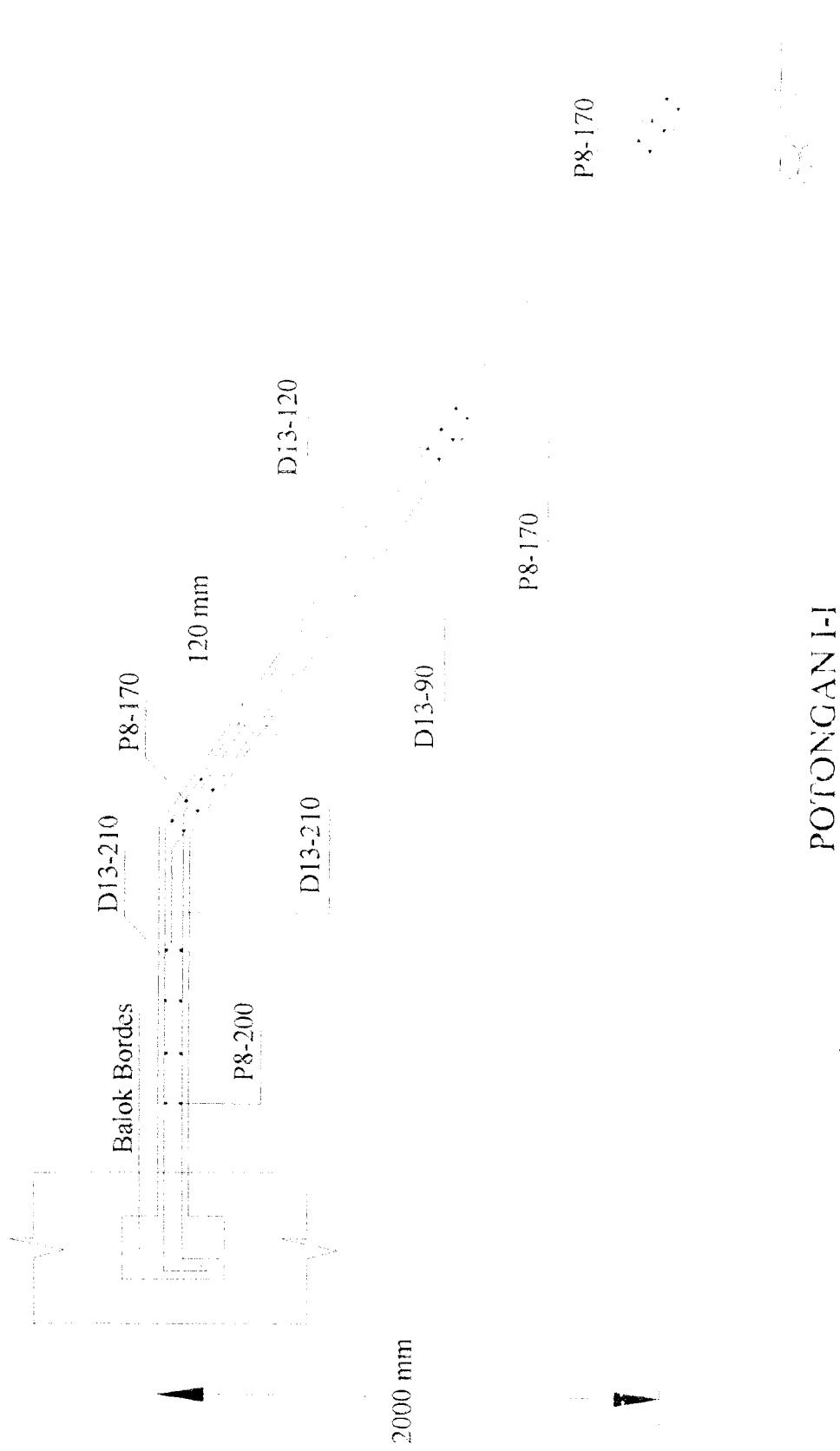
PENULANGAN PELAT ATAP

Keterangan:
 Tulangan Pokok
 Lx = Tx P8-200
 Ly = Ty P8-200
 Tulangan Susut P6-145

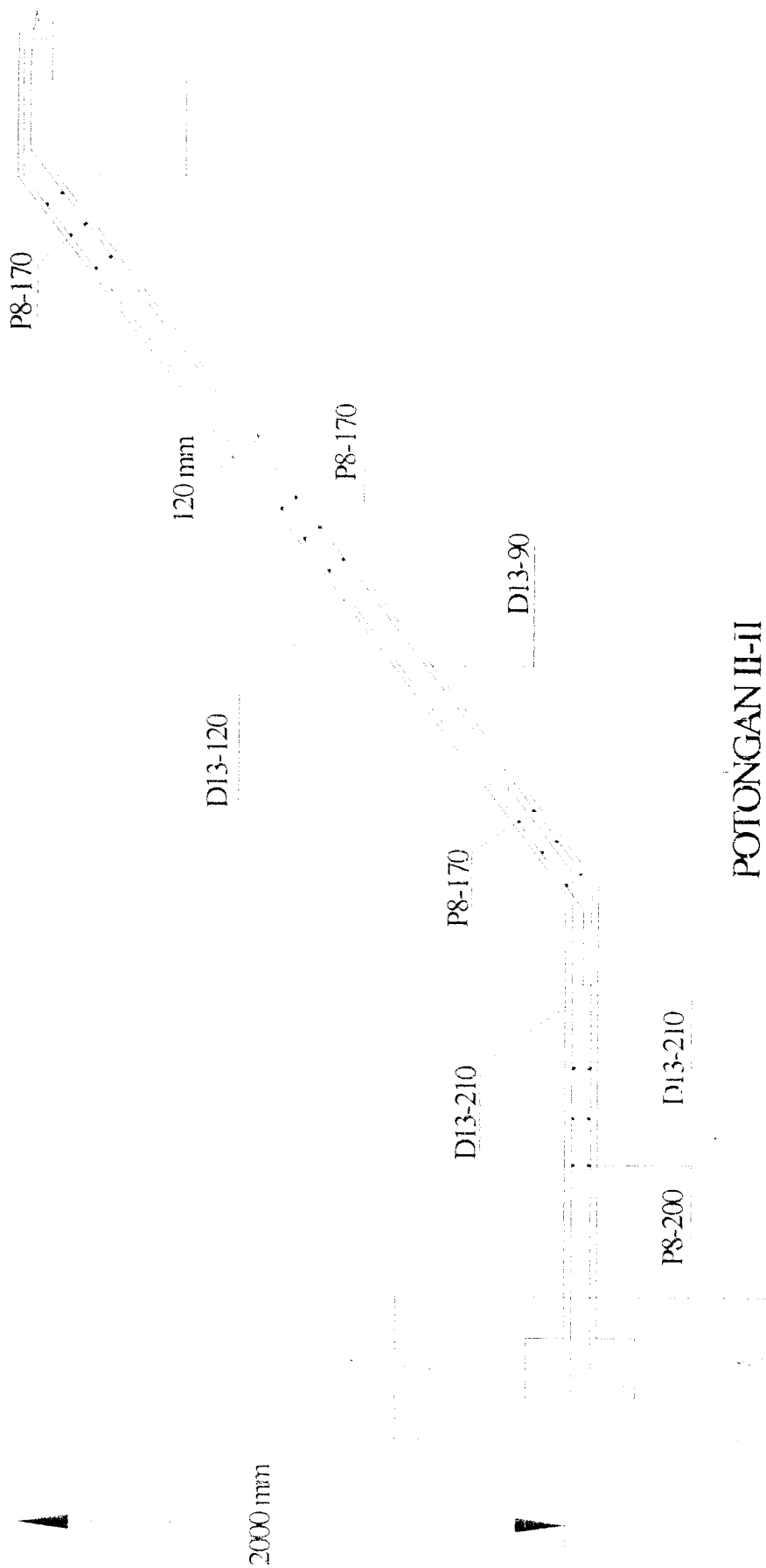


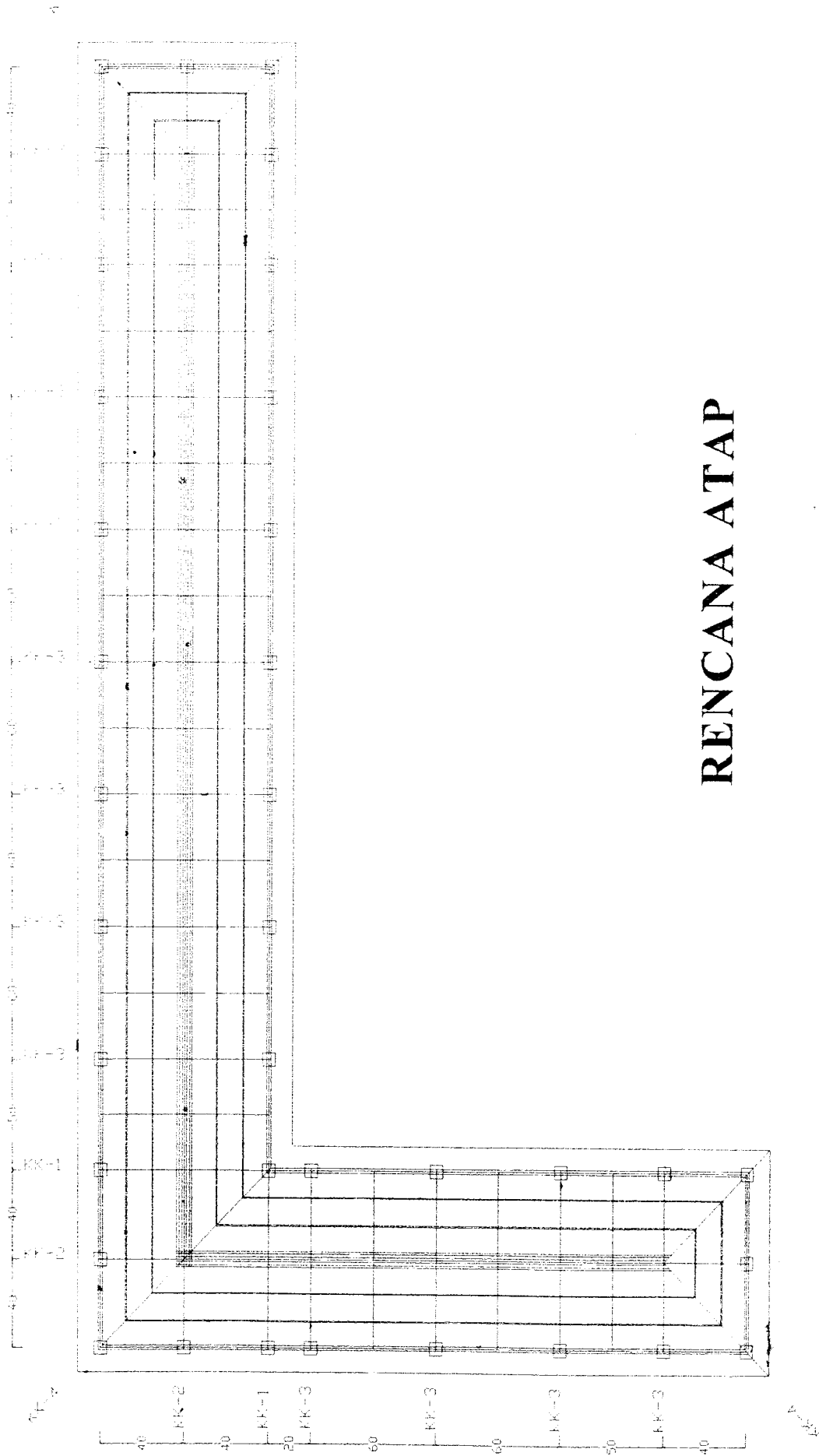
Gambar 41





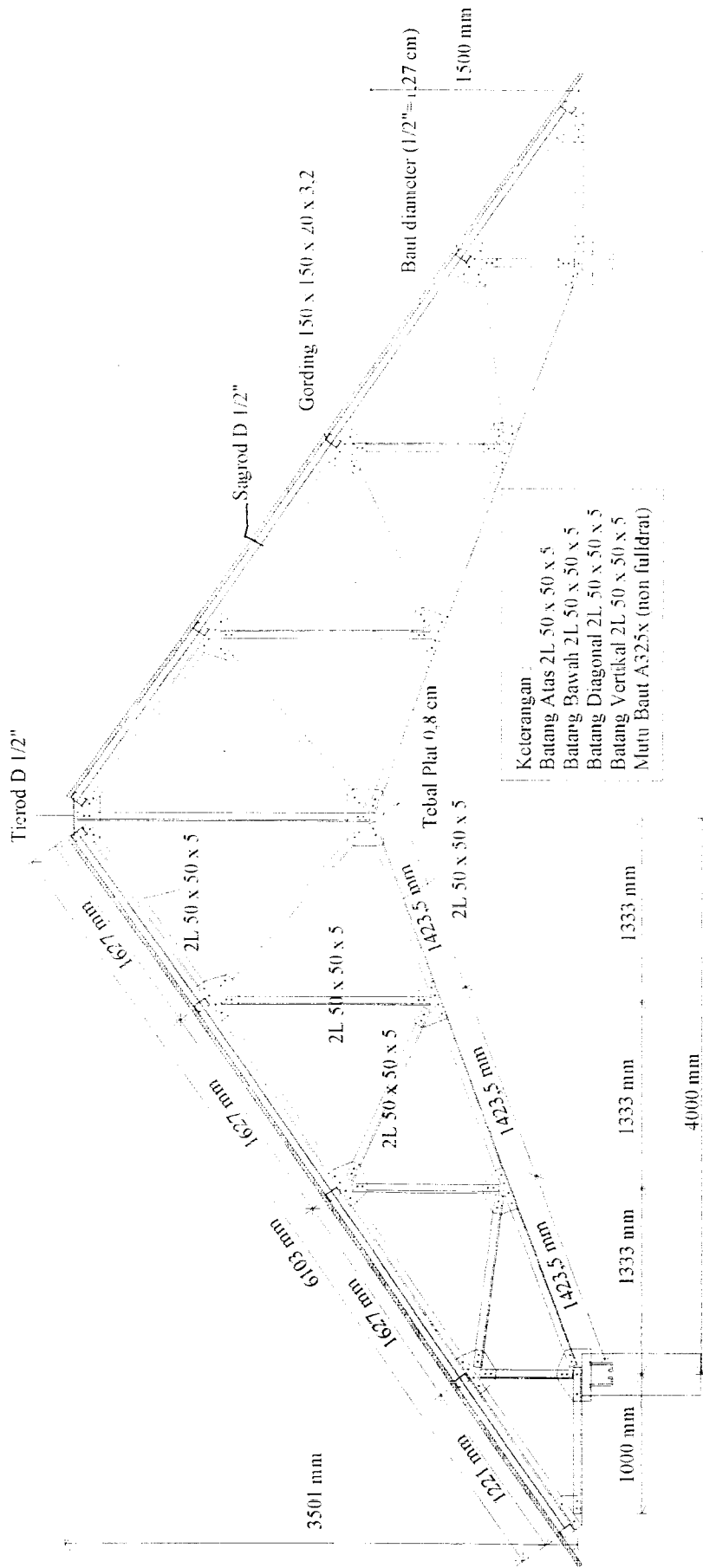
POTONGAN I-I



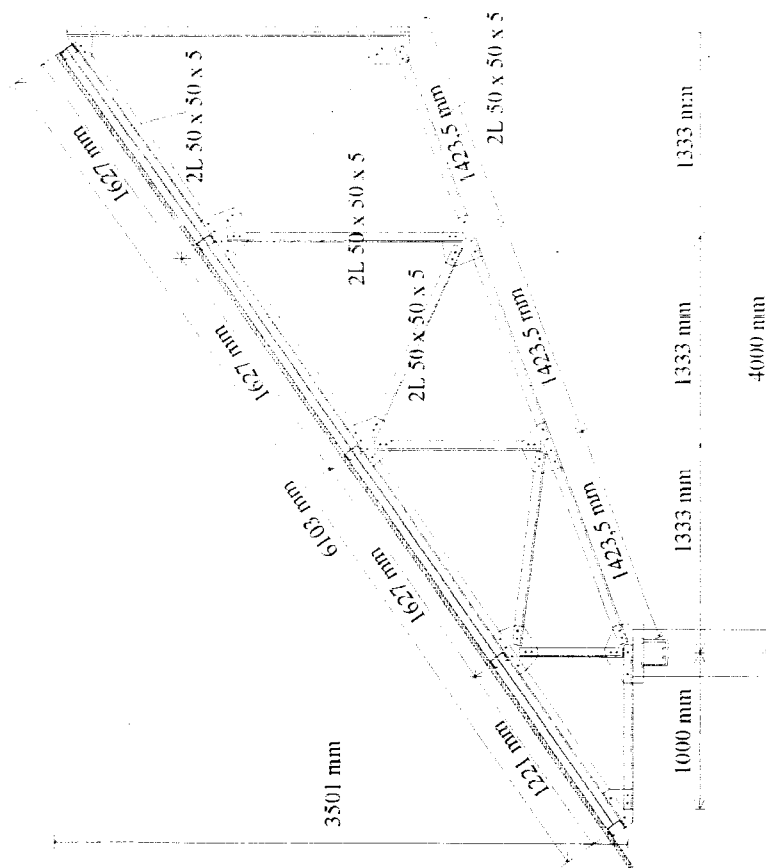


RENCANA ATAP

4



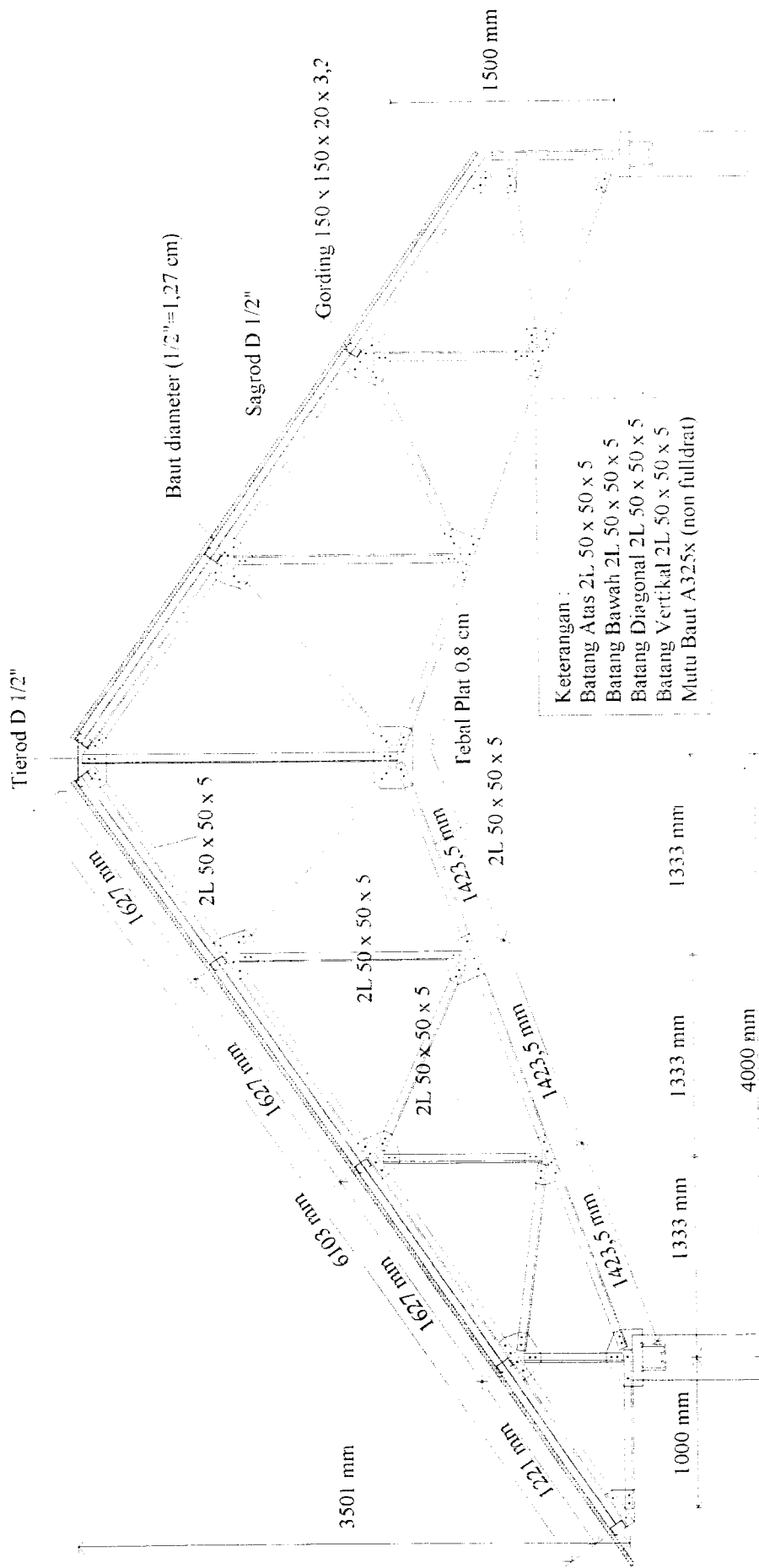
RANGKA KUDA-KUDA (KK1)



Keterangan :

- Batang Atas 2L 50 x 50 x 5
- Batang Bawah 2L 50 x 50 x 5
- Batang Diagonal 2L 50 x 50 x 5
- Batang Vertikal 2L 50 x 50 x 5
- Mutu Baut A32.5x (non fulldrat)

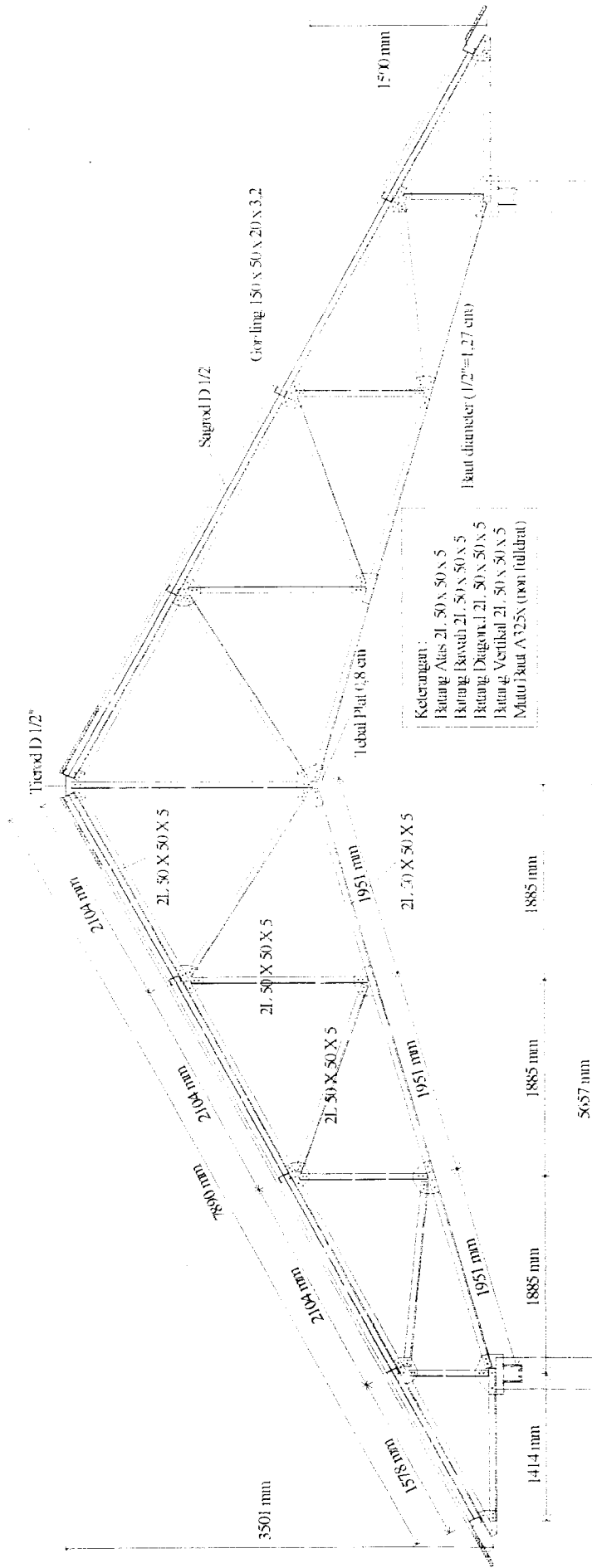
RANGKA KUDA-KUDA 2 (KK2)



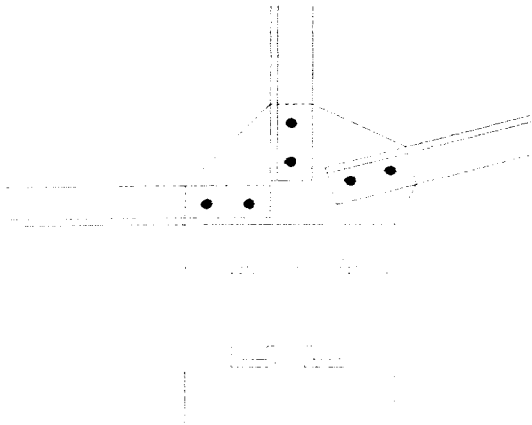
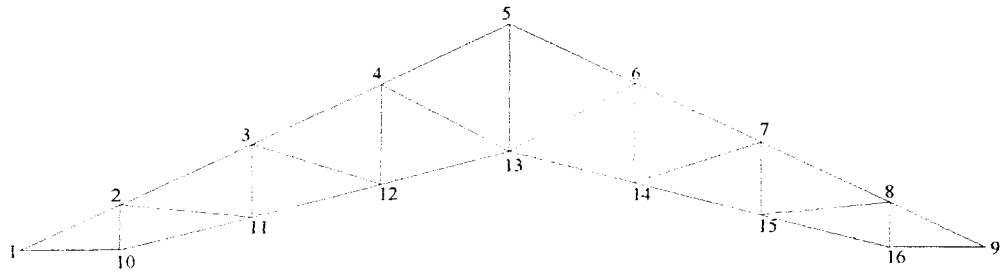
Keterangan :

- Batang Atas 2L 50 x 50 x 5
- Batang Bawah 2L 50 x 50 x 5
- Batang Diagonal 2L 50 x 50 x 5
- Batang Vertikal 2L 50 x 50 x 5
- Mutu Baut A325x (non fulldrat)

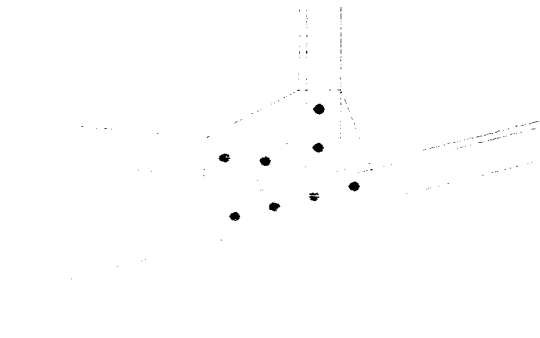
RANGKA KUDA-KUDA 3 (KK3)



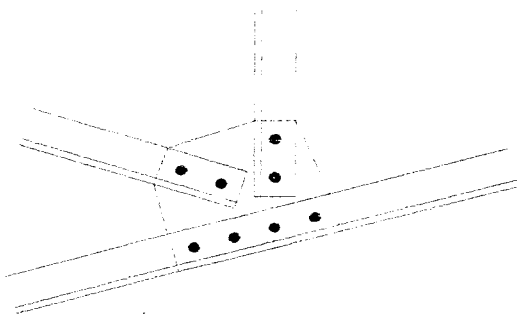
RANGKA KUDA-KUDA 4 (KK4)



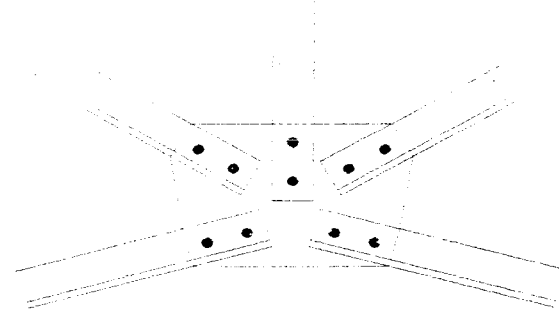
Join 10



Join 11



Join 12



Join 13

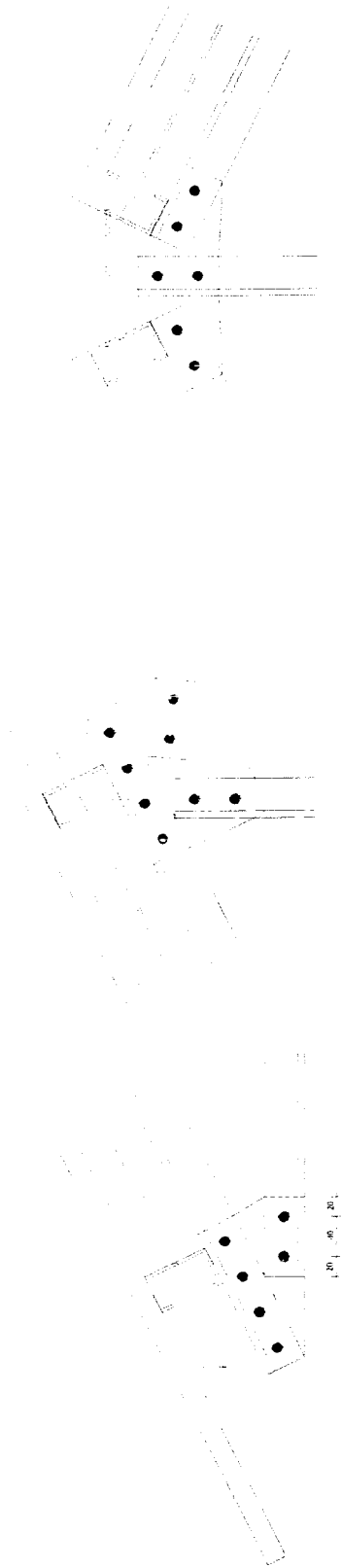
Keterangan :

Tebal plat sambung 0,8 cm

Jarak antar baut 40 mm

Jarak baut - tepi plat 20 mm

DETAIL KUDA-KUDA BAWAH



Join 1

Join 2

Join 5

Keterangan :
Tebal plat sambung 0,8 cm
Jarak antar baut 40 mm
Jarak baut - ujung plat 20 mm



Join 3

Join 4

DETAIL KUDA-KUDA ATAS