TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *FRAME-WALL DUCTILE* DENGAN MEMPERHITUNGKAN KEKAKUAN BALOK PONDASI

Disusun oleh :

Nama : Lepti Subandi
No. Mhs. : 95 310 107
NIRM : 950051013114120105

Nama : Robby Dwi Hartanto
No. Mhs. : 95 310 232
NIRM : 950051013114120229

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

2000

TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *FRAME-WALL DUCTILE* DENGAN MEMPERHITUNGKAN KEKAKUAN BALOK PONDASI

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh :

Nama : Lepti Subandi
No. Mhs. : 95 310 107
NIRM : 9500510131141201O5

Nama : Robby Dwi Hartanto
No. Mhs. : 95 310 232
NIRM : 9500510131141202 29

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

2000

DESAIN STRUKTUR *FRAME-WALL DUCTILE* DENGAN MEMPERHITUNGKAN KEKAKUAN BALOK PONDASI

Oleh :

LEPTI SUBANDI

95 310 107

ROBBY DWI HARTANTO

95 310 232

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Widodo, MSCE, Ph.D
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 08-02-2000

Ir. Fatkhurrohman,NS, MT
Dosen Pembimbing II

Tanggal :

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

KAMI PERSEMBAHKAN KARYA YANG SEDERHANA INI UNTUK AGAMA, ALMAMATER, DAN BANGSA.

DAN AKAN KAMI BERIKAN SEMUA YANG DAPAT KAMI BERIKAN KEPADA ORANG YANG TELAH MEMBERIKAN SEMUANYA UNTUK KAMI; YANG KAMI CINTA DAN MENCINTAI KAMI *IBUNDA DAN AYAHANDA.*
YANG AKAN SELALU KAMI INGAT KEBAIKANNYA; KAKAK, ADIK, KEPONAKAN, DAN KELUARGA BESAR KAMI.

- *Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu sudah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. (Alam Nasyrah ayat 6 dan 7).*
- *Dari Ibnu Umar berkata Rasulullah SAW sambil memegang pundakku, lalu beliau bersabda. Jika diwaktu sore maka janganlah engkau tunggu pagi, dan jika waktu pagi janganlah engkau tunggu sore, gunakanlah sehatmu sebelum sakitmu dan gunakanlah hidupmu sebelum matimu. (HR Bukhari).*
- *Berangkatlah kamu baik dalam keadaan merasa ringan maupun merasa berat, dan berjihadlah dengan harta dan dirimu dijalan Allah. Yang demikian adalah lebih baik bagimu jika kamu mengetahui. (QS: At-taubah ayat 11)*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السلام عليكم ورحمة الله و بركاته

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penyusun berhasil menyelesaikan tugas akhir dan menyusun laporan ini

Kegiatan ini sesuai dengan kurikulum yang ada di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, yaitu setiap mahasiswa wajib membuat tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program strata-1 (S1). Dalam tugas akhir ini penyusun mengambil tema tentang ***Desain Struktur Frame Wall Ductile dengan Memperhitungkan Kekakuan Balok Pondasi.***

Selama menyelesaikan tugas akhir ini penyusun banyak mendapatkan masukan yang berharga, sehingga penyusun mempunyai kesempatan menambah pengetahuan yang tidak didapat pada waktu kuliah. Penyelesaian tugas akhir ini diberi waktu 1 bulan untuk membuat proposal dan 3 bulan untuk menyusun laporan. Mengingat waktu yang relatif singkat penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini sangat terbatas dan jauh dari sempurna, untuk itu penyusun tidak menutup kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penyusun banyak mendapat bantuan, bimbingan dari berbagai pihak, karena itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat,

1. **Bapak Ir. Widodo, MSCE., Ph.D.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, sekaligus Dosen Pembimbing I tugas akhir,
2. **Bapak Ir. Tadjuddin** BM. Aris, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. **Bapak Ir. Fatkhurrohman** NS, MT., selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir,
4. **Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE.**, selaku Dosen Penguji tugas akhir,
5. Seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
6. **Ibunda Siti Jurni, Ayahanda Lihan Ali Ta'a, Dang Andi, Dang Inu, Wo Oong Fatimah, Aya', Edzen, Tita, Utek, Bul, Vika, dan Febby** yang memberikan dorongan dan do'a restu baik moril maupun spirituil selama kuliah sampai terwujudnya laporan ini,
7. **Kedua orang tuaku Ayahanda Suhairi dan Bunda Siti Rofiah, Mbak Winda, Adikku Deddy** yang selalu memberikan do'a dan pangestunya selama hidupku ini,
8. Seluruh karyawan dan rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
9. Teman-teman kelas D dan E Sipil '95 yang kompak selalu,
10. Teman-teman IKPELMASYO dan ikatan pelajar Bengkulu,

11. Temenku Esti, A'an, Mita, Ngee-Ngee, Halay, Hari, Heru, Arief, Arif, Bagus, Dody, Sony, Adit, Imam, Toto, Sahala, Rifqi, Pahlevi, Ani, Rinda, Wina, Anti, Banu, Ipink, Andi, Pion, A. Yani, Dear, Gunadi atas semua do'a dan bantuannya selama ini sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan,

10 Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.

Kepada semua pihak yang tersebut di atas penyusun hanya dapat mendo'akan dan berharap semoga segala bantuan baik moril maupun spirituil serta amal kebajikannya di terima oleh Allah, SWT.

Semoga laporan ini bermanfaat, khususnya bagi penyusun dan semua pihak yang membutuhkan pada umumnya, mudah-mudahan Allah SWT membalas semua amal dan kebaikan kita semua. *Amien...*

و السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Yogyakarta, Februari 2000
Penyusun

Lepti Subandi
Robby Dwi Hartanto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR LAMPIRAN xix

DAFTAR NOTASI xx

ABSTRAKSI xxvii

BAB I. PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Tujuan 3

1.3. Manfaat Penelitian 3

1.4. Batasan Masalah 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Pendahuluan 5

2.2 Pembahasan penelitian terdahulu..... 7

BAB III. LANDASAN TEORI..... 9

3.1 Pendahuluan..... 9

3.1.1 Perencanaan metode daktail..... 10

3.2 Analisa Beban Gempa..... 11

3.2.1 Gaya geser dasar (V)..... 12

3.2.2 Koefisien gempa dasar (C)..... 12

3.2.3 Faktor keutamaan gedung (I)..... 13

3.2.4 Faktor jenis struktur (K)..... 14

3.2.5 Berat total bangunan (Wt)..... 14

3.2.6 Distribusi gaya geser horisontal (Fi)..... 14

3.2.7 Evaluasi periode getar struktur..... 15

3.3 Perencanaan Kekakun Balok Fondasi..... 15

3.4 Perencanaan Dinding Geser..... 16

3.5 Desain Balok..... 23

3.5.1 Balok bertulangan rangkap..... 23

3.5.2 Penulangan geser balok terlentur 25

3.5.3 Persyaratan kuat lentur balok portal..... 30

3.5.4 Persyaratan kuat geser balok portal 31

3.6 Desain Kolom 32

3.6.1 Kondisi beban sentris 33

3.6.2 Kondisi *balanced* 34

3.6.3 Kondisi patah tarik 34

3.6.4 Kondisi patah tekan 35

3.6.5 Kondisi momen murni 34

3.6.6 Kondisi beban biaksial 35

3.6.7 Persyaratan kuat lentur kolom portal 39

3.6.8 Persyaratan kuat geser kolom portal 42

3.7 Titik Pertemuan Rangka 44

BAB IV. METODE PENELITIAN 49

4.1 Tempat Penelitian 49

4.2 Waktu Penelitian 49

4.3 Tahapan Analisa 49

4.4 Model Struktur 50

BAB V. ANALISIS 54

5.1 Perhitungan Beban 54

5.1.1 Pembebanan beban atap dan lantai 54

5.2 Perhitungan Dimensi Dinding Geser..... 55

5.2.1 Perhitungan tebal dinding geser (bw)..... 55

5.2.2 Perhitungan lebar dinding geser (lw)..... 56

5.3 Konversi berat tembok..... 57

5.4 Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekivalen..... 57

5.4.1 Berat Bangunan Total..... 58

5.4.2 Waktu getar bangunan (T)..... 64

5.4.3 Koefisien gempa dasar 64

5.4.4 Faktor keutamaan gedung (I) dan jenis struktur (K)..... 64

5.4.5 Gaya geser horisontal akibat gempa..... 65

5.4.6 Waktu getar struktur dengan cara T Rayleigh..... 66

5.5 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi..... 68

5.5.1 Beban merata ekivalen arah Y..... 68

5.5.2 Beban merata ekivalen arah X..... 74

BAB VI. DISAIN STRUKTUR BETON BERTULANG..... 127

6.1 Disain Struktur 10 Lantai..... 127

6.1.1 Desain balok..... 127

6.1.2 Momen nominal aktual..... 130

6.1.3 Desain sengkang balok..... 141

6.1.4 Desain kolom..... 151

6.1.5 Gaya aksial rencana dan aksial maksimum..... 161

6.1.6 Grafik interaksi kolom dan contoh perhitungan..... 173

6.1.7 Gaya geser dan tulangan geser kolom..... 197

6.1.7.1 Gaya geser rencana dan geser maksimum..... 198

6.1.7.2 Gaya geser dan tulangan geser kolom..... 204

6.1.8 Pertemuan balok kolom..... 211

6.2 Desain Dinding Geser..... 227

6.2.1 Penulangan lentur 230

6.2.2 Kapasitas lentur dinding geser..... 232

6.2.3 Perencanaan geser..... 234

6.3 Perencanaan Fondasi..... 242

6.3.1 Perencanaan penempatan fondasi 242

6.3.2 Menentukan dimensi fondasi..... 242

6.3.2.a Menentukan ukuran pondasi 243

6.3.2.b Kontrol kuat geser satu arah 244

6.3.2.c Kontrol kuat geser dua arah 245

6.3.2.d Hitungan tulangan 246

6.3.3 Kontrol kuat dukung tanah..... 247

BAB VII. HASIL DAN PEMBAHASAN..... 248

7.1 Simpangan Horisontal Struktur Frame-Wall..... 248

7.2 Inter-storey drift..... 250

7.3 Gaya Geser Dasar Pada Frame-Wall..... 252

7.4 Desain Balok..... 254

7.5 Perencanaan Kolom..... 257

7.6 Perbandingan Momen Kapasitas Balok Dan Momen Nominal Kolom..... 260

BAB VIII. KESIMPULAN DAN SARAN..... 262

8.1 Kesimpulan..... 262

8.2 Saran..... 263

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

3.1 Mekanisme keruntuhan pada portal terbuka 10

3.2 Koefisien gempa dasar wilayah III..... 13

3.3. Cara pengekangan pada dasar struktur..... 16

3.4 Perbandingan rasio daktilitas..... 18

3.5 Bidang momen pada dinding geser akibat gempa..... 20

3.6 Bidang gaya geser pada dinding geser akibat gempa..... 22

3.7 Distribusi regangan dan tegangan balok tulangan rangkap..... 23

3.8 Balok portal saat sendi plastis pada ujung balok 31

3.9 Tegangan dan gaya-gaya pada kolom..... 35

3.10 Pertemuan balok kolom kondisi sendi plastis di ujung balok..... 39

3.11 Kurva faktor pembesaran dinamik..... 41

3.12 Kolom portal saat sendi plastis di ujung balok..... 43

3.13 Pertemuan balok kolom saat sendi plastis 44

4.1 Rencana penempatan dinding geser..... 50

4.2 Portal as E = as F..... 50

4.3 Portal as A = as P..... 51

4.4 Denah tampak atas struktur..... 51

4.5 Portal as 1 = as 3..... 52

4.6 Portal as 2..... 53

5.1 Pembagian pembebanan portal E..... 54

5.2 Pembagian beban merata pada portal A..... 68

5.3 Perhitungan beban merata ekivalen portal A..... 68

5.4 Beban mati dan hidup ekivalen portal A..... 71

5.5 Pembagian beban merata portal E..... 71

5.6 Perhitungan beban merata ekivalen portal E..... 72

5.7 Beban mati dan hidup portal E..... 74

5.8 Pembagian beban merata portai 1..... 74

5.9 Pembagian beban merata portal 2..... 76

5.10 Momen tumpuan as A ($E=E^{10}$)..... 114

5.11 Momen tumpuan as A ($E=E^{6}$)..... 114

5.12 Momen tumpuan as A ($E=5E^{5}$)..... 114

5.13 Momen tumpuan as A (E=0)..... 114

5.14 Momen tumpuan as E ($E=E^{10}$)..... 115

5.15 Momen tumpuan as E ($E=E^{6}$)..... 115

5.16 Momen tumpuan as E ($E=5E^{5}$)..... 115

5.17 Momen tumpuan as E (E=0)..... 115

5.18 Momen tumpuan as H ($E=E^{10}$)..... 116

5.19 Momen tumpuan as H ($E=E^{6}$)..... 116

5.20 Momen tumpuan as H ($E=5E^{5}$)..... 116

5.21 Momen tumpuan as H (E=0)..... 116

5.22 Momen tumpuan as 1 ($E=E^{10}$)..... 118

5.23 Momen tumpuan as 1 ($E=E^{7}$)..... 118

5.24 Momen tumpuan as 1 ($E=E^6$)..... 118

5.25 Momen tumpuan as 1 ($E=5E^5$)..... 120

5.26 Momen tumpuan as 1 ($E=E^5$)..... 120

5.27 Momen tumpuan as 1 ($E=E^4$)..... 120

5.28 Momen tumpuan as 1 (E=0)..... 122

5.29 Momen tumpuan as 2 ($E=E^{10}$)..... 122

5.30 Momen tumpuan as 2 ($E=E^7$)..... 122

5.31 Momen tumpuan as 2 ($E=E^6$)..... 124

5.32 Momen tumpuan as 2 ($E=5E^5$)..... 124

5.33 Momen tumpuan as 2 ($E=E^5$)..... 124

5.34 Momen tumpuan as 2 ($E=E^4$)..... 126

5.35 Momen tumpuan as 2 (E=0)..... 126

6.1 Gaya geser pada penampang kritir dan sendi plastis..... 146

6.2 Kolom eksterior dan interior..... 151

6.3 Diagram tegangan regangan kolom saat balance..... 174

6.4 Diagram tegangan regangan kolom saat patah tarik..... 176

6.5 Diagram tegangan regangan kolom saat patah tarik..... 177

6.6 Diagram tegangan regangan kolom saat patah desak..... 179

6.7 Diagram tegangan regangan kolom saat patah desak..... 180

6.8 Grafik interaksi kolom ukuan 400/850..... 186

6.9 Grafik interaksi kolom ukuan 400/750..... 187

6.10 Grafik interaksi kolom ukuan 400/650..... 188

DAFTAR TABEL

5.1	Dimensi rencana kolom	55
5.2	Berat tiap lantai	64
5.3	Gaya geser horisontal	65
5.4	Waktu getar bangunan arah X	66
5.5	Waktu getar bangunan arah Y	66
5.6	Momen rencana balok portal as-E	79
5.7	Momen rencana balok portal as-F	81
5.8	Momen rencana balok portal as-2	83
5.9	Momen rencana balok portal as-3	98
5.10	Momen tumpuan balok portal as-A	113
5.11	Momen tumpuan balok portal as-E	113
5.12	Momen tumpuan balok portal as-H	113
5.13	Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E10)	117
5.14	Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E7)	117
5.15	Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E6)	117
5.16	Momen tumpuan balok portal as-1 (E=5E5)	119
5.17	Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E5)	119
5.18	Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E4)	119
5.19	Momen tumpuan balok portal as-1 (E=0)	121

6.62 Gaya geser rencana dinding geser 237
6.63 Tulangan dinding geser kondisi jepit 240
6.64 Tulangan dinding geser kondisi fleksibel 240
6.65 Tulangan dinding geser kondisi sendi 241
7.1 Simpangan arah X 249
7.2 Simpangan arah Y 249
7.3 Interstorey drift arah X 251
7.4 Interstorey drift arah Y 251
7.5 Gaya geser dasar struktur frame wall 252
7.6 Momen rencana balok arah X-2 254
7.7 Momen rencana balok arah X-3 254
7.8 Momen rencana balok arah Y-F 255
7.9 Momen rencana balok arah Y-E 255
7.10 Momen rencana kolom F-2 dan F-3 257
7.11 Momen rencana kolom E-2 dan E-3 258
7.12 Perbandingan $M_{kap,b}$ dengan $M_{n,kol}$ 260

6.11 Grafik interaksi kolom ukuan 400/600 189

6.12 Penulangan kolom interior lantai 1 193

6.13 Momen kapasitas kolom lantai dasar dan atas 197

6.14 Penulangan kolom lantai 1 206

6.15 Pertemuan balok kolom sudut 212

6.16 Detail penulangan balok kolom sudut 216

6.17 Pertemuan balok kolom tepi 217

6.18 Pertemuan balok kolom tengah 222

6.19 Dimensi dinding geser 228

6.20a Bidang momen rencana dinding geser jepit (E=1e10) 229

6.20b Bidang momen rencana dinding geser fleks (E=1e6) 229

6.20c Bidang momen rencana dinding geser sendi (E=0) 229

6.21 Penempatan tulangan boundary elemen dan lentur 231

6.22a Bidang momen rencana dinding geser jepit (E=1e10) 235

6.22b Bidang momen rencana dinding geser fleks (E=1e6) 235

6.22c Bidang momen rencana dinding geser sendi (E=0) 235

6.23 Penempatan tulangan sengkang dinding geser 239

6.24 Bentuk dan dimensi fondasi 242

6.25 Kuat geser satu arah 244

6.26 Kuat geser dua arah 245

6.27 Penulangan pondasi 247

7.1 Simpangan arah X 250

7.2 Simpangan arah Y 250
7.3 Interstorey drift arah X 252
7.4 Interstorey drift arah Y 252
7.5 Gaya geser dasar portal 253
7.6 Gaya geser dasar dinding geser 253
7.7 Momen rencana balok arah X-2 255
7.8 Momen rencana balok arah X-3 256
7.9 Momen rencana balok arah Y-F 256
7.10 Momen rencana balok arah Y-E 256
7.11 Momen rencana kolom F tengah 258
7.12 Momen rencana kolom F tepi 258
7.13 Momen rencana kolom E tengah 259
7.14 Momen rencana kolom E tepi 259
7.15 Perbandingan M_{kap} balok dan M_{nom} kolom 261

5.20 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=1E10) 121
5.21 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=1E7) 121
5.22 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=1E6) 123
5.23 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=5E5) 123
5.24 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=1E5) 123
5.25 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=1E4) 125
5.26 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=0) 125
6.1 Tulangan longitudinal portal F dan momen nak as kolom 134
6.2 Tulangan longitudinal portal E dan momen nak as kolom 135
6.3 Tulangan longitudinal portal 2 dan momen nak as kolom 136
6.4 Tulangan longitudinal portal 3 dan momen nak as kolom 137
6.5 Tulangan longitudinal portal F dan momen nak muka kolom 138
6.6 Tulangan longitudinal portal E dan momen nak muka kolom 139
6.7 Tulangan longitudinal portal 2 dan momen nak muka kolom 140
6.8 Tulangan longitudinal portal 3 dan momen nak muka kolom 141
6.9 Gaya geser balok portal F as kolom 143
6.10 Gaya geser balok portal E as kolom 143
6.11 Gaya geser balok portal 2 as kolom 144
6.12 Gaya geser balok portal 3 as kolom 144
6.13 Gaya geser balok portal F muka kolom 144
6.14 Gaya geser balok portal E muka kolom 145
6.15 Gaya geser balok portal 2 muka kolom 145

6.16 Gaya geser balok portal 3 muka kolom 145
6.17 Tulangan geser balok portal F as kolom 147
6.18 Tulangan geser balok portal E as kolom 148
6.19 Tulangan geser balok portal 2 as kolom 148
6.20 Tulangan geser balok portal 3 as kolom 148
6.21 Tulangan geser balok portal F muka kolom 149
6.22 Tulangan geser balok portal F muka kolom 149
6.23 Tulangan geser balok portal F muka kolom 150
6.24 Tulangan geser balok portal F muka kolom 150
6.25 Momen rencana kolom F-2 dan F-3 pada as kolom 155
6.26 Momen rencana kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom 156
6.27 Momen rencana kolom E-2 dan E-3 pada as kolom 156
6.28 Momen rencana kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom 156
6.29 Momen maksimum kolom F-2 dan F-3 159
6.30 Momen maksimum kolom E-2 dan E-3 160
6.31 Gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 pada as kolom 163
6.32 Gaya aksial rencana kolom E-2 dan E-3 pada as kolom 164
6.33 Gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom 165
6.34 Gaya aksial rencana kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom 166
6.35 Gaya aksial maksimum kolom F-2 dan F-3 167
6.36 Gaya aksial maksimum kolom E-2 dan E-3 168
6.37 Momen dan gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 as kolom 169

6.38 Momen dan gaya aksial rencana kolom E-2 dan E-3 as kolom 170

6.39 Momen dan gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 muka kolom 171

6.40 Momen dan gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 muka kolom 172

6.41 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/850 183

6.42 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/750 183

6.43 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/650 184

6.44 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/600 184

6.45 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/500 185

6.46 Tulangan terpasang kolom F-2 dan F-3 pada as kolom 194

6.47 Tulangan terpasang kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom 195

6.48 Tulangan terpasang kolom E-2 dan E-3 pada as kolom 196

6.49 Tulangan terpasang kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom 197

6.52 Gaya geser rencana kolom F-2 dan F-3 pada as kolom 200

6.53 Gaya geser rencana kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom 201

6.54 Gaya geser rencana kolom E-2 dan E-3 pada as kolom 202

6.55 Gaya geser rencana kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom 203

6.56 Tulangan geser kolom F-2 dan F-3 pada as kolom 207

6.57 Tulangan geser kolom E-2 dan E-3 pada as kolom 208

6.58 Tulangan geser kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom 209

6.59 Tulangan geser kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom 210

6.60 Momen rencana dinding geser 230

6.61 Gaya aksial rencana dinding geser 230

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Lembar Konsultasi

Lampiran 2 : Data Input *SAP 90*

Lampiran 3 : Data Out put *SAP 90*

Lampiran 4 : Gambar penulangan balok

Lampiran 5 : Gambar penulangan kolom dan pondasi

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DAFTAR NOTASI

a = tinggi blok tegangan tekan persegi ekivalen,

A = luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik, bertitik pusat sama dengan tulangan tersebut, dibagi dengan jumlah batang tulangan, mm^2,

A_b = luas penampang satu batang tulangan, mm^2,

A_c = luas penampang beton yang menahan penyaluran geser, mm^2,

A_g = luas bruto penampang, mm^2,

$A_{j,h}$ = luas tulangan geser horisontal pada *joint*, mm^2,

$A_{j,v}$ = luas tulangan geser vertikal pada *joint*, mm^2,

A_s = luas tulangan tarik *longitudinal* non pra-tegangan, mm^2,

A_s' = luas tulangan tekan *longitudinal*, mm^2,

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s, atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi, mm^2,

b = lebar dari muka tekan komponen struktur, mm,

bc = ketebalan dinding geser kritis,

b_j = lebar efektif *joint*, mm,

b_o = keliling (parameter) penampang kritis pada plat dan pondasi, mm,

b_v = luas penampang pada bidang kontak yang ditinjau terhadap geser horisontal, mm^2,

b_w = tebal dinding geser,

b_w = lebar badan balok atau diameter penampang bulat, mm,

c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm,

C_c = tegangan tekan beton, MPa,

C_m = faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekivalen,

C_s = tegangan tekan baja tulangan, MPa,

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (tinggi efektif balok), mm,

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm,

d" = jarak dari serta tarik terluar ke pusat tulangan tarik, mm,

D = beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut,

e = eksentrisitas gaya terhadap sumbu, mm,

E = pengaruh gaya gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut,

E_c = modulus elastisitas beton, MPa,

E_I = kekakuan lenturkomponen struktur tekan,

E_s = modulus elastisitas baja, MPa,

f'_c = kuat tekan beton, MPa,

f_s = kuat leleh tulangan yang dihitung pada beban kerja, MPa,

f_y = kuat leleh baja tulangan yang disyaratkan, MPa,

F_I = distribusi beban geser pada tingkat ke-I, N,

h_k = tinggi kolom portal dari titik pertemuan ke titik pertemuan,

h_k' = tinggi bersih kolom portal,

h_n = tinggi bersih komponen yang ditinjau, mm,

H = tinggi total komponen struktur, mm,

H_I = tinggi tingkat ke-I, m,

I = momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor,

I_g = momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbunya (penulangan diabaikan),

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

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan,

K = faktor jenis struktur,

l_n = panjang bentang bersih komponen dalam arah momen yang dihitung diukur dari muka ke muka tumpuan, mm,

l_k' = panjang bersih bentang balok portal, mm,

l_u = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang, mm,

L = beban hidup, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut,

L_d = panjang penyaluran tulangan tekan, mm,

L_{db} = panjang penyaluran dasar, mm,

L_k = panjang bentang balok portal dari titik pertemuan ke titik pertemuan,

M_c = momen terfaktor, digunakan untuk perencanaan komponen struktur tekan, Nmm,

M_{kap}= momen kapasitas dari penampang, Nmm,

M_{max}= momen terfaktor maksimum pada penampang akibat beban luar, Nmm,

M_n = kuat momen nominal pada suatu penampang, Nmm,

M_{nak}= momen nominal aktual, Nmm,

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

M_R = momen tahanan, Nmm,

M_u = momen terfaktor pada penampang, Nmm,

N_c = gaya tarik dalam beton akibat beban mati dan hidup tiidak terfaktor, N,

N_g = gaya aksial akibat beban gravitasi terfaktor pada pusat *joint*, N,

N_E = gaya aksial akibat beban gempa terfaktor pada pusat *joint*, N,

N_u = beban aksial terfaktor, normal terhadap penampang dan terjadi bersamaan dengan V_u diambil positif untuk tekan, negatif untuk tarik dan memperhitungkan pengaruh tarik akibat rangkak atau susut,

P_b = kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang, N,

P_c = beban kritis, N,

P_n = kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan, N,

P_0 = kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol, N,

P_u = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan, $\leq \phi P_n$, N,

Q = beban terfaktor per satuan luas, N/mm,

r = radius girasi penampang komponen struktur tekan, mm,

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

s = spasi tulangan geser atau torsi kearah paralel dengan tulangan *longitudinal*, mm,

T_s = tegangan tarik baja tulangan, MPa,

U = kuat perlu untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengannya,

V = gaya geser dasar akibat gempa, N,

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, N,

V_n = kuat geser nominal, N,

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser, N,

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang, N,

V_{wall} = gaya geser rencana dinding geser,

Z = besaran pembatas distribusi tegangan lentur,

α = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan plat, dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis sumbu panel yang bersebelahan (bila ada) pada sisi balok atau sudut antara sengkang miring dan sumbu *longitudinal* komponen struktur,

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

β_c = rasio antara sisi panjang dan sisi pendek pondasi,

β_d = rasio dari momen beban mati terfaktor maksimum terhadap momen beban mati total terfaktor maksimum (selalu bernilai positif),

β_1 = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen beton,

δ_b = faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur di antara ujung-ujung diantara struktur tekan,

δ_s = faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi,

ε_c' = regangan tekan beton,

ε_s = regangan pada baja tulangan,

ε_y = regangan leleh baja tulangan,

ρ = rasio penulangan tarik non-prategangan,

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategangan,

ρ_b = rasio penulangan pada kondisi regangan seimbang,

ϕ = faktor reduksi kekuatan,

ABSTRAK

Indonesia termasuk daerah rawan gempa, terutama didaerah-daerah tertentu. Kerusakan bangunan gedung akibat gaya gempa ini sering terjadi yang mana kerusakan non-struktur umumnya relatif kompleks. Oleh karena itu evaluasi kerusakan umumnya ditujukan terhadap struktur utama dengan beberapa asumsi. Terdapat banyak respon parameter dan model estimasi kerusakan struktur yang dapat dipakai, tetapi perlu memilih model yang tepat. Penggunaan model-model tersebut untuk penelitian dengan memperhitungkan efek rotasi fondasi pada struktur bangunan beton bertulang belum banyak dilakukan.

Hal ini berkaitan bahwa selama ini kita merencanakan struktur bangunan dengan anggapan dukungan pondasi jepit. Sedang kita ketahui bahwa tanah dasar bukanlah material yang rigid, tetapi mempunyai fleksibilitas yang memungkinkan terjadi interaksi antara tanah dan struktur. Pada kondisi ini lantai dasar tidak mempunyai kemampuan yang cukup untuk berfungsi secara jepit.

Pada penelitian ini dipakai model bangunan yaitu struktur beton bertulang daktail bertingkat 10 lantai kombinasi antara frame dan wall dengan memperhitungkan variasi kekakuan balok fondasi . Bangunan ini terletak pada wilayah gempa III dengan kondisi tanah lunak. Ditinjau tiga model fondasi yaitu fondasi jepit (Fix)*, fondasi di atas tanah yang fleksible* (Flex) *dan fondasi sendi murni yang masing-masing dibebani beban mati, hidup dan gempa statis. Untuk desain struktur atas digunakan properti bahan yang relatif standar umum dipakai.*

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa momen yang terjadi pada fondasi jepit (Fix) *lebih kecil dibandingkan momen yang terjadi pada fondasi di atas tanah yang fleksible* (Flex) *dan fondasi sendi murni. Juga momen pada portal yang dikenai dinding geser* (shear-wall) *lebih besar dibanding portal yang tidak dikenai shear-wall. Disamping itu, gaya geser yang terjadi pada frame-wall dengan fondasi jepit* (Fix) *lebih besar.*

Tugas akhir ini juga membahas tentang desain struktur beton secara keseluruhan dengan pengambilan momen rencana pada as kolom dan muka kolom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain struktur dengan tinjauan momen di as kolom relatif lebih boros.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini pembangunan gedung bertingkat banyak merupakan pemecahan masalah konsentrasi penduduk yang padat, karena kelangkaan dan harga tanah yang mahal di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Semarang dan Medan. Perencanaan gedung bertingkat banyak (*multy storey building*) harus sesuai dengan peraturan yang sudah ditetapkan agar didapat struktur yang kuat dan ekonomis. Selain itu perencanaan gedung bertingkat dipengaruhi oleh beban akibat berat struktur (beban gravitasi) maupun akibat gaya luar, diantaranya beban gempa.

Kenyataan bahwa gempa bumi sering terjadi di Indonesia dalam skala kecil maupun besar yang menimbulkan kerusakan bangunan dan korban jiwa. Hal ini tidak lepas dari kondisi geografis Indonesia yang terletak di jalur gempa dunia dan berada di antara empat sistem tektonik yang aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo Australia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik. Sehubungan Indonesia adalah negara kepulauan yang membentang dari timur ke barat, maka intensitas dan kekuatan gempa yang terjadi disetiap wilayah Indonesia tidaklah sama. Indonesia

dibagi menjadi 6 wilayah gempa yang berbeda-beda, dengan daerah 1 adalah daerah paling rawan gempa dan daerah 6 merupakan daerah aman dari bahaya gempa.

Kerusakan akibat gempa dapat direduksi dengan merencanakan struktur gedung yang daktail dengan asumsi perencanaan sendi plastis terjadi pada ujung-ujung balok. Konsep struktur bangunan daktail akan memberikan kekuatan elemen yang lebih besar pada struktur utama, sehingga diharapkan kerusakan yang terjadi adalah kerusakan daktail. Kerusakan daktail akan memberikan indikator yang jelas selama proses kerusakan struktur. Selain itu, struktur gedung yang daktail lebih mudah memencarkan energi lesapan gempa pada titik-titik plastis sesuai yang direncanakan.

Untuk merencanakan struktur tahan gempa, ada beberapa cara yang dapat ditempuh, diantaranya menggunakan dinding geser *(shear wall)*. Menurut Dowrick (1987) pemberian dinding geser pada bangunan akan mengurangi defleksi lateral pada struktur vertikal, menjamin tidak berpindahnya sendi plastis yang direncanakan pada struktur sebelum runtuh dan melindungi komponen nonstruktur.

Di samping itu struktur dinding geser mempunyai kekuatan untuk menahan gaya horisontal yang cukup besar dan mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan kolom, sehingga memberikan kekakuan tambahan terhadap struktur secara keseluruhan. Kekakuan yang cukup besar ini diharapkan dapat mengendalikan simpangan lateral yang terjadi. Dengan kondisi ini akan sulit membuat struktur jepit pada dasar pondasi (Widodo, 1995).

Apabila gaya aksial akibat gempa terlalu besar, maka perencanaan dapat memanfaatkan pondasi untuk mereduksi gaya gempa tersebut (Muto, 1993). Dalam hal ini, pondasi sengaja dipilih sebagai tempat disipasi energi dengan catatan letak

sendi plastis terjadi pada ujung bawah kolom dan daktailitas pondasi di *foer* atau balok penghubung pondasi harus direncanakan dengan baik (Paulay dan Priestley, 1992). Untuk meyakinkan bahwa sendi plastis terjadi pada ujung bawah kolom, maka pemakaian balok pondasi yang cukup kaku dapat dipakai (Istimawan, 1996). Balok pondasi yang cukup kaku akan menambah kemampuan pondasi untuk menahan momen yang terjadi pada kolom (Paulay dan Priestley, 1992).

Penelitian numeris tugas akhir ini penulis mencoba menganalisa dan merencanakan pengaruh kekakuan balok pondasi pada bangunan 10 lantai dengan penerapan metode daktail. Penelitian numeris tersebut mengambil topik *Desain Struktur Frame-Wall Ductile dengan Memperhitungkan Kekakuan Balok Pondasi.*

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian numeris ini adalah untuk menganalisis pengaruh kekakuan balok pondasi (tie beam) pada struktur dinding geser dalam menahan beban horisontal gempa pada bangunan bertingkat banyak.

1.3 Manfaat

Manfaat penelitian numeris ini yaitu dapat mengetahui pengaruh kekakuan balok pondasi pada bangunan *frame-wall ductile* serta memahami konsep perhitungan penulangan geser, lentur dan analisis struktur dinding geser dengan program bantu SAP90, sehingga dapat dipakai sebagai acuan perencanaan tahan gempa.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang dipakai dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini,

1. dinding geser menerus sampai ke atas,
2. dinding geser dirancang simetris, sehingga pusat kekakuan dapat dianggap berhimpit dengan pusat massa struktur, maka faktor puntir relatif kecil dan tidak perlu diperhitungkan,
3. distribusi gaya geser tiap-tiap tingkat akibat beban gempa didekati dengan metode analisis beban statis ekivalen,
4. analisa struktur dengan program bantu SAP90, digunakan program frame 3D dengan pembebanan statis,
5. bangunan berada pada wilayah gempa III dengan kondisi tanah lunak,
6. asumsi awal dimensi dinding geser, balok utama, kolom, dan *tie beam* ditentukan terlebih dahulu,
7. beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, dan beban horisontal gempa,
8. tingkat daktilitas yang digunakan adalah daktilitas tingkat 3 (daktilitas penuh).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

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

Menurut PPTGIUG (1983), dinding geser daktail adalah suatu dinding tanpa lubang-lubang yang mempunyai pengaruh penting terhadap perilaku struktur gedung yang bersangkutan, dan baru akan runtuh secara daktail setelah beberapa dari tulangan vertikalnya meleleh dalam tarikan akibat momen.

Rasio antara tinggi dan lebar dinding geser akan mempunyai arti yang sangat penting. Apabila rasio terlalu besar (lebar dinding relatif kecil), maka struktur dinding kurang memiliki kekakuan yang cukup serta diperlukan baja tulangan yang cukup besar. Untuk memenuhi keseimbangan gaya desak, maka luas beton desak yang diperlukan cukup besar. Akibatnya lengan momen antara gaya desak dan gaya tarik menjadi relatif kecil. Karena lengan momen relatif kecil, maka kadang-kadang keseimbangan momen sulit diperoleh sehingga diperlukan kemampuan desak maupun tarik baja yang relatif besar dan struktur berperilaku secara dominan terhadap gaya momen (Widodo, 1998).

Apabila rasio tersebut terlalu kecil, maka dinding geser akan berperilaku secara dominan terhadap geser. Karena dinding lebar maka lengan momen menjadi cukup besar sehingga keseimbangan momen relatif mudah dicapai. Umumnya hanya diperlukan gaya desak yang relatif kecil atau daerah desak beton yang relatif kecil karena lengan momen cukup besar. Akibatnya keseimbangan gaya-gaya desak akan sulit dicapai karena kemampuan desak yang diberikan beton relatif kecil (Widodo, 1998). Hal ini dapat diantisipasi dengan pemberian elemen pembatas (*boundary elements*) pada ujung-ujung dinding geser untuk mencapai keseimbangan gaya desak (Paulay dan Priestley, 1992). Penggunaan dinding geser dengan lebar yang besar akan memberikan daya tahan lentur dan geser yang sangat tinggi dan merupakan sistem struktur yang paling memungkinkan dengan memanfaatkan sifat-sifat beton bertulang (Muto,1987).

Pemberian dinding geser pada bangunan akan memperkecil momen tambahan, gaya geser dan gaya aksial yang terjadi pada balok dan kolom akibat beban lateral, sehingga dimensi balok dan kolom dapat diperkecil (Schueler, 1989), juga untuk memberikan kekakuan, kekuatan dan daktailitas struktur (R.Park and T.Paulay, 1992).

Menurut Dowrick (1987), perancangan dinding geser memerlukan data aksial, momen lentur dan gaya geser untuk menentukan dimensi dan tulangan lentur. Selain itu harus diperhatikan daktailitas dan kekakuan geser yang lebih besar dari kekuatan lentur untuk memperkecil kemungkinan kegagalan akibat geser.

Haryono dan Husnadi (1995) dalam penelitiannya tentang *Studi Komparatif Pemakaian Struktur Dinding Geser pada Gedung Hotel Melia Purosani Yogyakarta*

membahas keuntungan dan kerugian pemakaian dinding geser pada struktur bertingkat banyak ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan dan simpangan horisontal. Tinjauan penelitian ini portal lintang tanpa dinding geser dan portal lintang dengan dinding geser. Hasil yang didapat adalah kekakuan tingkat dari struktur dengan menggunakan dinding geser jauh lebih besar sehingga daya tahan struktur terhadap gaya horisontal juga semakin besar. Dalam penelitian ini belum membahas perilaku *frame-wall ductile* dan analisis strukturnya menggunakan program bantu *microfeap* dengan frame 2D.

Syafrudin dan Iryawan (1999) menganalisis dan merencanakan penulangan struktur dinding geser dengan program bantu SAP90 2D, serta efektifitas dinding geser dalam menahan beban gempa pada bangunan bertingkat banyak. Pada penelitiannya, didesain penulangan dinding geser pada beberapa sturktur dengan jumlah tingkat yang berbeda-beda. Hasil yang didapat adalah dalam perencanaan dinding geser, rasio antara tinggi dan lebar dari dinding geser mempunyai aspek rasio yang kecil sehingga dinding geser mempunyai kekakuan yang lebih dan perilaku dinidng geser lebih didominasi oleh geser. Dalam penelitian ini belum membahas rasio tinggi dan lebar dinding geser yang ekonomis serta pengaruh variasi kekakuan balok pondasi terhadap dinding geser pada bangunan yang daktail.

2.2 Pembahasan Penelitian Terdahulu

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa penelitian di atas dapat dikemukakan gambaran umum sebagai berikut.

1 peneliti terdahulu belum menggunakan prinsip desain *frame-wall ductile* pada analisis dan desain struktur bangunan bertingkat banyak,

2 analisis dan desain dinding geser pada penelitian terdahulu belum memperhitungkan adanya elemen pembatas (*boundary elements*),

3 perletakan pondasi hanya ditinjau sebagai jepit, belum menganalisa pengaruh variasi kekakuan balok pondasi pada struktur yang menyebabkan perletakan pondasi sesuai dengan kekakuan yang ditimbulkan balok pondasi tersebut,

4. struktur yang dimodelkan pada penelitian terdahulu baru menggunakan portal 2D pada program aplikasinya.

Dengan memperhatikan masalah-masalah di atas, maka pada tugas akhir ini penulis mencoba menganalisis pengaruh variasi kekakuan balok pondasi pada struktur dinding geser dengan memeperhitungkan adanya elemen pembatas (*boundary elements*) yang sepengetahuan penulis belum pernah diteliti, khususnya di lingkungan Teknik Sipil UII. Kemudian dari hasil mekanika program SAP90 3D didesain dinding geser, kolom dan balok pada struktur *frame-wall ductile*.

BAB III

LANDASAN TEORI

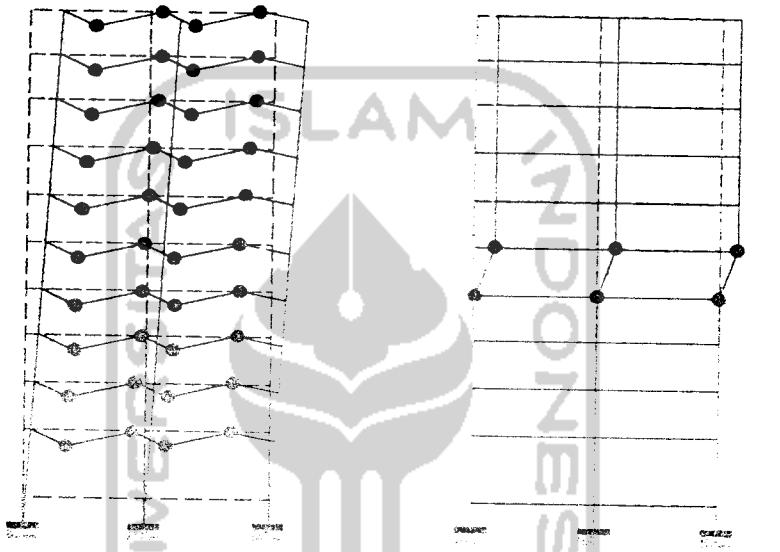
3.1 Pendahuluan

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

Di Indonesia khususnya untuk daerah wilayah gempa III, memiliki resiko terhadap kerusakan struktur akibat pola kerusakan keruntuhan yang terjadi. Untuk mengantisipasi kerusakan fatal di dalam perencanaan struktur bangunan, dapat direncanakan desain kapasitas yang memiliki daktailitas penuh. Pendekatan metode perencanaan elemen juga perlu diperhatikan mengingat perlu adanya kesesuaian antara konsep daktailitas dengan metode perencanaannya. Metode perencanaan yang dapat dipergunakan dalam desain bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut ini.

3.1.1 Perencanaan Metode Daktail

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



Gambar 3.1 Mekanisme keruntuhan yang dapat terjadi pada portal rangka terbuka

Menurut Gideon (1994), mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok-balok lebih dikehendaki daripada mekanisme dengan pembentukan sendi plastis yang terpusat pada ujung-ujung kolom suatu lantai (*soft-storey mechanism*), karena beberapa alasan sebagai berikut ini,

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

Untuk menjamin terjadinya mekanisme goyang dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis di balok, digunakan aplikasi metode daktail agar kolom-kolom lebih kuat dari balok-balok pada satu portal. Keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dahulu dari kegagalan akibat lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi plastis yang cukup besar (Paulay dan Priestley, 1992). Pada kenyataannya, sendi plastis tersebut mampu melesapkan energi secara baik, sehingga energi potensial/energi kinetik yang tersimpan selama gempa berlangsung menjadi kecil (Widodo, 1998)

3.2 Analisa Beban Gempa

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus menganalisis beban akibat gempa. Pada penelitian numeris ini, metode analisis beban gempa menggunakan

analisis beban gempa ekuivalen statik yang sesuai dengan PPTGUG (1987) sebagai berikut ini,

3.2.1 Gaya geser dasar (V)

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

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot Wt \tag{3-1}$$

dengan : C = koefisien gempa dasar

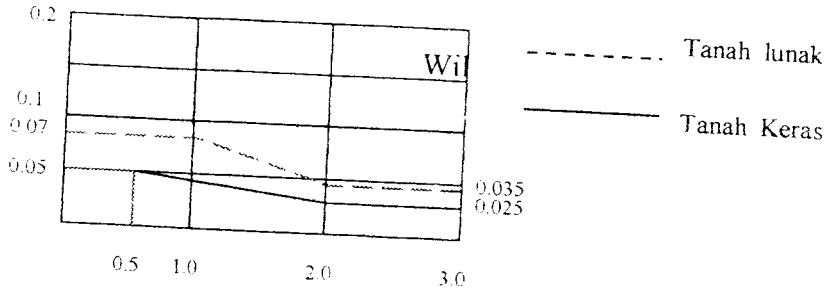
I = faktor keutamaan gedung

K = faktor jenis gedung

Wt = berat total struktur

3.2.2 Koefisien gempa dasar (C)

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



Gambar 3.2. Koefisien gempa dasar pada wilayah gempa III

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

$$T = \frac{0.09Hn}{\sqrt{B}} \qquad (3\text{-}2)$$

T = waktu getar alami struktur

Hn = tinggi struktur permukaan yang dikekang

B = lebar bangunan

3.2.3 Faktor keutamaan gedung (*I*)

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

3.2.4 Faktor jenis struktur (K)

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

3.2.5 Berat total bangunan (Wt)

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

3.2.6 Distribusi gaya geser horisontal (Fi)

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

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

$$Fi = \frac{Wi.hi}{\sum Wi.hi}.V \qquad (3\text{-}3)$$

2. struktur bangunan gedung yang memiliki nilai $H/B \geq 3$, maka 90 % beban didistribusikan berupa gaya geser horisontal (Fi) akibat gempa untuk masing-

masing lantai dihitung dan 10 % beban lainnya ditambahkan pada tingkat paling atas atau atap yang ditunjukkan oleh persamaan berikut,

$$Fatap = 0,1.V + \frac{Wi.hi}{\sum Wi.hi}.0,9V \qquad (3\text{-}4)$$

3.2.7 Evaluasi periode getar struktur

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

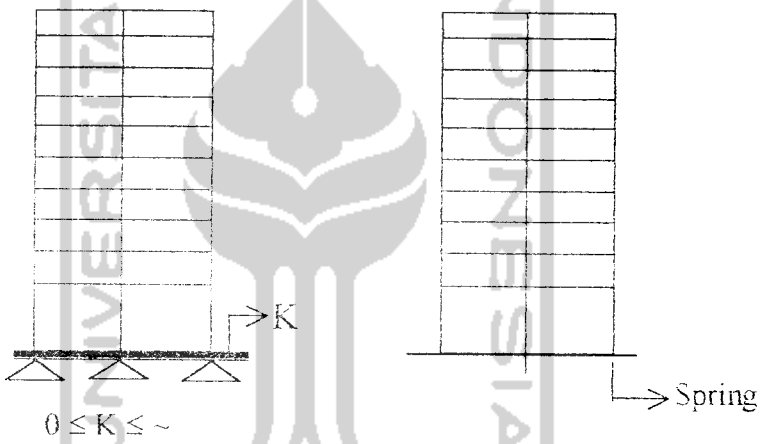
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum Wi.di^2}{g.\sum Fi.di}} \qquad (3\text{-}5)$$

dengan g adalah gravitasi bumi yaitu 9,81 m.det^2, Fi adalah gaya horisontal pada tingkat ke-i akibat gaya gempa, di adalah simpangan horisontak struktur pada tingkat ke-i. Nilai periode getar (T) dengan menggunakan metode Raleigh ini harus mendekati 80 % - 120 % dari asumsi periode getar awal.

3.3 Perencanaan Kekakuan Balok Pondasi (*Tie Beam*)

Balok pondasi disyaratkan untuk di pasang pada setiap jenis pondasi. Secara konservatif balok pondasi ini disyaratkan dapat menahan *0,1 Pc* yang terjadi, dimana *Pc* adalah gaya aksial maksimum yang bekerja pada kolom (Paulay dan Priestley, 1992).

Balok pondasi merupakan elemen stabilitas struktur sehingga posisi kolom stabil dan tidak cepat rusak akibat gaya lateral. Saat terjadi gempa, berguna untuk memperkecil simpangan lateral yang terjadi. Dalam menahan gaya gempa variasi kakuannya mempengaruhi perletakan pondasi dari sendi murni (k=0) sampai jepit penuh (k= ~). Selain itu, untuk memperkaku struktur dapat dengan memberikan *spring* atau spiral pada dasar struktur yang bekerja sebagai peredam bahaya gempa (Gambar 3.3)



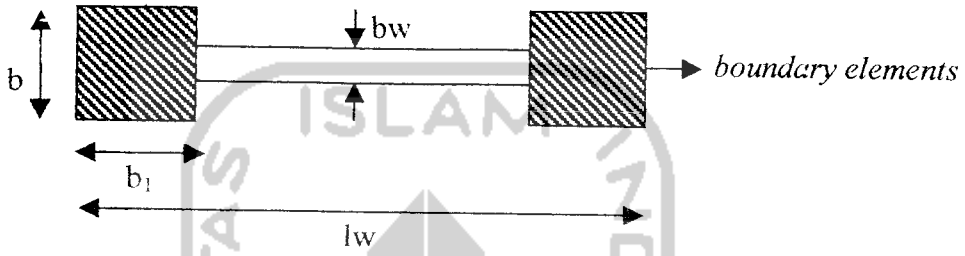
Gambar 3.3 Sebagian cara pengekangan pada dasar struktur

3.4 Perencanaan Dinding Geser

Peristiwa tekuk pada dinding geser dapat dihindari dengan memakai elemen pembatas (*boundary element*) yang berfungsi untuk mengakukan dinding geser. Elemen pembatas diperlukan bila pada batas dan sekeliling tepi bukaan dinding dimana tegangan akibat gaya terfaktor termasuk pengaruh gempa pada serat terluar mencapai nilai maksimumnya dan melampaui nilai *0,2 fc'* (SK-SNI, 1991). Komponen struktur pembatas dalam dinding struktural harus diproporsikan untuk

memikul seluruh beban gravitasi terfaktor yang bekerja pada dinding termasuk berat sendiri dan gaya vertikal yang diperlukan untuk menahan momen guling yang dihitung dari gaya berfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa.

1. Perencanaan dimensi dinding geser



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

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

$$150\ mm \qquad (3\text{-}6)$$

2. Perencanaan panjang total dinding geser (*lw*)

$$hs \cdot lw \leq 9 \qquad (3\text{-}7)$$

3. Perencanaan dimensi *boundary elements*

$$b \geq bw \qquad b_1 \geq \frac{bc.lw}{10.b} \qquad (3\text{-}8)$$

$$b \geq bc \qquad b_1 \geq \frac{bc^2}{b} \qquad (3\text{-}9)$$

$$b \geq h_1 / 16 \qquad b_1 \geq h_1 / 16 \qquad (3\text{-}10)$$

dengan nilai *bc* sebesar :

$$bc = 0,017.lw\sqrt{\mu\phi} \quad \text{jika digunakan 2 lapis tulangan} \qquad (3\text{-}11)$$

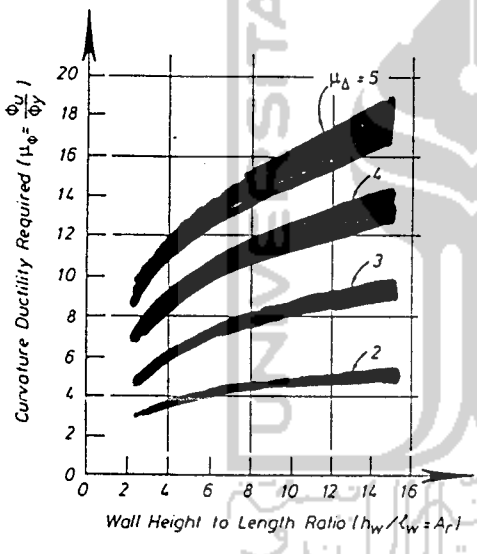
$$bc = 0,022.lw\sqrt{\mu\phi} \quad \text{jika digunakan 1 lapis tulangan} \qquad (3.\text{-}12)$$

dimana, hs : tinggi bangunan total,

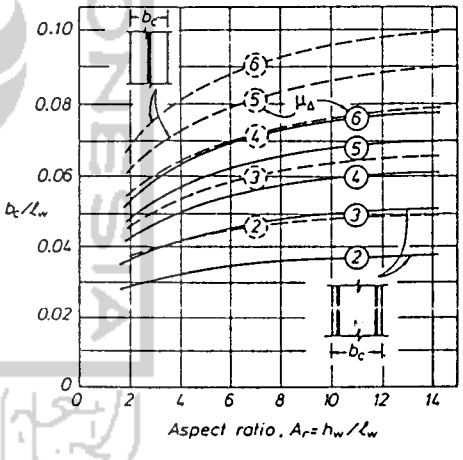
h_1 : tinggi lantai pertama,

bc : ketebalan dinding geser kritis,

$\mu\phi$: perbandingan ratio daktailitas.



Gambar 3.4a Rasio daktailitas



Gambar 3.4b Hubungan daktailitas dengan ketebalan kritis dinding

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

4. Cek luas "boundary elements" yang terjadi (*Awb*)

$$bc^2 \leq Awb \geq bc.lw/10 \qquad (3\text{-}13)$$

5. Persyaratan kuat lentur dinding geser

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

$$M_{u,d} = 1{,}2.M_{D,d} + 1{,}6.M_{L,d} \quad (3\text{-}14)$$

$$M_{u,d} = 1{,}05.(M_{D,d} + M_{L,d} + M_{E,d}) \quad (3\text{-}15)$$

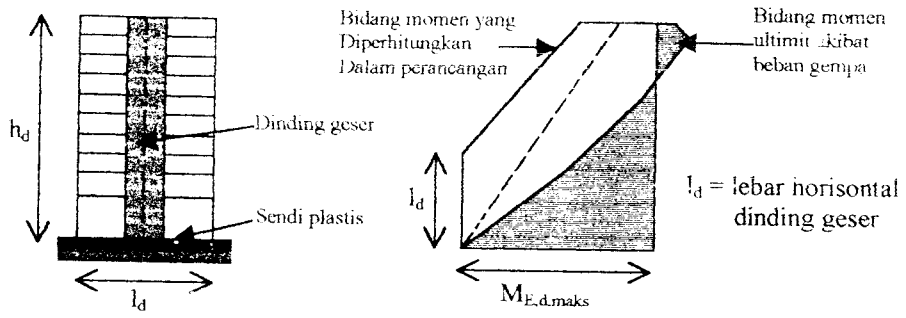
dimana :

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

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

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

Untuk menjamin agar saat terjadinya gempa kuat dinding geser tetap berperilaku elastis kecuali pada penampang dasar, dimana sendi plastis dapat terbentuk, maka bidang momen akibat beban gempa harus digeser keatas sejauh lebar horisontal dinding geser, seperti ditunjukkan Gambar 3.5. Bidang momen yang telah dimodifikasi ini selanjutnya dipakai untuk menghitung kuat lentur perlu menurut persamaan (3-15).



Gambar 3.5 Bidang momen dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan

1. Perencanaan geser

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

$$V_u = V_{wall} = \omega_v \phi_{o,w} V_E \qquad (3\text{-}16)$$

dengan: $\omega_v = 0{,}9 + n/10$; untuk gedung ≤ 6 lantai (3-17)

$\omega_v = 1{,}3 + n/30$; untuk gedung > 6 lantai (3-18)

$$\phi_{o,w} = \frac{M_{o,w}}{M_E} \qquad (3\text{-}19)$$

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

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

ω_v = faktor pembasaran dinamik,

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

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

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

$$v_i = \frac{V_{wall}}{bw.d} \quad ; \text{ dengan } d = 0{,}8.lw \tag{3-20}$$

b. Nilai *vi* ini tidak boleh lebih besar dari vi_{max} yang nilainya sebesar :

$$vi_{mak} \le \left[\frac{0{,}22.\phi}{\mu} + 0{,}03\right] f'c \; < \; 0{,}16.f'c \tag{3-21}$$

μ = daktailitas yang digunakan

atau,

$$vi_{max} \le 0{,}16.f'c \le 6\ Mpa \tag{3-22}$$

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

$$v_c = 0{,}6.\sqrt{Pu.Ag}\ (Mpa) \tag{3-23}$$

dengan; P_u = beban "axial" minimum pada dinding geser,

A_g = luas total dari dinding geser.

d. Cek kebutuhan tulangan geser

$$\frac{Av}{s} \ge \frac{(vi - vc).bw}{fy} \tag{3-24}$$

dengan; A_v = luas tulangan geser,

v_I = tegangan geser ideal,

v_c = tegangan akibat kontribusi beton,

b_w = tebal dinding geser,

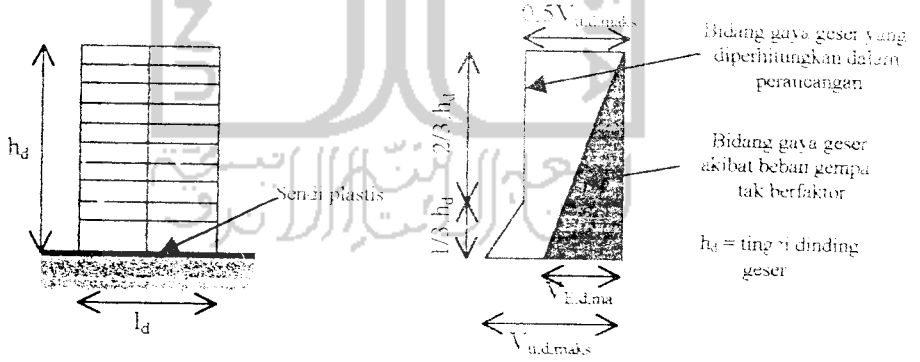
s = jarak tulangan geser.

e. Cek jarak tulangan geser

$$s \leq 2,5.b_w \quad (mm) \qquad (3\text{-}25)$$

$$\leq 450 \quad (mm)$$

Untuk menjamin agar dinding geser memiliki kuat geser yang cukup sepanjang tinggi dinding, maka bidang gaya geser perlu akibat beban gempa sepanjang tinggi dinding harus dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari $V_{u.d.maks}$ pada dasar sampai $0,5.V_{u.d.maks}$, maka pada 1/3 tinggi dinding geser, untuk kemudian tetap nilainya sebesar $0,5.V_{u.d.maks}$ sampai puncak dinding geser, seperti ditunjukkan pada gambar dibaawah ini,

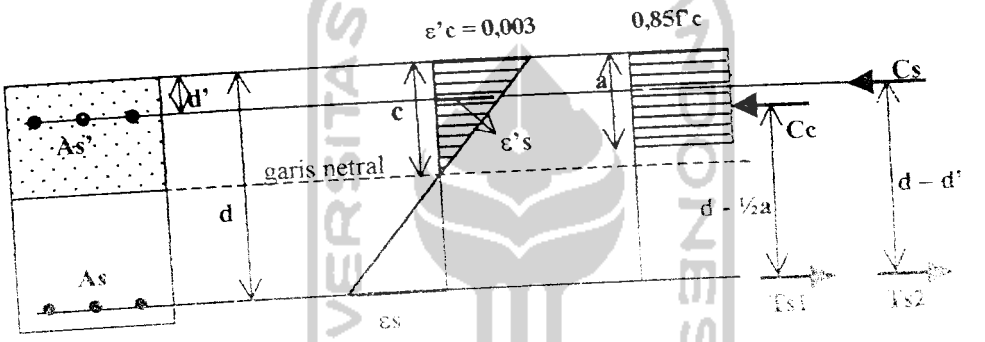


Gambar 3.6 Bidang gaya geser perlu pada dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan

3.5 Disain Balok

3.5.1 Balok Bertulangan Rangkap

Balok bertulangan rangkap apabila balok tersebut memiliki tulangan tarik dan tulangan desak sekaligus dan dikehendaki menopang beban yang lebih besar dari kapasitasnya serta bermanfaat juga untuk mendukung beban siklik, dilain pihak seringkali karena pertimbangan teknis dan tuntutan arsitektur membatasi dimensi balok.



Gambar 3.7 Distribusi tegangan dan regangan balok bertulangan rangkap

a. Balok Bertulangan Rangkap Kondisi I

Balok bertulangan rangkap kondisi I, diasumsikan tulangan tarik dan tulangan desak sudah luluh atau paling tidak saat regangan beton mencapai 0,003. Dengan menganggap semua tulangan baja sudah luluh, sehingga $f_s = f'_s = f_y$. Untuk kondisi ini $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ dan $A_{s2} = A_s'$ sehingga tinggi blok tegangan tekan menjadi :

$$a = \frac{(A_s - A_s').f_y}{0{,}85.f'_c.b} \quad \text{atau} \quad \frac{A_{s1}.f_y}{0{,}85.f'_c.b} \qquad (3\text{-}25)$$

Untuk mengetahui apakah asumsi yang digunakan benar maka dilakukan pemeriksaan regangan dengan persamaan berikut dimana nilai c dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$c = \frac{a}{\beta}$$

$$\varepsilon`_s = \frac{c - d`}{c}(0{,}003) \qquad (3\text{-}26)$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c}(0{,}003) \qquad (3\text{-}27)$$

apabila nilai dari persamaan (3-26) dan (3-27) lebih besar dari regangan leleh bajanya (ε_y) maka asumsi mengenai tegangan baja benar selanjutnya untuk menghitung momen tahanan nominal menjadi

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \qquad (3\text{-}28)$$

dengan :

$$M_{n1} = 0{,}85.f`_c.a.b.\left(d - \frac{1}{2}a\right) \text{ atau } M_{n1} = A_{s1}.f_y.\left(d - \frac{1}{2}a\right) \qquad (3\text{-}29)$$

$$M_2 = A_{s`}.f_y.(d - d`) \qquad (3\text{-}30)$$

b. Balok Bertulangan Rangkap Kondisi II

Pada kondisi ini adalah kasus di mana anggapan tulangan baja tarik telah luluh akan tetapi baja desak belum luluh pada saat regangan beton mencapai 0,003. Jika ε's < εy dan εs ≥ εy untuk mendapatkan nilai c digunakan persamaan berikut :

$$(0{,}85.f_c.b.\beta_1)c^2 + (600.A_{s`} - A_s.f_y)c - 600.d`.A_{s`} = 0 \qquad (3\text{-}31)$$

Kuat momen tahanan ideal dari pasangan kopel tulangan baja tekan dengan baja tarik tambahan serta kopel gaya beton tekan dengan tulangan baja tarik (lihat gambar 3.6), dihitung dengan persamaan kesetimbangan $\mathbf{T_1 + T_2 = C_c + C_s}$ dan momen-momen akibat gaya dalam dihitung dengan persamaan berikut :

$$\mathbf{a} = \beta_1 . c$$

$$\mathbf{M_{n1} = C_c . Z_1 = 0{,}85 . f`_c . a . b . \left(d - \frac{1}{2} a \right)} \qquad (3\text{-}32)$$

$$\mathbf{M_{n2} = C_s . Z_2}$$

$$\mathbf{= A_s` . f`_s . (d - d`)} \qquad (3\text{-}33)$$

$$\mathbf{M_n = M_{n1} + M_{n2}} \qquad (3\text{-}34)$$

Sebagai persyaratan daktilitas maka rasio penulangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik tidak melampaui $\rho = 0{,}75\ \rho_b$ dan As1 dihitung berdasarkan keadaan bahwa tegangan pada tulangan baja tekan belum mencapai f_y

$$\mathbf{A_{s1} = A_s - \frac{A_s` . f`_s}{f_y}} \qquad (3\text{-}35)$$

SK SNI T-15-1991-03 mensyaratkan bahwa untuk beton bertulang tahan gempa disyaratkan kuat momen positif pada sisi muka *joint* tidak boleh kurang dari 50% kuat momen negatif yang disediakan pada sisi muka *joint* tersebut.

3.5.2 Penulangan geser balok terlentur

Dalam perencanaan beton bertulang selain harus memenuhi syarat-syarat lentur balok juga harus aman terhadap terjadinya keruntuhan prematur yang disebabkan bekerjanya kombinasi tegangan geser dan tegangan lentur. Apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar sehingga diluar dari kemampuan beton untuk

menahanya maka perlu disediakan baja tulangan yang bekerja untuk menahan gaya geser tersebut.

Penulangan geser dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti sengkang vertikal, sengkang miring/diagonal, jaringan kawat baja (*wire mesh*), spiral dan dengan membengkokkan tulangan pokok balok di tempat-tempat yang diperlukan. Untuk komponen struktur yang menahan geser dan lentur SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.3 memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah :

$$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'_c}.b_w.d \qquad (3\text{-}36)$$

atau boleh dihitung dengan perhitungan yang lebih rinci sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{7}\left(\sqrt{f'_c} + 120.\rho_w \frac{V_u.d}{M_u}\right)b_w.d \qquad (3\text{-}37)$$

dengan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton,

f'_c = kuat desak beton yang disyaratkan,

b_w = lebar badan balok,

d = tinggi efektif balok,

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang,

Mu = momen terfaktor pada penampang,

Apabila $V_u > \frac{1}{2}V_c$ maka harus dipasang tulangan geser minimum dan besarnya gaya geser yang disumbangkan oleh beton pada persamaan (3-36) dan (3-37) harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\frac{\mathbf{V_{u.d}}}{\mathbf{M_u}} \leq \mathbf{1{,}0 dan V_c} \leq \left(\mathbf{0{,}3.\sqrt{f'_c}}\right)\mathbf{b_w.d} \qquad (3\text{-}38)$$

Perencanaan tulangan geser untuk komponen struktur tahan gempa, SK SNI T-15-1991-03 memberikan persyaratan untuk daerah yang berpotensi terjadinya sendi plastis, gaya geser yang disumbangkan oleh beton (V_c) dianggap sama dengan nol. Besarnya gaya geser rencana yang harus ditahan oleh struktur lentur tahan gempa dengan daktilitas 3 dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_{u,b} = 0{,}7.\frac{M_{kap} + M'_{kap}}{l_n} + 1{,}05.V_g \qquad (3\text{-}39)$$

akan tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$\mathbf{V_{u,b} = 1{,}05.\left(V_{D,b} + V_{L,b} \pm \frac{4{,}0}{K}.V_{E,b}\right)} \qquad (3\text{-}40)$$

dengan :

M_{kap} = momen kapasitas (momen nominal aktual) di sendi plastis pada salah satu ujungnya atau bidang muka kolom,

M'_{kap} = momen kapasitas pada ujung lainnya,

l_n = bentang bersih komponen,

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

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

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

Apabila gaya geser yang bekerja V_u lebih besar dari ϕV_c maka diperlukan tulangan geser untuk memperkuatnya agar tidak hancur. Pada sembarang tempat di sepanjang bentang bila gaya geser yang bekerja lebih besar dari $\frac{1}{2}\phi V_c$ maka harus dipasang tulangan geser minimum sehingga diperoleh :

$$\mathbf{V_{u,b} \le \phi.(V_c + V_s)} \qquad (3\text{-}41)$$

untuk sengkang vertikal, Vs dapat dihitung dengan persamaan :

$$\mathbf{V_s = \frac{A_v.f_y}{s}.d} \qquad (3\text{-}42)$$

dan untuk sengkang miring

$$\mathbf{V_s = \frac{A_v.f_y.(\sin\alpha + \cos\alpha)}{s}.d} \qquad (3\text{-}43)$$

dengan :

V_s = kuat geser nominal tulangan geser,

A_v = luas tulangan geser dalam jarak s

tulangan geser minimum yang disediakan harus dipasang menurut persamaan berikut

$$\mathbf{A_v = \frac{1}{3}.b_w.\frac{d}{f_y}} \qquad (3\text{-}44)$$

Untuk mencegah terjadinya lebar retak yang berlebihan pada balok akibat gaya tarik diagonal yang berlebihan maka kuat luluh tulangan geser tidak boleh lebih besar dari 400 Mpa dan pembatasan nilai kuat geser V_s :

$$\mathbf{V_s = \frac{2}{3}\sqrt{f'_c}.b_w.d} \qquad (3\text{-}45)$$

SK SNI T-15-1991-03 mensyaratkan untuk komponen struktur tahan gempa dengan daktilitas 3 disepanjang dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka komponen pendukung kearah tengah bentang dikedua ujung komponen harus dipasang sengkang tertutup. Sengkang tertutup pertama harus dipasang sejarak 50 mm dari muka komponen struktur pendukung dan jarak spasi maksimum yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari :

a. seperempat tinggi efektif balok,

b. delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,

c. dua puluh empat kali diameter sengkang,

d. $\dfrac{1600.f_y.A_{s,1}}{\left[\left(A_{s,a}+A_{s,b}\right).f_y\right]}$

dengan :

$A_{s,1}$ = luas satu kaki tulangan sengkang,

$A_{s,a}$ = luas tulangan longitudinal atas,

$A_{s,b}$ = luas tulangan longitudinal bawah,

f_y = kuat leleh tulangan longitudinal

3.5.3 Persyaratan kuat lentur balok portal

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

$$M_{u,b} = 1{,}2\, M_{D,b} + 1{,}6\, M_{L,b} \tag{3-46}$$

$$M_{u,b} = 1{,}05\,(M_{D,b} + M_{L,b} + M_{E,b}) \tag{3-47}$$

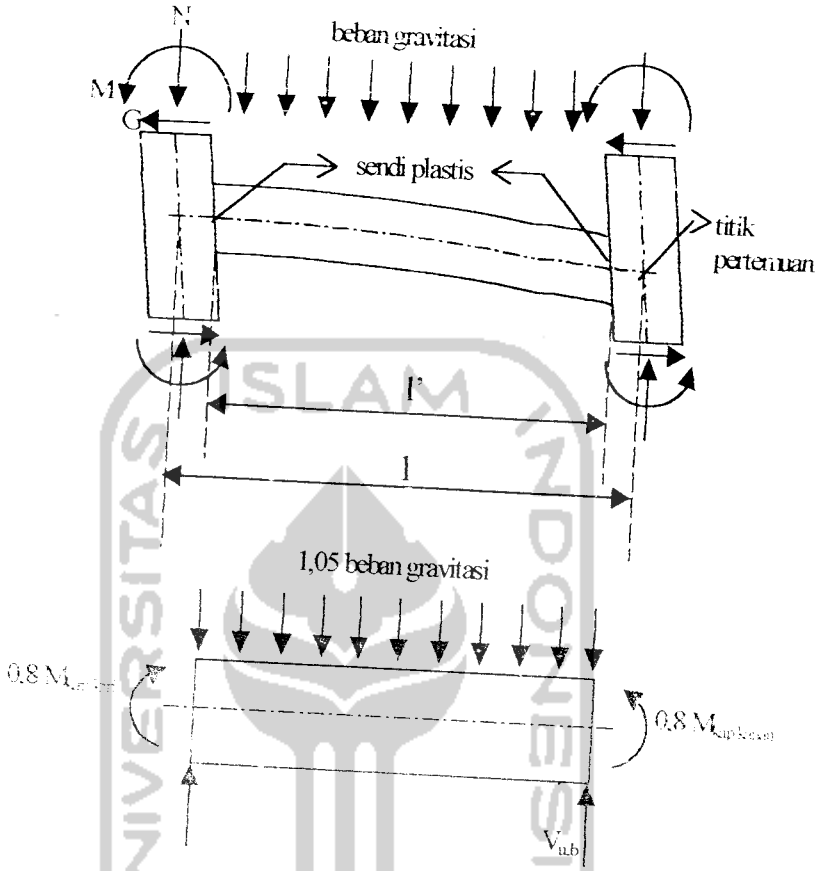
dimana :

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

$M_{L,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada lada lantai yang ditinjau,

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

3.5.4 Persyaratan kuat geser balok portal



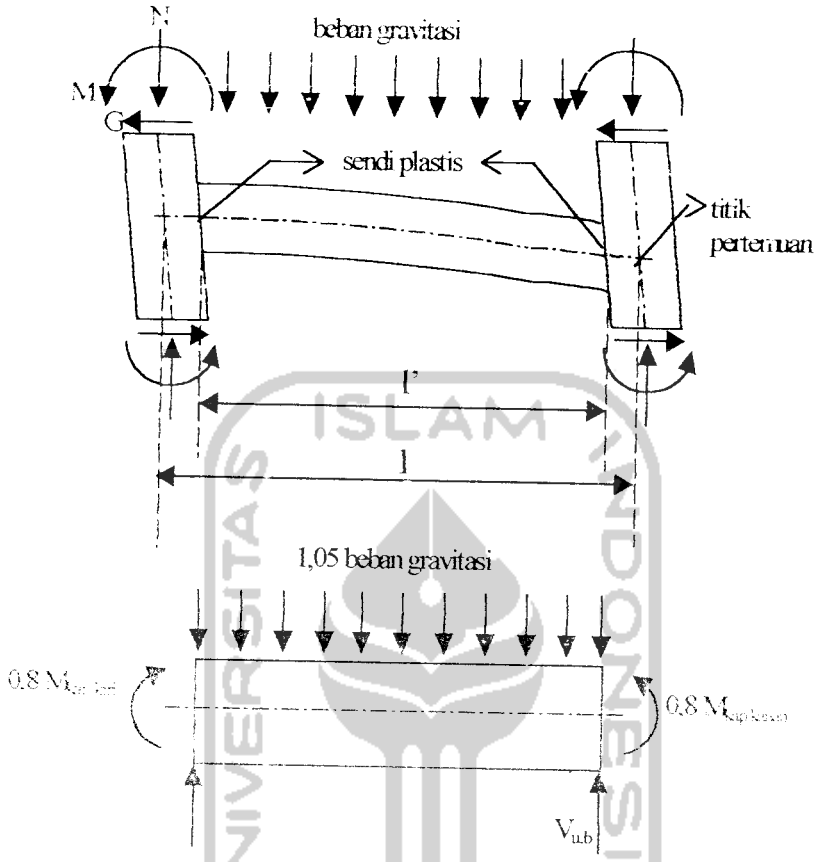
Gambar 3.8 Balok portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok

Kuat geser perlu bagi balok portal yang dibebani oleh berat sendiri dan beban gravitsi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadinya momen-momen kapasitas di sendi plastis pada kedua ujung balok portal itu dengan tanda yang berlawanan, menurut persamaan berikut ini,

$$V_{u,b} = 0,8 \cdot \frac{(M_{kap,ki} + M_{kap,ka})}{l'} + 1,05\, V_g \qquad (3\text{-}48)$$

syarat:

3.5.4 Persyaratan kuat geser balok portal



Gambar 3.8 Balok portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok

Kuat geser perlu bagi balok portal yang dibebani oleh berat sendiri dan beban gravitsi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadinya momen-momen kapasitas di sendi plastis pada kedua ujung balok portal itu dengan tanda yang berlawanan, menurut persamaan berikut ini,

$$V_{u,b} = 0,8 \cdot \frac{(M_{kap,ki} + M_{kap,ka})}{l'} + 1,05\, V_g \qquad (3\text{-}48)$$

syarat:

$$V_{u,b} \leq V_{ultimit} \quad \text{atau} \quad V_{u,b} \leq \phi_{geser}\, V_{nominal} \tag{3-49}$$

Disaerah sendi plastis, kontribusi beton dianggap tidak ada ($V_c = 0$)

$$V_n = V_c + V_s \tag{3-50}$$

dimana :

$$V_s = \frac{(A_v . fy . d)}{s} \tag{3-51}$$

$\phi_{geser} = 0,6$

Dalam segala hal, kuat geser perlu balok tidak boleh melebihi dari persamaan ini,

$$V_{u,b} = 1,05 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4}{K} V_{E,b} \right) \tag{3-52}$$

dimana :

V_g = gaya geser balok akibat berat sendiri, gravitasi dengan memperhitungkan beban hidup tereduksi.

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

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

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

K = faktor jenis bangunan.

3.6 Desain Kolom Tahan Gempa

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

3.6.2 Kondisi balance

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

$$c_b = \frac{600.d}{600 + fy} \quad \text{dan} \quad a_b = \beta_1.c_b \tag{3.56}$$

Beban aksial nominal dalam kondisi balance, Pn_b dapat dihitung dengan persamaan,

$$C_c = 0{,}85.fc'.a_b.b \tag{3.57}$$

$$C_{s1} = As'.fy \tag{3.58}$$

$$C_{s2} = As_{ki} = As_{ka}.fs'_2 \tag{3.59}$$

$$T_s = As.fy \tag{3.60}$$

$$Pn_b = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s \tag{3.61}$$

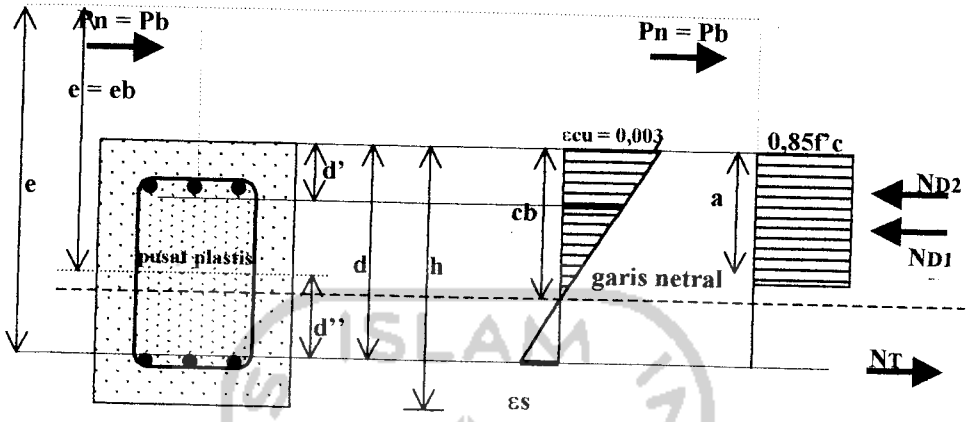
$$Mn_b = C_c.(y - a_b/2) + C_{s1}.(y - d') + C_{s2}.(0) + T_s.(d\text{-}y) \tag{3.62}$$

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

3.6.3 Kondisi patah tarik (keruntuhan tarik)

Awal keadaan runtuh dalam hal eksentrisitas yang besar dapat terjadi dengan lelehnya tulangan baja yang tertarik. Peralihan dari keruntuhan tekan ke keruntuhan tarik terjadi pada $e = e_b$. Jika e lebih besar dari e_b atau $P_n < P_{nb}$, maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang diawali lelehnya tulangan tarik. Dengan

demikian berarti fs = fy, sedangkan pada tulangan baja tekan masih terdapat dua kemungkinan yaitu luluh atau belum.



Gambar 3.9. Tegangan dan gaya-gaya pada kolom

Apabila penulangan tekan diasumsikan telah leleh, dan $A_s = A_{s'}$, maka didapat persamaan,

$$P_n = 0{,}85.f'_c.a.b \qquad (3\text{-}63)$$

Kesetimbangan momen terhadap pusat plastis, di mana jarak eksentrisitas e ditentukan, $\Sigma M = 0$, menghasilkan persamaan berikut :

$$M_n = P_n.e = 0{,}85.f'_c.a.b.\frac{1}{2}(h-a) + A_{s'}.f_y\left(\frac{1}{2}h - d'\right) + A_s.f_y\left(d - \frac{1}{2}h\right) \qquad (3\text{-}64)$$

$$P_n.e = 0{,}85.f'_c.a.b.\frac{1}{2}(h-a) + A_s.f_y.(d-d') \qquad (3\text{-}65)$$

3.6.4 Kondisi patah tekan (keruntuhan tekan)

Agar dapat terjadi terjadi keruntuhan yang diawali dengan hancurnya beton, eksentrisitas harus lebih kecil dari e_b ($e<e_b$) dan tegangan pada tulangan tariknya lebih kecil dari tegangan lelehnya, yaitu $fs<fy$.

Dalam proses analisa (maupun desain) diperlukan persamaan dasar keseimbangan. Selain itu diperlukan prosedur coba-coba dan adanya kesesuaian regangan diseluruh bagian penampang.

$$Pn = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s \tag{3.66}$$

$$Mn = C_c.(y - a/2) + C_{s1}.(y - d') + C_{s2}.(0) + T_s.(d-y) \tag{3.67}$$

6.3.5 Kondisi momen murni

Pada kondisi momen murni gaya aksial, P = 0, sehingga konstribusi tulangan desak As' dapat diabaikan dalam perhitungan, karena untuk P = 0, luas tulangan desak ini tidak menentukan (Nawy, 1990).

$$Mn_o = As.fy.(d - a/2) + (0{,}25.Ast).fy.(y - a/2) \tag{3.68}$$

6.3.6 Kondisi beban biaksial pada penampang persegi

Bressler mengemukakan persamaan untuk *biaxial bending* (lentur) 2 arah sebagai berikut ini,

$$\frac{1}{P_u'} = \frac{1}{P_x'} + \frac{1}{P_y'} - \frac{1}{P_o} \tag{3.69}$$

dimana, Po = kekuatan nominal di bawah tekan aksial saja tanpa eksentrisitas,

Px = kekuatan nominal pada eksentrisitas uniaksial ex,

Py = kekuatan nominal pada eksentrisitas uniaksial ey.

Bressler telah mendapatkan bahwa harga-harga P_i yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3.69) di atas, sangat cocok dengan hasil percobaan dimana penyebaran (deviasi) maksimum 9,4% dan rata-rata 3,3%. Ramamurthy juga melaporkan hasil-hasil percobaan dan menyimpulkan bahwa persamaan (3.69) dapat digunakan untuk menaksir beban batas dengan ketelitian yang cukup baik.

Pannell menyajikan hasil-hasil percobaan tambahan dalam bahasannya serta menyatakan bahwa persamaan (3.69) boleh jadi kurang layak bila diterapkan untuk beban aksial yang kecil, seperti misalnya kalau P_n/P_o berada di dalam batas harga yang kurang dari 0,06. Untuk hal-hal yang demikian, unsur harus direncanakan untuk lentur saja (Wang dan Salmon, 1993)

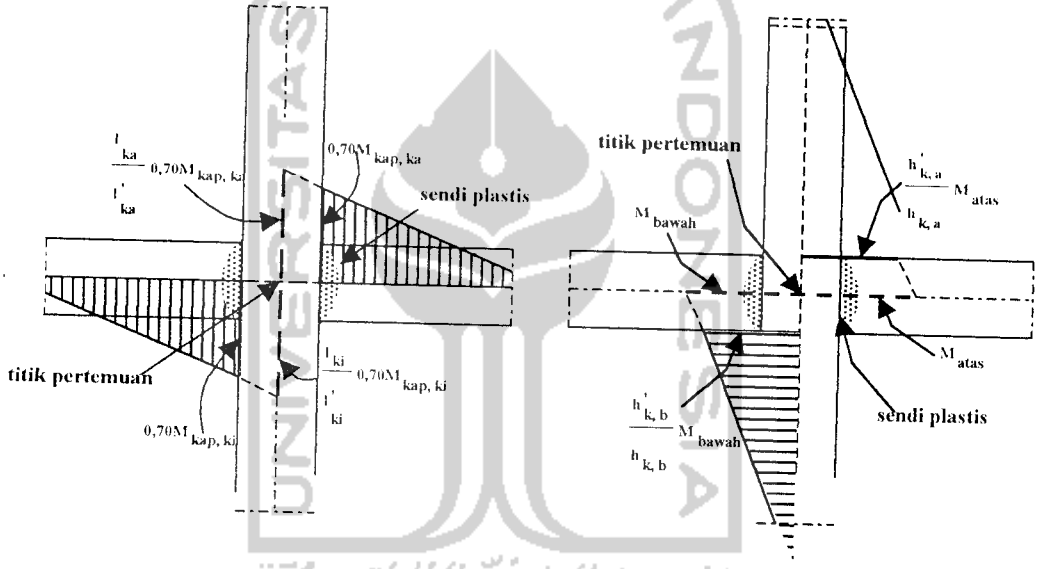
Untuk menentukan harga-harga dari P_x dan P_y, diperlukan diagram interaksi $P_n - M_{nx}$ dan $P_n - M_{ny}$ di dalam lentur uniaksil masing-masing terhadap sumbu x dan sumbu y. Oleh karena sifat simetris dalam hal ini hanya diperlukan diagram tunggal $P_n - M_{nx}$ atau $P_n - M_{ny}$ yang berlaku untuk lentur di kedua arah. Informasi tentang interaksi dapat diperoleh dengan menggunakan keseimbangan, rumus pendekatan atau menggunakan diagram P_n-M_n yang tidak berdimensi.

Di dalam lentur biaksial dan tekan, tegangan tekan merata sebesar 0,85.f'c dianggap bekerja di daerah tekan yang dibatasi oleh tepi-tepi dari penampang dan garis lurus sejarak $a = \beta_1.x$ dari serat dengan regangan maksimum (sudut penampang) yang sejajar dengan garis netral.

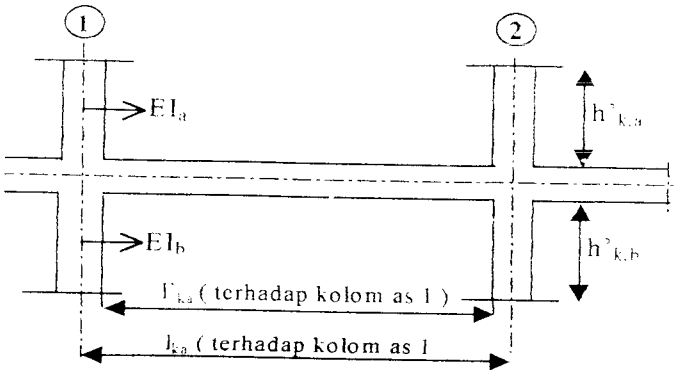
Untuk kolom persegi yang hancur karena tekan $P_n > P_{nb}$, maka besarnya nilai P_n dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan Whitney, yaitu :

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0{,}05} + \frac{b.h.f'_c}{\frac{3.h.e}{d^3} + 1{,}18} \qquad (3\text{-}77)$$

3.6.7 Persyaratan kuat lentur kolom portal



Gambar 3.10 Pertemuan balok dan kolom dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok



$$K_a = \frac{EI_a}{h'_{k,a}} \qquad K_b = \frac{EI_b}{h'_{k,b}}$$

$$\alpha_a = \frac{K_a}{K_a + K_b} \qquad \alpha_b = \frac{K_b}{K_a + K_b}$$

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

$$M_{u.k} = \frac{h'_k}{h_k} . \omega_d \alpha_{..} 0,7 . \left[\frac{l_{ki}}{l'_{ki}} M_{kap.ki} + \frac{l_{ka}}{l'_{ka}} M_{kap.ka} \right] \qquad (3\text{-}78)$$

akan tetapi dalam segala hal tidak boleh lebih besar dari :

$$M_{u.k} = 1,05 . \left[M_{D.k} + M_{L.k} + \frac{4,0}{K} M_{E.k} \right] \qquad (3\text{-}79)$$

dengan:

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

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

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

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

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

h_k' = tinggi bersih kolom portal,

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

l_k' = bentang bersih balok portal,

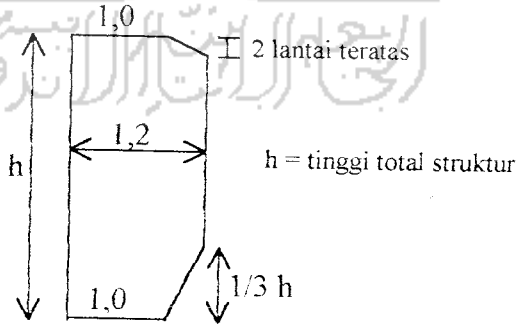
ω_d = faktor pembesaran dinamis,

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

K = faktor jenis struktur,

ϕ_o = faktor penambah kekuatan ("overstrength factor") yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk baja tulangan dengan f_y < 400 Mpa dan 1,40 untuk $f_y \geq$ 400 Mpa.

Nilai ω_d ditentukan sebagai berikut ini,



Gambar 3.11 Kurva faktor pembesaran dinamik

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

$$N_{f,k} = 0,7.R_v.\left(\frac{M_{kap,ki} + M_{kap,ki'}}{l_{ki'}} + \frac{M_{kap,ka} + M_{kap,ka'}}{l_{ka'}}\right) + 1,05.N_g \qquad (3\text{-}80)$$

tetapi dalam segala hal tidak boleh diambil lebih besar dari :

$$N_{f,k} = 1,05.\left(N_{g,k} + \frac{4,0}{K}N_{E,k}\right) \qquad (3\text{-}81)$$

dengan :

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

$R_v = 1,0$ *untuk* $1 < n \leq 4$

$R_v = 1,1 - 0,025n$ *untuk* $4 < n \leq 20$

$R_v = 0,60$ *untuk* $n > 20$

n = jumlah lantai tingkat diatas kolom yang ditinjau

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

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

3.6.8 Persyaratan kuat geser kolom portal

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

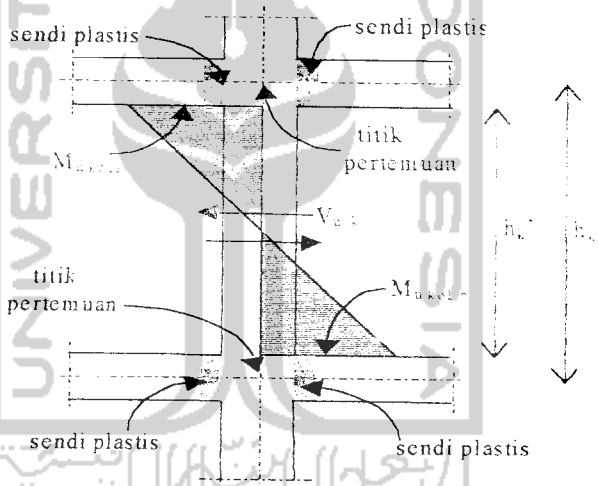
$$V_{u,k} = \frac{M_{ukol,a} + M_{ukol,b}}{h_k'} \qquad (3\text{-}82)$$

dimana :

$M_{ukol,a}$= momen lentur dari kolom portal pada ujung atas kolom pada bidang muka bidang muka balok dihitung menurut persamaan (3-78),

$M_{ukol,b}$= momen lentur dari kolom portal pada ujung bawah kolom pada bidang muka balok dihitung menurut persamaan (3-78),

h_k' = tinggi bersih kolom.



Gambar 3.12 Kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu dengan kolom tersebut

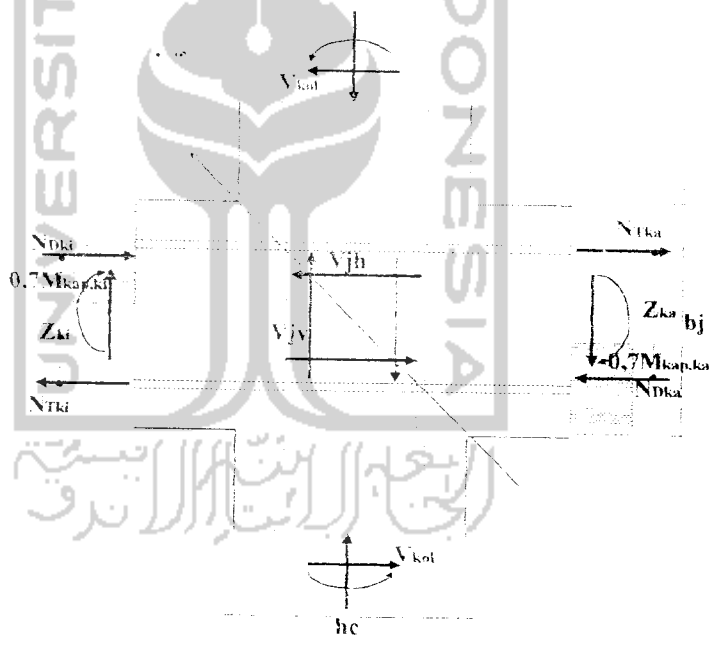
Dalam segala hal, kuat geser perlu bagi kolom portal tidak boleh lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1{,}05\left(V_{D,k} + V_{L,k} - \frac{4}{K}V_{E,k}\right) \qquad (3\text{-}83)$$

3.7 Titik Pertemuan Rangka

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, titik pertemuan (*joint*) rangka harus memenuhi beberapa ketentuan. Momen lentur dan gaya geser kolom, serta geser horisontal *Vjh* dan geser vertikal *Vjv* yang melewati inti joint harus dianalisis dengan memperhitungkan seluruh pengaruh gaya-gaya yang membentuk keseimbangan pada titik pertemuan (*joint*) tersebut.

Keseimbangan gaya-gaya pada titik pertemuan rangka dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 3.13 Panel pertemuan balok dan kolom dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung kolom

$$V_{jh} = C_2 - T_{ka} - V_{kol} \qquad (3\text{-}84)$$

dengan:

$$C_{ki} \quad T_{ki} \quad 0,7.\frac{M_{kap.ki}}{z_{ki}} \quad 0,8\,(As'.fy).1,25 \tag{3-85}$$

$$C_{ka} \quad T_{ka} \quad 0,7.\frac{M_{kap.ka}}{z_{ka}} \quad 0,8.(As.fy).1,25 \tag{3-86}$$

V_{kol} dalam kondisi kapasitas :

$$V_{kol} \quad 0,7\left(\frac{\frac{l_{ki}}{l'_{ki}}M_{kap.ki}+\frac{l_{ka}}{l'_{ka}}M_{kap.ka}}{\frac{1}{2}\left(h_{k.a}+h_{k.b}\right)}\right) \tag{3-87}$$

dimana :

$M_{kap.ki}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kiri di sendi plastis pada bidang muka kolom,

$M_{kap.ka}$ = momen kapasitas balok portal sebelah kanan di sendi plastis pada bidang muka kolom,

z_{ki} = lengan momen intern yang berkaitan dengan $M_{kap.ki}$,

z_{ka} = lengan momen intern yang berkaitan dengan $M_{kap.ka}$,

l_{ki} = bentang balok portal sebelah kiri, dari as ke as,

l_{ki}' = bentang bersih balok portal sebelah kiri,

l_{ka} = bentang balok portal sebelah kanan, dari as ke as,

l_{ka}' = bentang bersih balok portal sebelah kanan,

$h_{k.a}$ = tinggi kolom atas portal, diukur dari as ke as,

$h_{k.b}$ = tinggi kolom bawah portal, dari as ke as.

Tegangan geser horisontal nominal pada titik buhul adalah

$$V_{j.h} \quad \frac{V_{j.h}}{b_j.h_c} \tag{3-88}$$

dengan,

b_j = lebar efektf titik buhul (mm),

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

$V_{j.h}$ tidak boleh lebih besar dari $1,5.\sqrt{f'c}$ (Mpa)

Gaya geser horisontal $V_{j.h}$ ini ditahan oleh dua mekanisme kuat geser inti titil buhul, yaitu :

1. strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung titik buhul yang memikul gaya geser $V_{c.h}$,
2. mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat beton diagonal daerah tarik titik buhul yang memikul gaya geser $V_{s.h}$.

Besarnya $V_{c.h}$ harus diambil sama dengan nol kecuali untuk ketentuan berikut ini,

1. tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton diatas titik buhul, termasuk tegangan prategang apabila ada, yang melebihi nilai $0,1 f'c$, maka

$$V_{c.h} = 2,3\sqrt{\left(\frac{N_{u.k}}{A_g} - 0,1 f'c\right)}.b_j.h_c \qquad (3\text{-}89)$$

2. seluruh balok pada titik buhul dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{c.h} = 0,5\frac{A_s'}{A_s}V_{j.h}\left(1+\frac{N_{u.k}}{0,4.A_g.f'c}\right) \qquad (3\text{-}90)$$

dengan rasio A_s' / A_s tidak boleh lebih besar dari 1.

Dengan memindahkan lokasi sendi plastis agak jauh dari muka kolom, maka kemampuan mekanisme strat tekan tidak berkurang akibat beban bolak-balik dimana

sebagian besar tegangan tekan dipindahkan melalui tulangan tekan. Pelelehan pad tulangan juga dapat mengakibatkan penetrasi kerusakan ikatan yang masuk ke dalam inti titik buhul sehingga ikatan antara tulangan dengan strat tekan berkurang. Akibat kedua fenomena ini serta tekanan pada titik buhul, sendi plastisnya terletak bersebelahan dengan muka kolom, tidak bekerja, sehingga seluruh gaya geser $V_{j.h}$ dipikul oleh $V_{s.h}$, bila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom diatas titik buhul kurang dari $0,1\,f'c$ (Gideon, 1994)

Bila $\rho_c < 0,1\,f'c$, maka :

$$V_{s.h} = V_{j.h} - \frac{2}{3}\sqrt{\left(\frac{N_{u.k}}{A_g}\right) - (0,1f'c)}\,b_{j.h} \qquad (3\text{-}91)$$

Luas total efektif dari tulangan geser horisontal (sengkang horisontal) yang melewati bidang kritis diagonal dengan yang diletakkan didaerah tekan titik buhul efektif b_j tidak boleh kurang dari :

$$A_{j.h} = \frac{V_{j.h}}{fy} \qquad (3\text{-}92)$$

kegunaan sengkang horisontal ini harus didistribusikan secara merata diantara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.

Gaya geser vertikal pada titik buhul ($V_{j.v}$) dapat dihitung dengan persamaan,

$$V_{j.v} = V_{j.h} \cdot \frac{h_c}{b_j} \qquad (3\text{-}93)$$

sedangkan tulangan geser vertikal titik buhul dapat dihitung dengan persamaan,

$$V_{s.v} = V_{j.v} - V_{c.v} \qquad (3\text{-}94)$$

menjadi,

$$V_{c,v} \quad A_{sc}' \cdot \frac{V_{s,h}}{V_{s,c}} \left(0{,}6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f'c} \right) \tag{3-95}$$

dengan,

A_{sc}' = luas tulangan longitudinal tekan,

A_{sc} = luas tulangan longitudinal tarik.

Luas tulangan geser vertikal yang dibutuhkan pada titik buhul dalam daerah sepanjang lebar pertemuan efektif b_j ditentukan dengan persamaan,

$$A_{j,v} = \frac{V_{s,v}}{fy} \tag{3-96}$$

Tulangan geser titik buhul vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara (*intermediate bars*) yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan terbesar atau terdiri dari sengkang-sengkang pengikat vertikal, dengan jarak maksimum antar tulangan yang diukur dari as ke as adalah 200 mm.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tempat Penelitian

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

4.2 Waktu Penelitian

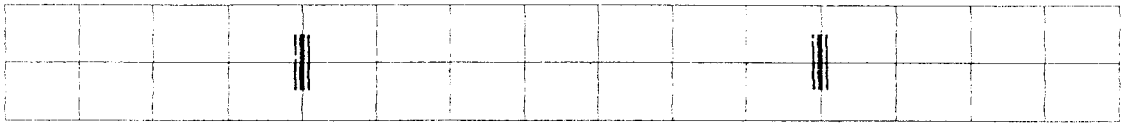
Penelitian dilakukan mulai Juli 1999 dan direncanakan selesai pada bulan Oktober 1999.

4.3 Tahapan Analisa

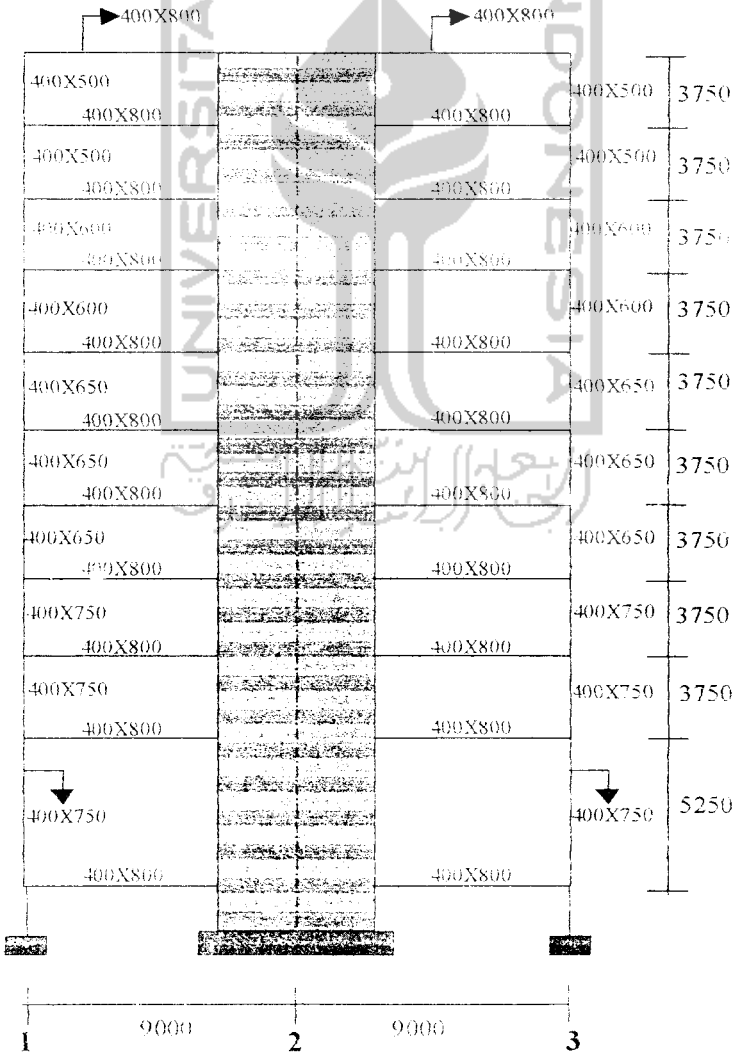
1. menentukan spesifikasi dan konfigurasi struktur bangunan,
2. menghitung beban-beban yang bekerja,
3. menganalisis struktur dengan program SAP90,
4. analisis program dilakukan dengan menempatkan dinding geser pada posisi yang telah ditentukan,
5. mendesain penulangan balok dari hasil mekanika SAP90,
6. mendesain penulangan kolom dari hasil mekanika SAP90,
7. mendesain penulangan pertemuan balok dan kolom (join),
8. menganalisis dan merencanakan dinding geser (shear wall).

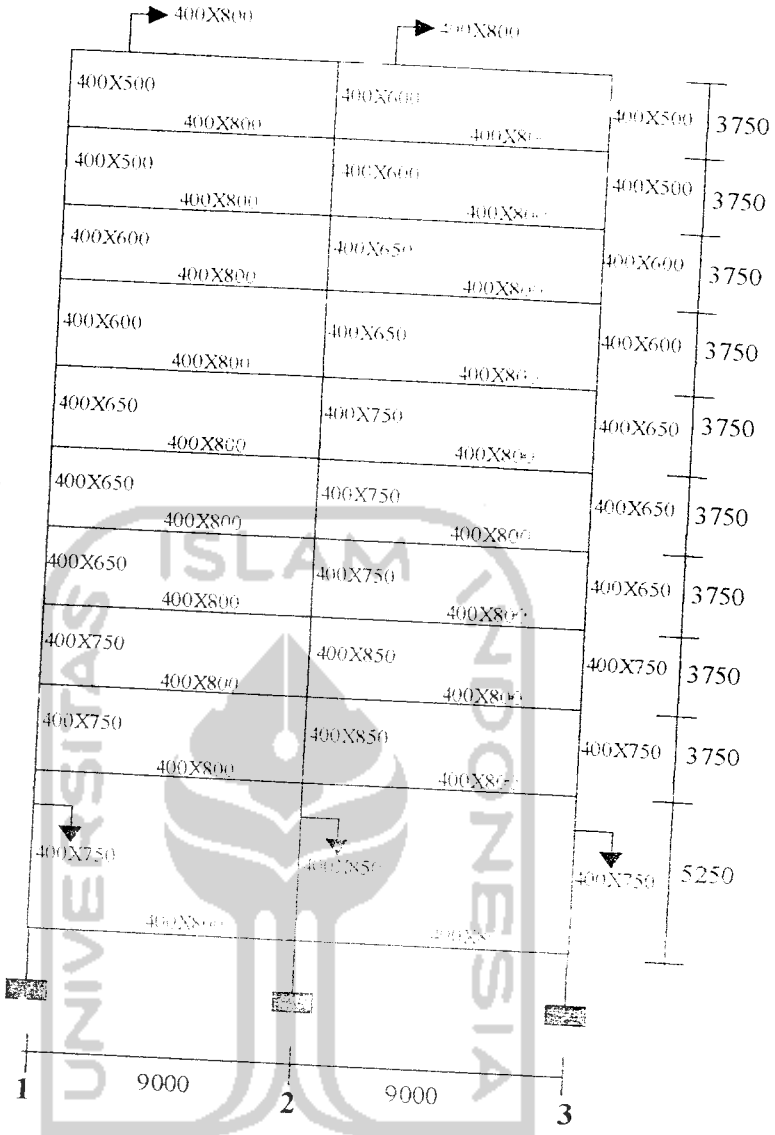
4.4 Model Struktur

Agar dinding geser dapat berfungsi dengan optimal, salah satu variabel yang perlu diperhatikan adalah penempatan dinding geser yang tepat. Karena itu dilakukan analisis dengan menempatkan dinding geser sesuai penelitian sebelumnya seperti berikut,

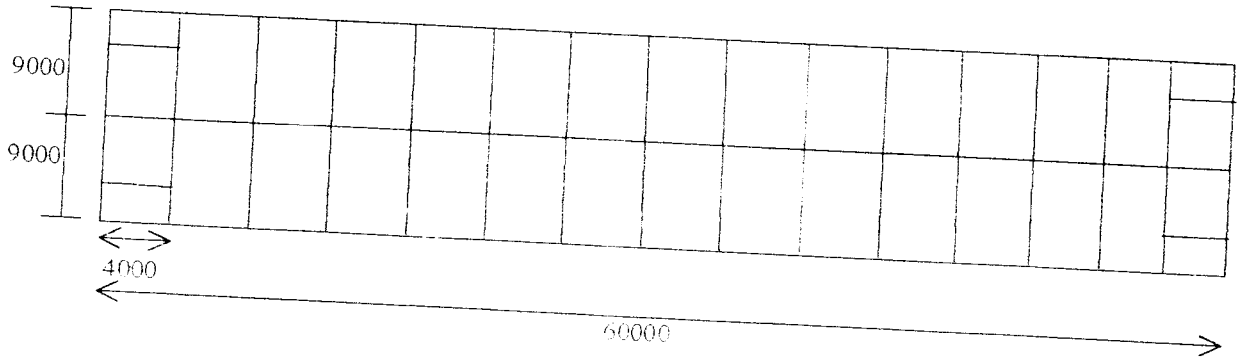


Gambar 4.1 Rencana penempatan dinding

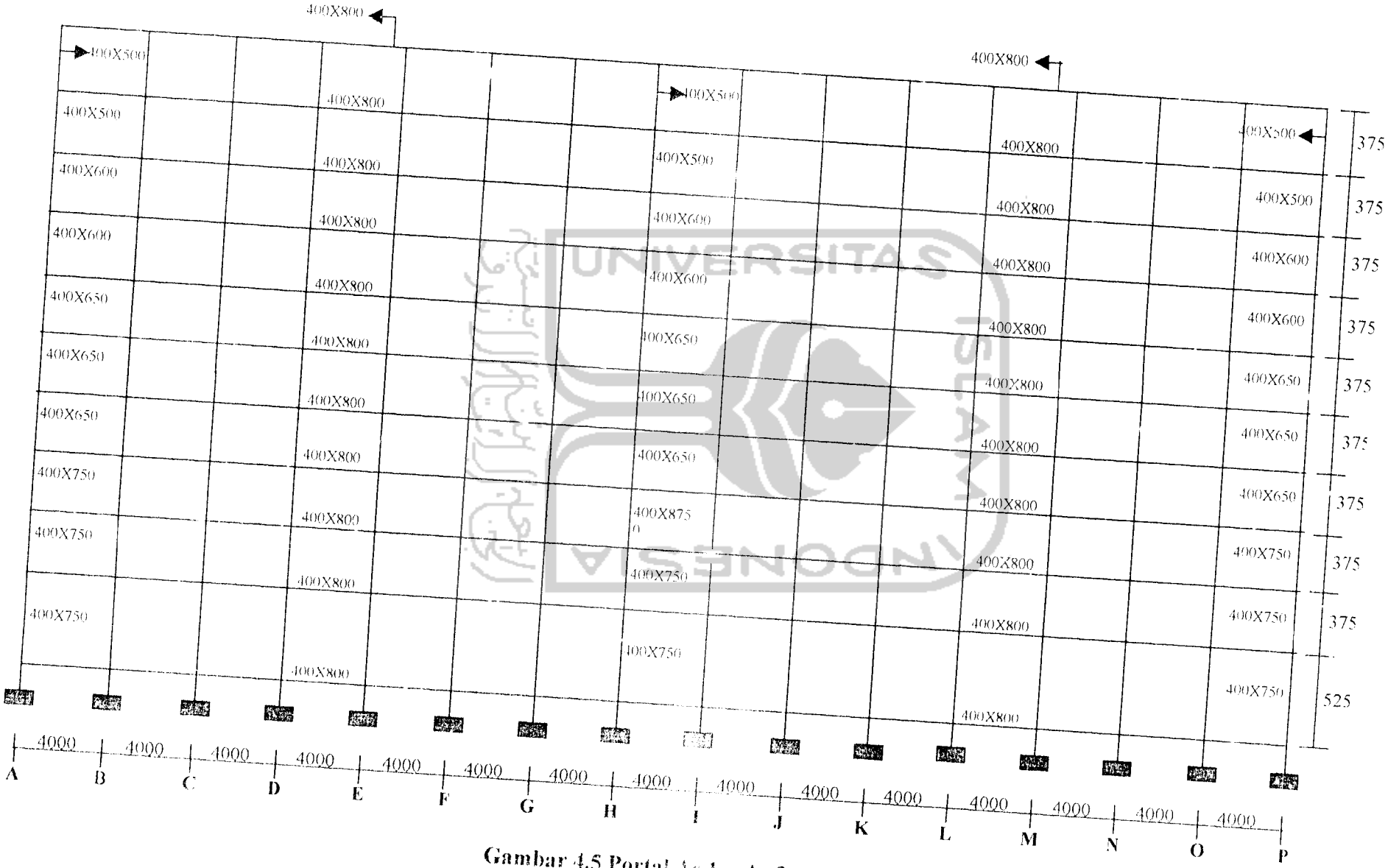




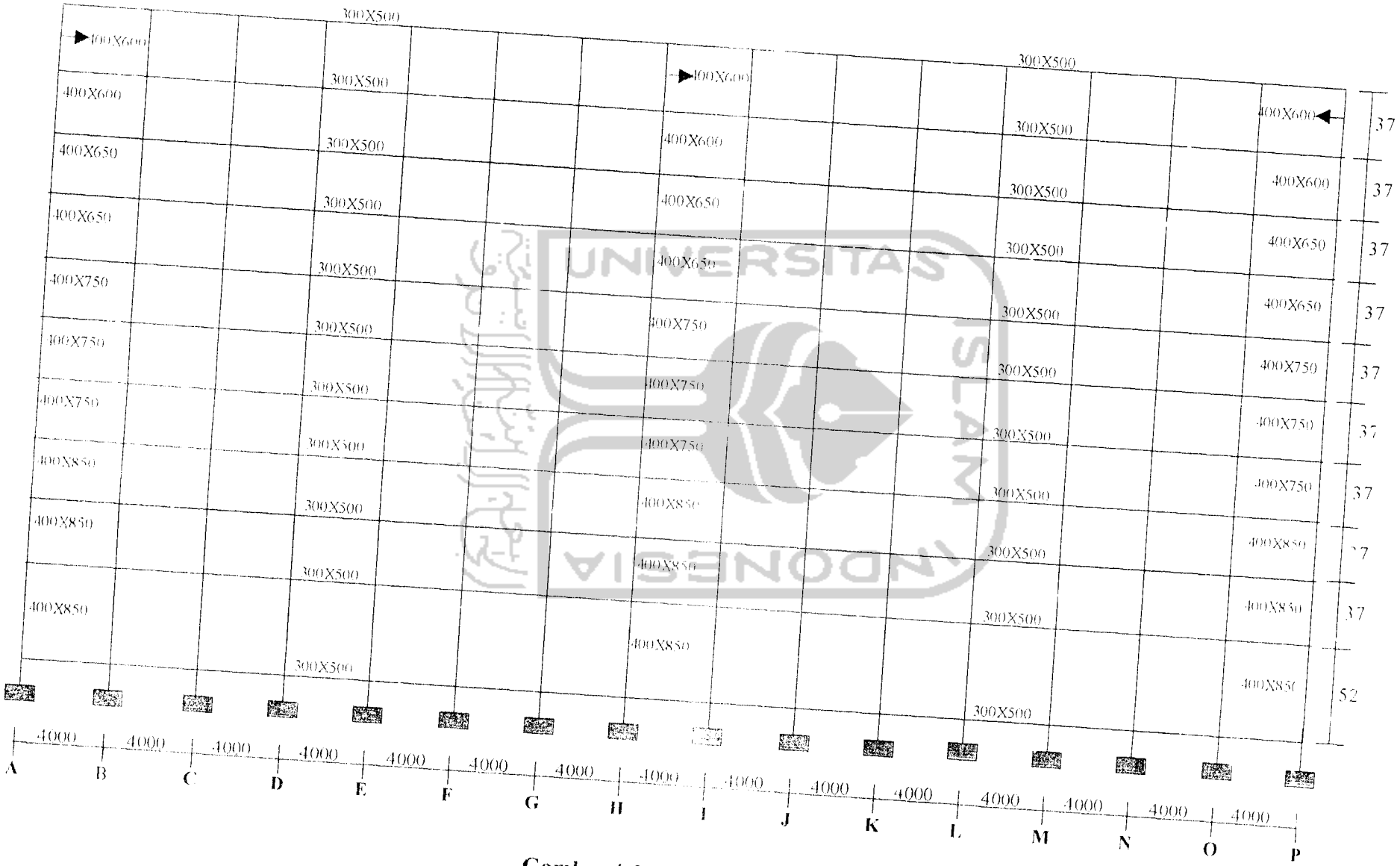
Gambar 4.3 Portal as A = as P



Gambar 4.4 Denah tampak atas



Gambar 4.5 Portal As 1 = As 3



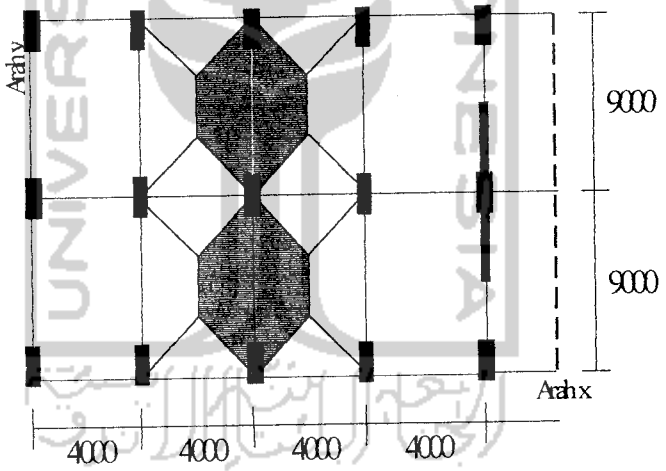
Gambar 4.6 Portal As 2

BAB V

ANALISIS

5.1 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan didasarkan pada kondisi penempatan dan metode pembebanan pada portal sebagai berikut,



Gambar 5.1 Pembagian pembebanan pada salah satu portal

5.1.1 Pembebanan beban atap dan lantai

1. Beban atap,
   a. berat plat 12 cm = 0,12.2400.0,00981 = 2,83 kN/m^2
   b. berat plafon = (11 + 7).0,00981 = 0,177 kN/m^2

   3,06 kN/m^2 = 306 kg/m^2

c. beban hidup atap = 100 kg/m^2 = 0,981 kN/m^2

2. Beban lantai,

a. berat plat 14 cm = 0,14.2400.0,00981 = 3,296 kN/m^2

b. berat plafon = (11 + 7).0,00981 = 0,177 kN/m^2

c. berat tegel, 2 cm = 2.24.0,00981 = 0,471 kN/m^2

d. berat pasir 3 cm = 0,03.1600.0,00981 = 0,471 kN/m^2

e. berat spesi 2 cm = 2.21.0,00981 = 0,412 kg/m^2

4,827 kN/m^2 = 492 kg/m^2

f. beban hidup lantai untuk apartemen = 250 kg/m^2 = 2,453 kN/m^2

3 Berat tembok ½ bata = 250 kg/m^2 = 2,453 kN/m^2

4. Dimensi balok arah x diambil 300/500 mm

5. Dimensi balok arah y diambil 400/800 mm

6. Dimensi balok pondasi 400/800 mm

Tabel 5.1 Dimensi kolom yang direncanakan

Tingkat	Eksterior	Interior
1-3	400/750	400/850
4-6	400/650	400/750
7-8	400/600	400/650
9-10	400/500	400/600

5.2 Perhitungan Dimensi Dinding Geser

5.2.1 Perhitungan tebal dinding geser (*bw*)

Anggapan terbaik yang dapat dilakukan terhadap dinding geser untuk menghindari bahaya tekuk adalah memperlakukannya sebagai kolom (T.Paulay dan

R. L William 1980), maka dimensi dinding geser perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser (bw) dapat didekati dengan persamaan,

$$bw = \frac{hs}{20} \geq 150 \ mm$$

$$bw = \frac{5{,}25}{20} = 0{,}2625 \text{ m} = 262{,}5 \text{ mm, diambil } bw = 300 \text{ mm}$$

5.2.2 Perhitungan lebar dinding geser (*lw*)

Untuk menjamin bahwa dinding geser tetap berperilaku geser, menurut T.Paulay dan M.J.N.Priestley (1992), perbandingan antara tinggi total bangunan dan lebar dinding geser dapat diambil 8 ($hw/lw = 8$). Dari Gambar 3.4 dengan anggapan perencanaan daktilitas penuh ($\mu_\Delta = 4$) didapat ratio daktilitas (μ_ϕ) = 11.

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

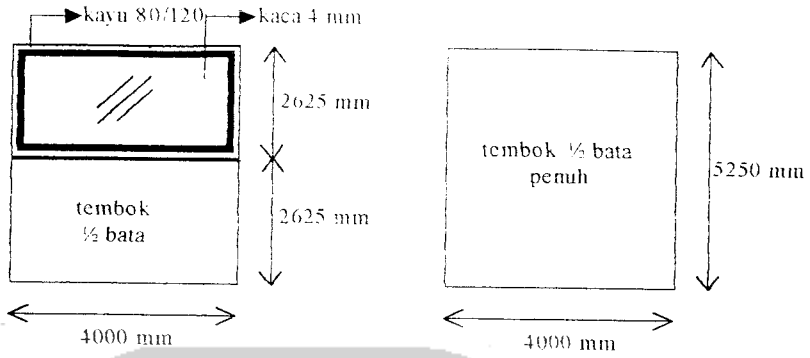
$$bc = 0{,}017.lw.\sqrt{\mu_\Phi} = 0{,}017.lw.\sqrt{11} = 0{,}057$$

sehingga,

$$\frac{bc}{lw} = 0{,}017$$

Dari Gambar 3.5, untuk nilai bc/lw = 0,057 dengan perencanaan daktilitas penuh (μ_Δ) = 4, maka didapat nilai hw/lw = 7,5, sehingga besar lebar dinding geser (lw) = 39/7,5 = 5200 mm diambil 5500 mm.

5.3 Konversi Berat Tembok



Gambar 1 Gambar 2

a. Perhitungan gambar 1

1. kaca = 0,004x2,625x10x0,00981 = 0,001 kN
2. kayu bangkirai = [(4x2)+(2,625x2)]x0,08x0,12x910x0,00981 = 1,136 kN
3. tembok = 4x2,625x250x0,00981 = 25,751 kN

26,888 kN

b. Perhitungan gambar 2

Tembok penuh = 4x5,25x250x0,00981 = 51,5 kN

Nilai konversi tembok = $\frac{26,888}{51,5} = 0,522 \approx 0,5$

5.4 Perhitungan Gaya Gempa Statik Ekivalen

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

5.4.1 Berat bangunan total

Berat bangunan total diperoleh dengan akumulasi perhitungan berat elemen setiap lantai sebagai berikut ini,

a. Berat atap

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat	= 18.60.306.0,00981	= 3242,0 kN
b. Berat *shear wall*	= 2.5,5.1,875.0,3.2400.0,00981	= 145,7 kN
c. Berat tembok penuh	= 337.(1,875-0,8).250.0,00981	= 888,5 kN
d. Berat tembok ½ penuh	= 120.(1,875-0,8).0,5.250.0,00981	= 158,2 kN
e. Berat kolom eksterior	= 32.1,875.0,4.0,5.2400.0,00981	= 282,5 kN
f. Berat kolom interior	= 16.1,875.0,4.0,6.2400.0,00981	= 169,5 kN
g. Berat balok arah x	= 180.0,3.0,5.2400.0,00981	= 635,7 kN
h. Berat balok arah y	= 288.0,4.0,8.2400.0,00981	= 2169,8 kN
		Wm = 7692,0 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup atap	= 100 kg/m^2	= 0,981 kN/m^2
b. Koefisien reduksi	= 0,3	
c. Beban hidup	= 0,3.18.60.0,981	= 318 kN
Maka berat total atap	= 7692 + 318	= 8010 kN

b. Berat lantai 9

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat	= 18.60.492.0,00981	= 5212,6 kN
b. Berat *shear wall*	= 2.5,5.3,75.0,3.2400.0,00981	= 291,4 kN

c. Berat tembok penuh = 337.(3,75-0,8).250.0,00981 = 2438,2 kN

d. Berat tembok ½ penuh = 120.(3,75-0,8).0,5.250.0,00981 = 434,1 kN

e. Berat kolom eksterior = 32.3,75.0,4.0,5.2400.0,00981 = 565,1 kN

f. Berat kolom interior = 16.3,75.0,4.0,6.2400.0,00981 = 339,0 kN

g. Berat balok arah x = 180.0,3.0,5.2400.0,00981 = 635,7 kN

h. Berat balok arah y = 288.0,4.0,8.2400.0,00981 = 2169,8 kN

Wm = 12086 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup atap = 250 kg/m^2 = 2,453 kN/m^2

b. Beban hidup = 0,3.18.60.250.0,00981 = 795 kN

Maka berat total lantai 9 = 12086 + 795 = 12881 kN

c. Berat lantai 8

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat = 18.60.492.0,00981 = 5212,6 kN

b. Berat *shear wall* = 2.5,5.3,75.0,3.2400.0,00981 = 291,4 kN

c. Berat tembok penuh = 337.(3,75-0,8).250.0,00981 = 2438,2 kN

d. Berat tembok ½ penuh = 120.(3,75-0,8).0,5.250.0,00981 = 434,1 kN

e. Berat kolom eksterior = 32.1,875.0,4.(0,5+0,6).2400.0,00981 = 621,6 kN

f. Berat kolom interior = 16.1,875.0,4.(0,6+0,65).2400.0,00981 = 353,2 kN

g. Berat balok arah x = 180.0,3.0,5.2400.0,00981 = 635,7 kN

h. Berat balok arah y = 288.0,4.0,8.2400.0,00981 = 2169,8 kN

Wm = 12157 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup = 0,3.18.60.250.0,00981 = 795 kN

Maka berat total lantai 8 = 12157 + 795 = 12952 kN

d. Berat lantai 7

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat = 18.60.492.0,00981 = 5212,6 kN

b. Berat *shear wall* = 2.5,5.3,75.0,3.2400.0,00981 = 291,4 kN

c. Berat tembok penuh = 337.(3,75-0,8).250.0,00981 = 2438,2 kN

d. Berat tembok ½ penuh = 120.(3,75-0,8).0,5.250.0,00981 = 434,1 kN

e. Berat kolom eksterior = 32.3,75.0,4.0,6.2400.0,00981 = 678,1 kN

f. Berat kolom interior = 16.3,75.0,4.0,65.2400.0,00981 = 367,3 kN

g. Berat balok arah x = 180.0,3.0,5.2400.0,00981 = 635,7 kN

h. Berat balok arah y = 288.0,4.0,8.2400.0,00981 = 2169,8 kN

Wm = 12227 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup = 0,3.18.60.250.0,00981 = 795 kN

Maka berat total lantai 7 = 12227 + 795 = 13022 kN

e. Berat lantai 6

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat = 18.60.492.0,00981 = 5212,6 kN

b. Berat *shear wall* = 2.5,5.3,75.0,3.2400.0,00981 = 291,4 kN

c. Berat tembok penuh = 337.(3,75-0,8).250.0,00981 = 2438,1 kN

d. Berat tembok ½ penuh	= 120.(3,75-0,8).0,5.250.0,00981	= 434,1 kN
e. Berat kolom eksterior	= 32.1,875.0,4.1,25.2400.0,00981	= 706,3 kN
f. Berat kolom interior	= 16.1,875.0,4.1,4.2400.0,00981	= 395,5 kN
g. Berat balok arah x	= 180.0,3.0,5.2400.0,00981	= 635,7 kN
h. Berat balok arah y	= 288.0,4.0,8.2400.0,00981	= 2169,8 kN
		Wm = 12284 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup	= 0,3.18.60.250.0,00981	= 795 kN
Maka berat total lantai 6	= 12284 + 795	= 13079 kN

f Berat lantai 4 dan 5

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat	= 18.60.492.0,00981	= 5212,6 kN
b. Berat *shear wall*	= 2.5,5.3,75.0,3.2400.0,00981	= 291,4 kN
c. Berat tembok penuh	= 337.(3,75-0,8).250.0,00981	= 2438,2 kN
d. Berat tembok ½ penuh	= 120.(3,75-0,8).0,5.250.0,00981	= 434,1 kN
e. Berat kolom eksterior	= 32.3,75.0,4.0,65.2400.0,00981	= 734,6 kN
f. Berat kolom interior	= 16.3,75.0,4.0,75.2400.0,00981	= 423,8 kN
g. Berat balok arah x	= 180.0,3.0,5.2400.0,00981	= 635,7 kN
h. Berat balok arah y	= 288.0,4.0,8.2400.0,00981	= 2169,8 kN
		Wm = 12340 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup	= 0,3.18.60.250.0,00981	= 795 kN
Maka berat total lantai 4 dan 5 = 12340 + 795		= 13135 kN

g. Berat lantai 3

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat	= 18.60.492.0,00981	= 5212,6 kN
b. Berat *shear wall*	= 2.5,5.3,75.0,3.2400.0,00981	= 291,4 kN
c. Berat tembok penuh	= 337.(3,75-0,8).250.0,00981	= 2438,2 kN
d. Berat tembok ½ penuh	= 120.(3,75-0,8).0,5.250.0,00981	= 434,1 kN
e. Berat kolom eksterior	= 32.1,875.0,4.1,4.2400.0,00981	= 791,1 kN
f. Berat kolom interior	= 16.1,875.0,4.1,6.2400.0,00981	= 452,1 kN
g. Berat balok arah x	= 180.0,3.0,5.2400.0,00981	= 635,7 kN
h. Berat balok arah y	= 288.0,4.0,8.2400.0,00981	= 2169,8 kN
		Wm = 12425 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup	= 0,3.18.60.250.0,00981	= 795 kN
Maka berat total lantai 3	= 12425 + 795	= 13220 kN

h. Berat lantai 2

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat	= 18.60.492.0,00981	= 5212,6 kN
b. Berat *shear wall*	= 2.5,5.3,75.0,3.2400.0,00981	= 291,4 kN
c. Berat tembok penuh	= 337.(3,75-0,8).250.0,00981	= 2438,2 kN
d. Berat tembok ½ penuh	= 120.(3,75-0,8).0,5.250.0,00981	= 434,1 kN
e. Berat kolom eksterior	= 32.3,75.0,4.0,75.2400.0,00981	= 847,6 kN
f. Berat kolom interior	= 16.3,75.0,4.0,85.2400.0,00981	= 480,3 kN
g. Berat balok arah x	= 180.0,3.0,5.2400.0,00981	= 635,7 kN

h. Berat balok arah y = 288.0,4.0,8.2400.0,00981 = 2169,8 kN

Wm = 12510 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup = 0,3.18.60.250.0,00981 = 795 kN

Maka berat total lantai 2 = 12510 + 795 = 13305 kN

i. Berat lantai 1

1. Beban tetap (mati)

a. Berat plat = 18.60.492.0,00981 = 5212,6 kN

b. Berat *shear wall* = 2.5,5.4,5.0,3.2400.0,00981 = 349,6 kN

c. Berat tembok penuh = 337.(4,5-0,8).250.0,00981 = 3058,0 kN

d. Berat tembok ½ penuh = 120.(4,5-0,8) 0,5.250.0,00981 = 544,5 kN

e. Berat kolom eksterior = 32.4,5.0,4.0,75.2400.0,00981 = 1017,1 kN

f. Berat kolom interior = 16.4,5.0,4.0,85.2400.0,00981 = 576,4 kN

g. Berat balok arah x = 180.0,3.0,5.2400.0,00981 = 635,7 kN

h. Berat balok arah y = 288.0,4.0,8.2400.0,00981 = 2169,8 kN

Wm = 13564 kN

2. Beban hidup

a. Beban hidup = 0,3.18.60.250.0,00981 = 795 kN

Maka berat total lantai 1 = 13564 + 795 = 14359 kN

Tabel 5.2 Berat tiap lantai

Tingkat	Berat Total Tingkat (kN)
Atap	8010
9	12881
8	12952
7	13022
6	13079

Tingkat	Berat Total Tingkat (kN)
5	13135
4	13135
3	13220
2	13305
1	14359
Jumlah	127098

5.4.2 Waktu getar bangunan (*T*)

$$Tx = Ty = T = \frac{0{,}09.Hn}{\sqrt{18}} = \frac{0{,}09.39}{\sqrt{18}} = 0{,}827 \text{ det}$$

5.4.3 Koefisien gempa dasar (*C*)

Nilai koefisien gempa dasar diperoleh dari gambar pada peraturan bangunan tahan gempa PPTGUG 1987. Untuk $T = 0{,}827$ detik, wilayah gempa 3 dan jenis tanah lunak, maka nilai koefisien gempa dasar, $C = 0{,}07$

5.4.4 Faktor keutamaan (*I*) dan faktor jenis struktur (*K*)

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 diperoleh $I = 1{,}0$ dan $K = 1{,}0$ untuk bangunan apartemen yang menggunakan struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh.

5.4.5 Gaya geser horisontal akibat gempa

Gaya horisontal dasar akibat gempa dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut ini,

$Vx \quad Vy \quad C.I.K.W_t = 0{,}07.1.1.127098 \text{ kN} = 8896{,}9 \text{ kN}$

Evaluasi rasio lebar bangunan terhadap tinggi total bangunan

a. arah x

$B/H = 60/39 = 1{,}538 < 3$ sehingga menggunakan persamaan 3.3

b. arah y

$B/H = 18/39 = 0{,}462 < 3$ sehingga menggunakan persamaan 3.3

Selanjutnya dihitung gaya geser horisontal pada tabel 5.3 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini,

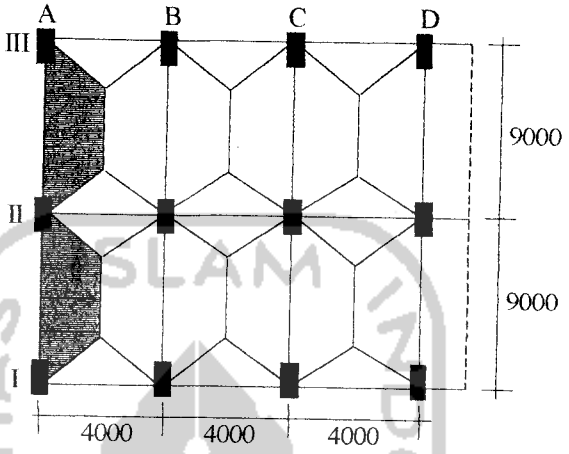
Tabel 5.3 Gaya geser horisontal

Tingkat	hi (m)	Wi (kN)	Wixhi (kN-m)	Fi (kN)	Fix (kN)	Fiy (kN)
10	39	8010	312390	1030.865703	343.6219012	64.42910647
9	35.25	12881	454055.25	1498.351371	499.4504569	93.64696067
8	31.5	12952	407988	1346.332586	448.7775288	84.14578664
7	27.75	13022	361360.5	1192.465015	397.4883383	74.52906344
6	24	13079	313896	1035.835401	345.2784669	64.73971255
5	20.25	13135	265983.75	877.7282421	292.5760807	54.85801513
4	16.5	13135	216727.5	715.1859751	238.395325	44.69912344
3	12.75	13220	168555	556.2200091	185.4066697	34.76375057
2	9	13305	119745	395.1503366	131.7167789	24.69689604
1	5.25	14359	75384.75	248.7645358	82.92151193	15.54778349
Σ		127098	2696085.75	8896.899175	2965.633058	556.0561984

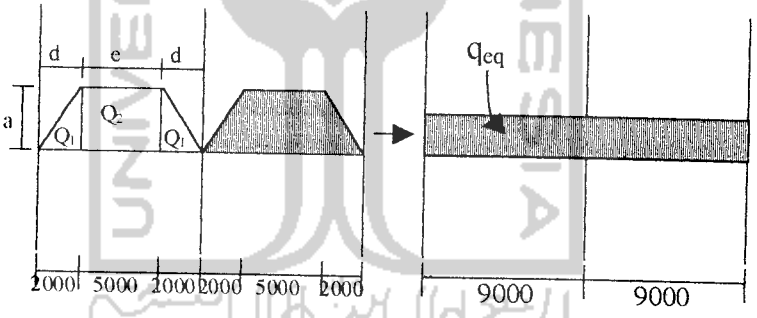
5.5 Perhitungan Beban Akibat Gaya Gravitasi

5.5.1 Beban merata ekivalen untuk portal arah y

a. Portal A



Gambar 5.2 Pembagian beban merata portal A



Gambar 5.3 Perhitungan beban merata ekivalen portal A

$Q_1 = ½.2.2.q = 2q$

$Q_2 = 2.5.q = 10q$

$R = Q_1 + ½.Q_2 = 2q + ½\ 10q = 7q$

Mmax terjadi ditengah bentang, maka :

$M = R.1/2L - Q_1.(1/3.d + ½.e) - Q_2/2(1/4.e)$

$= 7q.1/2.9 - 2q(1/3.2 + ½.5) - 10q/2(1/4.5) = 18{,}9167q$

$$W = \frac{8.M}{L^2} = \frac{8.18,9167}{9^2} = 1,8683q$$

1. Beban gravitasi pada balok atap

   a. Beban mati tiap m^1

      1. plat = $1,8683.1.0,12.2400.9,81.10^{-3}$ = 5,28 kN/m
      2. plafon = $1,8683.1.18.9,81.10^{-3}$ = 0,33 kN/m
      3. balok arah y = $0,4.0,8.2400.9,81.10^{-3}$ = 7,50 kN/m

      W_D = 13,11 kN/m

   b. Beban hidup tiap m^1

      1. W_h atap = 100 kg/m^2 = 0,0981 kN/m^2
      2. koefisien reduksi = 0,75 (PMI 1983)
      3. beban hidup ekivalen, W_L = $1,8683.0,75.100.9,81.10^{-3}$

         = 1,4 kN/m

2. Beban gravitasi pada balok lantai 2 sampai 9

a. Beban mati tiap m^1

   1. plat = $1,8683.1.0,14.2400.9,81.10^{-3}$ = 6,2 kN/m
   2. plafon = $1,8683.1.18.9,81.10^{-3}$ = 0,33 kN/m
   3. spesi = $1,8683.1.2.21.9,81.10^{-3}$ = 0,77 kN/m
   4. pasir = $1,8683.1.0,03.1600.9,81.10^{-3}$ = 0,88 kN/m
   5. tegel = $1,8683.1.2.24.9,81.10^{-3}$ = 0,88 kN/m
   6. balok arah y = $0,4.0,8.2400.9,81.10^{-3}$ = 7,5 kN/m
   7. dinding = $3,75.250.9,81.10^{-3}$ = 9,2 kN/m

   W_D = 25,76 kN/m

b. Beban hidup tiap m^1

1. q_h lantai = 250 kg/m^2 = 2,45 kN m^2
2. koefisien reduksi = 0,75 (PMI 1983)
3. beban hidup ekivalen = $1,8683.0,75.1.250.9,81.10^{-3}$ = 3,4 kN/m

3. Beban gravitasi pada lantai 1

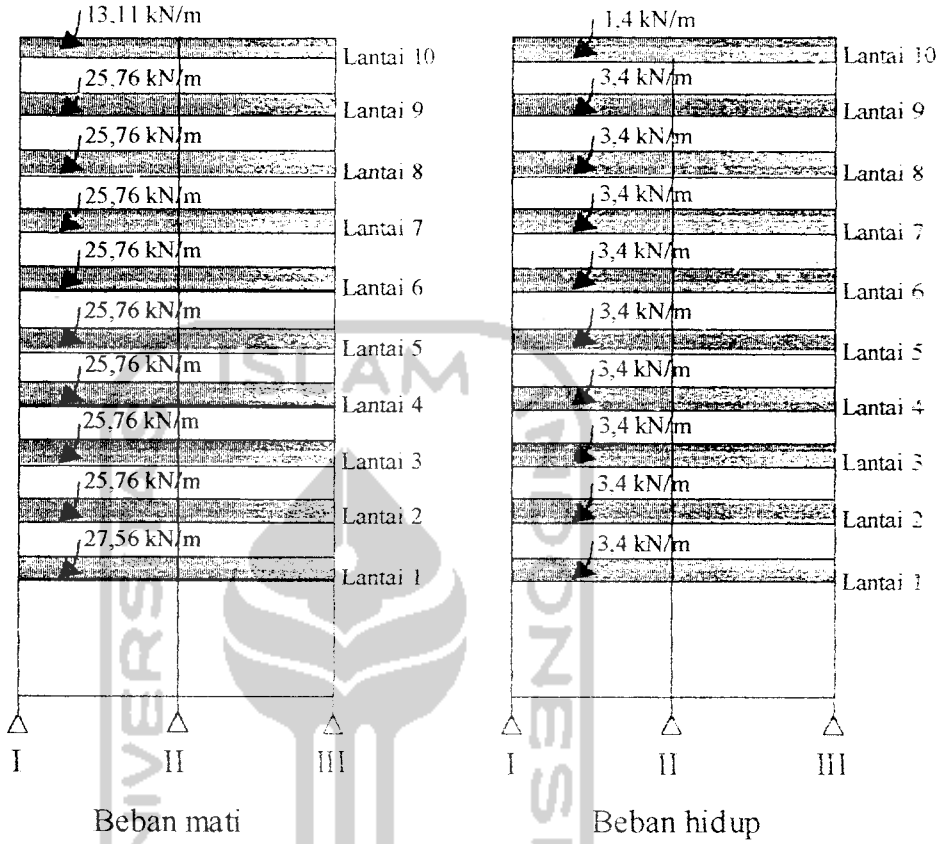
a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $1,8683.1.0,14.2400.9,81.10^{-3}$ = 6,2 kN/m
2. plafon = $1,8683.1.18.9,81.10^{-3}$ = 0,33 kN/m
3. spesi = $1,8683.1.2.21.9,81.10^{-3}$ = 0,77 kN/m
4. pasir = $1,8683.1.0,03.1600.9,81.10^{-3}$ = 0,88 kN/m
5. tegel = $1,8683.1.2.24.9,81.10^{-3}$ = 0,88 kN/m
6. balok arah y = $0,4.0,8.2400.9,81.10^{-3}$ = 7,5 kN/m
7. dinding = $4,5.250.9,81.10^{-3}$ = 11,0 kN/m

W_D = 27,56 kN/m

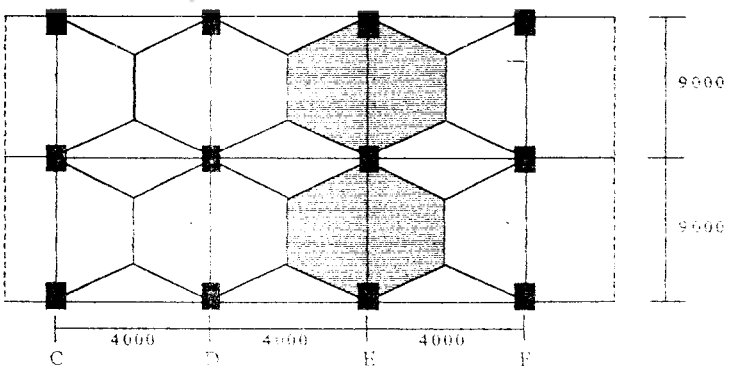
b. Beban hidup tiap m^1

1. q_h lantai = 250 kg/m^2 = 2,45 kN/m^2
2. koefisien reduksi = 0,75 (PMI 1983)
3. beban hidup ekivalen = $1,8683.0,75.1.250.9,81.10^{-3}$ = 3,4 kN/m

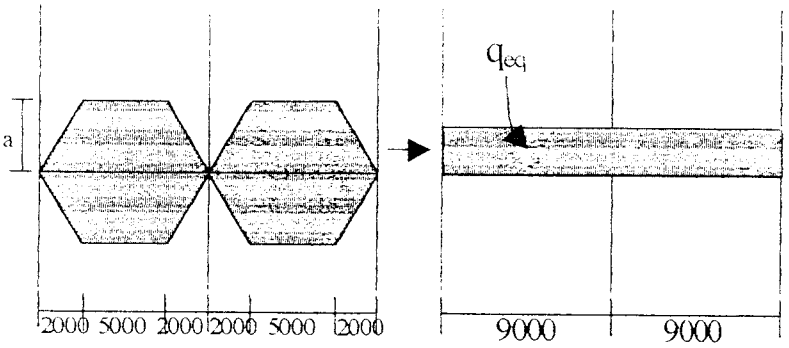


Gambar 5.4 Beban mati dan beban hidup ekivalen portal A

b. Portal E



Gambar 5.5 Pembagian beban merata pada portal E



Gambar 5.6 Perhitungan beban merata ekivalen portal E

Dari Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa luas lantai yang dipikul portal E 2 kali luas lantai portal A, sehingga $q_{eq} = 2 \times 1{,}8683q = 3{,}7366q$

1. Beban gravitasi pada balok atap

   a. Beban mati tiap m^1

      1. plat $= 3{,}7366.1.0{,}12.2400.9{,}81.10^{-3} = 10{,}6$ kN/m
      2. plafon $= 3{,}7366.1.18.9{,}81.10^{-3} = 0{,}66$ kN/m
      3. balok arah y $= 0{,}4.0{,}8.2400.9{,}81.10^{-3} = 7{,}5$ kN/m

      $W_D = 18{,}76$ kN/m

   b. Beban hidup tiap m^1

      1. W_h atap $= 100$ kg/m^2 $= 0{,}981$ kN/m^2
      2. koefisien reduksi $= 0{,}75$ (PMI 1983)
      3. beban hidup ekivalen, W_L $= 3{,}7366.0{,}75.100.9{,}81.10^{-3}$

         $= 2{,}7$ kN/m

2. Beban gravitasi pada balok lantai 2 sampai 9

   a. Beban mati tiap m^1

      1. plat $= 3{,}7366.1.0{,}14.2400.9{,}81.10^{-3} = 12{,}32$ kN/m

2. plafon = $3,7366.1.18.9,81.10^{-3}$ = 0,662 kN/m
3. spesi = $3,7366.1.2.21.9,81.10^{-3}$ = 1,54 kN/m
4. pasir = $3,7366.1.0,03.1600.9,81.10^{-3}$ = 1,76 kN/m
5. tegel = $3,7366.1.2.24.9,81.10^{-3}$ = 1,76 kN/m
6. balok arah y = $0,4.0,8.2400.9,81.10^{-3}$ = 7,53 kN/m
7. dinding = $3,75.250.9,81.10^{-3}$ = 9,19 kN/m

W_D = 34,76 kN/m

b. Beban hidup tiap m^1

1. q_h lantai = 250 kg/m^2 = 2,45 kN/m^2
2. koefisien reduksi = 0,75 (PMI 1983)
3. beban hidup ekivalen = $3,7366.0,75.250.9,81.10^{-3}$ = 6,87 kN/m

3. Beban gravitasi pada lantai 1

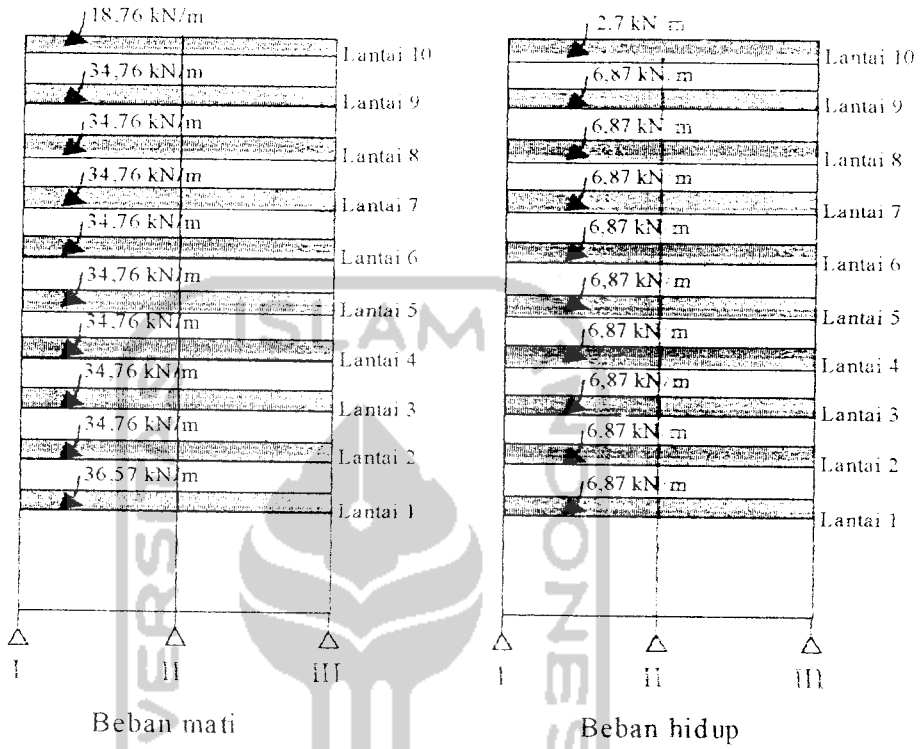
a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $3,7366.1.0,14.2400.9,81.10^{-3}$ = 12,32 kN/m
2. plafon = $3,7366.1.18.9,81.10^{-3}$ = 6,62 kN/m
3. spesi = $3,7366.1.2.21.9,81.10^{-3}$ = 1,54 kN/m
4. pasir = $3,7366.1.0,03.1600.9,81.10^{-3}$ = 1,76 kN/m
5. tegel = $3,7366.1.2.24.9,81.10^{-3}$ = 1,76 kN/m
6. balok arah y = $0,4.0,8.2400.9,81.10^{-3}$ = 7,53 kN/m
7. dinding = $4,5.250.9,81.10^{-3}$ = 11,00 kN/m

W_D = 36,57 kN/m

b. Beban hidup tiap m^1

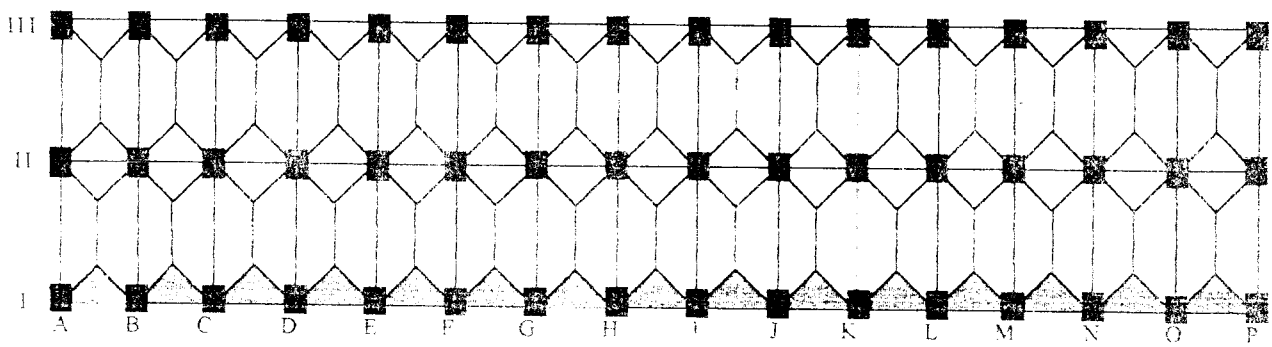
Beban hidup ekivalen, $q_{eh} = 3,7366.0,75.250.9,81.10^{-3} = 6,87$ kN/m



Gambar 5.7 Beban mati dan baban hidup portal E

5.5.2 Beban merata ekivalen portal arah X

a. Portal I



Gambar 5.8 Pembagian beban merata portal I

$q_{eq} = 2/3.a$

$a = ½.q.L_x = ½.q.4$

$q_{eq} = 2/3.1/2.q.4 = 1,3333.q$

1. Beban gravitasi pada balok atap

   a. Beban mati tiap m^1

      1. plat $= 1,3333.1.0,12.2400.9,81.10^{-3} = 3,77$ kN.m
      2. plafon $= 1,3333.1.18.9,81.10^{-3} = 0,235$ kN.m
      3. balok arah x $= 0,3.0,5.2400.9,81.10^{-3} = 3,53$ kN.m

      $W_D = 7,54$ kN.m

   b. Beban hidup tiap m^1

      1.beban hidup ekivalen, $W_D = 1,3333.0,75.100.9,81.10^{-3} = 0,981$ kN/m

2. Beban gravitasi pada balok lantai 2 sampai 9

   a. Beban mati tiap m^1

      1. plat $= 1,3333.1.0,14.2400.9,81.10^{-3} = 4,39$ kN.m
      2. plafon $= 1,3333.1.18.9,81.10^{-3} = 0,235$ kN.m
      3. spesi $= 1,3333.1.2.21.9,81.10^{-3} = 0,549$ kN.m
      4. pasir $= 1,3333.1.0,03.1600.9,81.10^{-3} = 0,628$ kN.m
      5. tegel $= 1,3333.1.2.24.9,81.10^{-3} = 0,628$ kN.m
      6. balok arah x $= 0,3.0,5.2400.9,81.10^{-3} = 3,53$ kN.m
      7. dinding $= 3,75.0,5.250.9,81.10^{-3} = 4,60$ kN.m

      $W_D = 14,56$ kN.m

   b. Beban hidup tiap m^1

      Beban hidup ekivalen, $q_{eh} = 1,3333.0,75.250.9,81.10^{-3} = 2,45$ kN.m

3. Beban gravitasi pada balok lantai 1

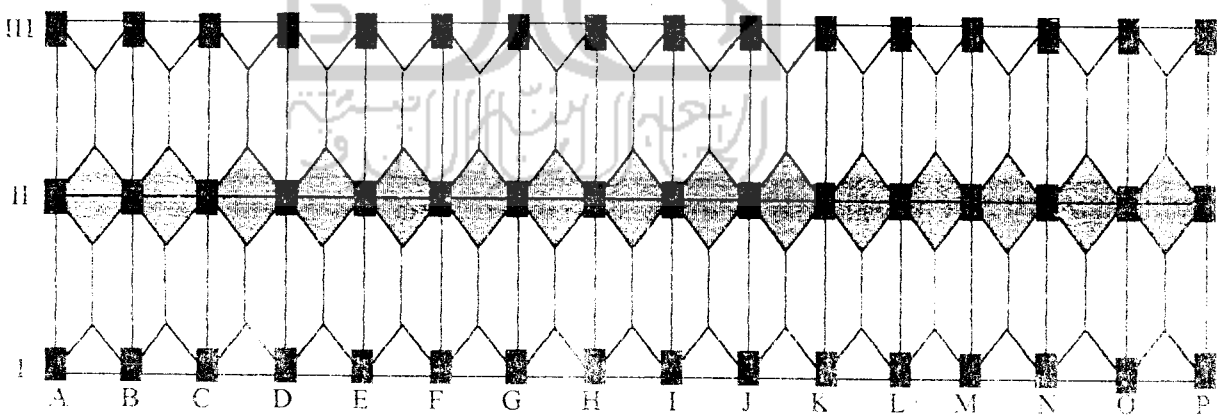
a. Beban mati tiap m^1

1. plat	$= 1,3333.1.0,14.2400.9,81.10^{-3}$	=	4,39 kN/m
2. plafon	$= 1,3333.1.18.9,81.10^{-3}$	=	0,235 kN/m
3. spesi	$= 1,3333.1.2.21.9,81.10^{-3}$	=	0,549 kN/m
4. pasir	$= 1,3333.1.0,03.1600.9,81.10^{-3}$	=	0,628 kN/m
5. tegel	$= 1,3333.1.2.24.9,81.10^{-3}$	=	0,628 kN/m
6. balok arah x	$= 0,3.0,5.2400.9,81.10^{-3}$	=	3,53 kN/m
7. dinding	$= 4,5.0,5.250.9,81.10^{-3}$	=	5,52 kN/m
	W_D	=	15,48 kN/m

b. Beban hidup tiap m^1

Beban hidup ekivalen, $q_{eh} = 1,3333.0,75.250.9,81.10^{-3} = 2,45$ kN/m

b.Portal II



Gambar 5.9 Pembagian beban merata portal II

$q_{eq} = 2.1,3333q = 2,6667q$

1. Beban gravitasi pada balok atap

   a. Beban mati tiap m^1

      1. plat $= 2,6667.1.0,12.2400.9,81.10^{-3} = 7,53$ kN/m
      2. plafon $= 2,6667.1.18.9,81.10^{-3} = 0,471$ kN/m
      3. balok arah x $= 0,3.0,5.2400.9,81.10^{-3} = 3,53$ kN/m

      $W_D = 11,53$ kN/m

   b. Beban hidup tiap m^1

      1.beban hidup ekivalen, $q_e = 2,6667.0,75.100.9,81.10^{-3} = 1,96$ kN/m

2. Beban gravitasi pada balok lantai 2 sampai 9

   a. Beban mati tiap m^1

      1. plat $= 2,6667.1.0,14.2400.9,81.10^{-3} = 8,79$ kN/m
      2. plafon $= 2,6667.1.18.9,81.10^{-3} = 0,471$ kN/m
      3. spesi $= 2,6662.1.2.21.9,81.10^{-3} = 1,10$ kN/m
      4. pasir $= 2,6667.1.0,03.1600.9,81.10^{-3} = 1,26$ kN/m
      5. tegel $= 2,6667.1.2.24.9,81.10^{-3} = 1,26$ kN/m
      6. balok arah x $= 0,3.0,5.2400.9,81.10^{-3} = 3,53$ kN/m
      7. dinding $= 3.75.250.9,81.10^{-3} = 9,19$ kN/m

      $W_D = 25,60$ kN/m

   b. Beban hidup tiap m^1

      Beban hidup ekivalen, $W_h = 2,6667.0,75.250.9,81.10^{-3} = 4,91$ kN/m

3. Beban gravitasi pada balok lantai 1

a. Beban mati tiap m^1

1. plat = $2,6667.1.0,14.2400.9,81.10^{-3}$ = 8,79 kN/m

2. plafon = $2,6667.1.18.9,81.10^{-3}$ = 0,471 kN/m

3. spesi = $2,6662.1.2.21.9,81.10^{-3}$ = 1,10 kN/m

4. pasir = $2,6667.1.0,03.1600.9,81.10^{-3}$ = 1,26 kN/m

5. tegel = $2,6667.1.2.24.9,81.10^{-3}$ = 1,26 kN/m

6. balok arah x = $0,3.0,5.2400.9,81.10^{-3}$ = 3,53 kN/m

7. dinding = $4,5.250.9,81.10^{-3}$ = 11,04 kN/m

W_D = 27,4 kN/m

b Beban hidup tiap m^1

Beban hidup ekivalen, q_{eq} = $2,6667.0,75.2509,81.10^{-3}$ = 4,91 kN/m

Tabel 5.6 Momen Rencana Balok Portal As-E

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
1	935	0.000	-79.21	-15.686	-6.129	-952.072	-120.1496	-76.8051	-65.7729	-928.154	785.576	-101.959	-89.0878	-1095.2	904.1524	904.15238	-1095.1988
		3.125	70.61	12.989	0.983	96.28	105.5144	64.4337	62.6643	150.201	-23.103	85.40149	83.33719	185.4633	-16.7247	185.46334	-23.103
		6.250	-136.699	-25.426	8.095	1144.632	-204.7204	-115.744	-130.315	907.1397	-1153.2	-155.057	-172.057	1038.307	-1365.42	1038.3067	-1365.4205
	951	2.750	-136.689	-25.424	8.095	1144.394	-204.7052	-115.735	-130.306	-1152.97	906.935	-155.045	-172.045	-1365.16	1038.069	1038.0689	-1365.1566
		5.875	70.611	12.989	0.983	-96.427	105.5156	64.4346	62.6652	-23.2344	150.334	85.40254	83.33824	-16.878	185.6187	185.61874	-23.2344
		9.000	-79.218	-15.688	-6.129	951.541	-120.1624	-76.8123	-65.7801	785.0907	-927.683	-101.969	-89.0978	903.5849	-1094.65	903.58485	-1094.6513
2	967	0.000	-95.033	-18.281	-0.772	-955.704	-143.2892	-86.2245	-84.8349	-945.663	774.604	-114.992	-113.37	-1117.67	889.3083	889.30826	-1117.6701
		3.125	62.439	12.36	0.346	55.586	94.7028	56.5065	55.8837	106.2225	6.1677	75.65775	74.93115	133.6598	16.92915	133.65975	6.1677
		6.250	-119.542	-24.088	1.463	1066.876	-181.9912	-106.271	-108.905	852.6006	-1067.78	-142.952	-146.025	975.7314	-1264.71	975.7314	-1264.7082
	983	2.750	-119.533	-24.087	1.463	-1066.637	-181.9788	-106.263	-108.896	-1067.55	852.394	-142.942	-146.014	-1264.45	975.4907	975.49069	-1264.447
		5.875	62.439	12.36	0.346	-55.743	94.7028	56.5065	55.8837	6.0264	106.364	75.65775	74.93115	16.7643	133.8246	133.8246	6.0264
		9.000	-95.041	-18.283	-0.772	955.151	-143.302	-86.2317	-84.8421	774.099	-945.173	-115.002	-113.38	888.7176	-1117.1	888.71764	-1117.0995
3	999	0.000	-89.703	-17.335	-0.176	-808.322	-135.3796	-80.8911	-80.5743	-808.223	646.757	-108.024	-107.655	-956.578	740.8986	740.89864	-956.57756
		3.125	64.175	12.651	0.215	60.077	97.2516	57.951	57.564	111.8268	3.6882	77.57216	77.12066	140.4273	14.26556	140.42726	3.6882
		6.250	-121.4	-24.453	0.606	928.476	-184.8048	-108.715	-109.805	726.3684	-944.888	-146.09	-147.363	828.1731	-1121.63	828.17306	-1121.6265
	1015	2.750	-121.392	-24.452	0.606	-928.244	-184.7936	-108.707	-109.798	-944.672	726.167	-146.081	-147.354	-1121.37	827.9387	827.93865	-1121.3738
		5.875	64.176	12.651	0.215	-60.238	97.2528	57.9519	57.5649	3.5442	111.973	77.57321	77.12171	14.09756	140.5974	140.59736	3.5442
		9.000	-89.71	-17.337	-0.176	807.767	-135.3912	-80.8971	-80.5806	646.2513	-807.729	-108.033	-107.664	740.307	-956.004	740.30693	-956.00374
4	1031	0.000	-83.853	-16.043	-3.202	-671.518	-126.2924	-78.3495	-72.5859	-679.834	528.899	-104.042	-97.3174	-805.773	604.4144	604.41439	-805.77341
		3.125	65.651	12.919	0.658	64.586	99.4516	59.6781	58.4937	117.2133	0.9585	79.79816	78.41636	146.9226	11.29196	146.92256	0.9585
		6.250	-124.299	-25.208	4.518	800.69	-189.4916	-107.803	-115.935	608.7519	-832.49	-145.621	-155.109	690.3593	-991.09	690.35925	-991.08975
	1047	2.750	-124.292	-25.207	4.518	-800.484	-189.4816	-107.797	-115.929	-832.298	608.573	-145.613	-155.101	-990.865	690.1511	690.15119	-990.86531
		5.875	65.651	12.92	0.658	-64.738	99.4532	59.6781	58.4937	0.8217	117.35	79.79895	78.41715	11.13315	147.083	147.08295	0.8217
		9.000	-83.858	-16.044	-3.202	671.007	-126.3	-78.354	-72.5904	528.4341	-679.379	-104.048	-97.3235	603.8718	-805.243	603.8718	-805.2429
5	1063	0.000	-84.772	-16.093	-4.954	-597.319	-127.4752	-80.7534	-71.8362	-613.882	461.292	-106.886	-96.4821	-728.869	525.5011	525.50111	-728.86879
		3.125	65.375	12.854	1.02	55.279	99.0164	59.7555	57.9195	108.5886	9.0864	79.83728	77.69528	136.8092	20.72333	136.80923	9.0864
		6.250	-123.931	-25.289	6.994	707.877	-189.1796	-105.243	-117.833	525.5514	-748.627	-142.699	-157.386	593.2282	-893.313	593.22821	-893.31349
	1079	2.750	-123.925	-25.288	6.993	-707.672	-189.1708	-105.239	-117.826	-748.437	525.372	-142.693	-157.378	-893.091	593.0201	593.02005	-893.09115
		5.875	65.376	12.854	1.02	-55.433	99.0176	59.7564	57.9204	8.9487	108.728	79.83833	77.69633	20.56268	136.972	136.97198	8.9487
		9.000	-84.777	-16.094	-4.954	596.806	-127.4828	-80.7579	-71.8407	460.8261	-613.425	-106.892	-96.4882	524.9564	-728.336	524.95643	-728.33618
6	1095	0.000	-81.321	-15.346	-6.167	-507.389	-122.1388	-78.7392	-67.6386	-529.839	383.461	-103.947	-90.9967	-630.23	435.2864	435.28643	-630.23048
		3.125	66.249	13.011	1.258	52.968	100.3164	60.7563	58.4919	107.2953	11.9529	81.12851	78.48671	135.424	24.19121	135.42401	11.9529
		6.250	125.633	-25.721	8.802	613.325	-191.8132	-105.256	-120.884	438.9228	-665.062	-143.054	-161.286	491.8213	-796.161	491.82131	-796.16119

Tabel 5.6 Momen Rencana Balok Portal As-E

LANT	ELT	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2 MD+1,6ML	0,9MD+ ME				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
6	1111	2.750	-125.628	-25.72	8.682	-613.126	-191.9056	-105.251	-120.879	-664.879	438.748	-143.048	-161.28	-795.946	491.6184	491.6184	-795.9462
		5.875	86.25	13.011	1.258	-53.118	100.3176	80.7572	58.4928	11.8188	107.431	81.12956	78.48776	24.03476	135.5826	135.58256	11.8188
		9.000	-81.326	-15.347	-6.167	506.89	-122.1464	-78.7437	-67.6431	383.0076	-529.394	-103.953	-91.0027	434.7564	-629.713	434.75644	-629.71256
7	1127	0.000	-78.221	-14.667	-6.258	-428.15	-117.3324	-76.0311	-64.7667	-455.734	314.936	-100.253	-87.1114	-543.24	355.8752	355.87519	-543.23981
		3.125	66.926	13.128	1.311	50.708	101.316	61.4133	59.0535	105.8706	14.5962	81.98715	79.23405	133.854	27.3672	133.854	14.5962
		6.250	-127.38	-26.167	8.88	529.566	-194.7232	-106.65	-122.634	361.9674	-591.251	-145.032	-163.68	401.6888	-710.4	401.68879	-710.39981
	1143	2.750	-127.375	-26.166	8.88	-529.388	-194.7156	-106.646	-122.63	-591.087	361.812	-145.025	-163.673	-710.207	401.5079	401.50793	-710.20688
		5.875	66.927	13.128	1.311	-50.844	101.3172	61.4142	59.0544	14.4747	105.994	81.9882	79.2351	27.22545	133.9979	133.99785	14.4747
		9.000	-78.224	-14.668	-6.258	427.7	-117.3376	-76.0338	-64.7694	3'4.5284	-455.332	-100.257	-87.1154	355.3988	-542.771	355.39875	-542.77125
8	1159	0.000	-70.635	-13.209	-5.465	-347.347	-105.8964	-68.49	-58.653	-376.184	249.041	-90.3071	-78.8306	-449.283	280.1455	280.14551	-449.28319
		3.125	68.821	13.471	1.271	52.883	104.1388	63.0828	60.795	109.5336	14.3442	84.20501	81.53591	138.3976	27.34331	138.39761	14.3442
		6.250	-131.175	-26.94	8.007	453.113	-200.514	-110.851	-125.264	289.7442	-525.859	-150.542	-167.356	316.8197	-634.718	316.81965	-634.71765
	1175	2.750	-131.171	-26.939	8.007	-452.911	-200.5076	-110.848	-125.26	-525.674	289.566	-150.537	-167.351	-634.501	316.6125	316.61254	-634.50056
		5.875	68.822	13.471	1.271	-53.025	104.14	63.0837	60.7959	14.2173	109.662	84.20606	81.53696	27.19526	138.5478	138.54776	14.2173
		9.000	-70.638	-13.209	-5.465	346.86	-105.9	-68.4927	-58.6557	248.5998	-375.748	-90.3102	-78.8337	279.631	-448.775	279.63101	-448.77499
9	1191	0.000	-58.279	-10.48	-8.629	-279.098	-86.7028	-60.2172	-44.685	-303.639	198.737	-78.5064	-60.3855	-362.499	223.607	223.60695	-362.49885
		3.125	71.853	14.121	1.743	56.775	108.8172	66.2364	63.099	115.7652	13.5702	88.39609	84.73579	146.1797	26.95219	146.17969	13.5702
		6.250	-137.469	-28.368	12.115	392.649	-210.3516	-112.819	-134.626	229.662	-477.106	-153.962	-179.403	245.5992	-578.964	245.5992	-578.9637
	1207	2.750	-137.466	-28.367	12.115	-392.899	-210.3464	-112.816	-134.623	-477.329	229.89	-153.958	-179.399	-579.222	245.8656	245.86564	-579.22226
		5.875	71.853	14.121	1.743	-56.663	108.8172	66.2364	63.099	13.671	115.664	88.39609	84.73579	27.06979	146.0621	146.06209	13.671
		9.000	-58.281	-10.48	-8.629	279.574	-86.7052	-60.219	-44.6868	199.1637	-304.07	-78.5085	-60.3876	224.1047	-363.001	224.10465	-363.00075
10	1223	0.000	-21.715	-3.124	-7.85	-166.262	-31.0564	-26.6085	-12.4785	-169.179	130.092	-33.5034	-17.0184	-199.836	149.3142	149.3142	-199.836
		3.125	41.721	5.7	1.696	79.294	59.1852	39.0753	36.0225	108.9135	-33.8157	50.0766	46.515	131.5545	-34.9629	131.5545	-34.9629
		6.250	-78.047	-11.844	11.242	324.851	-112.6068	-60.1245	-80.3601	222.1236	-362.608	-79.4724	-103.081	249.8171	-432.37	249.81705	-432.37005
	1239	2.750	-78.044	-11.843	11.242	-325.298	-112.6016	-60.1218	-80.3574	-363.008	222.529	-79.4685	-103.077	-432.835	250.2903	250.29034	-432.83546
		5.875	41.721	5.7	1.696	-79.069	59.1852	39.0753	36.0225	-33.6132	108.711	50.0766	46.515	-34.7267	131.3183	131.31825	-34.72665
		9.000	-21.717	-3.124	-7.85	167.16	-31.0588	-26.6103	-12.4803	130.8987	-169.989	-33.5055	-17.0205	150.255	-200.781	150.255	-200.781
BAL. PON	1300	0.000	22.315	-0.173	0.096	-70.328	26.5012	20.1699	19.9971	-43.2117	83.3787	23.39531	23.19371	-50.5499	97.13891	97.138913	-50.549888
		3.125	-12.816	-0.043	0.024	-2.401	-15.448	-11.5128	-11.556	-13.6953	-9.3735	-13.4655	-13.5159	-16.0117	-10.9696	-9.3735	-16.011713
		6.250	25.629	0.086	-0.048	65.525	30.8924	23.0229	23.1093	82.0386	-35.9064	26.92778	27.02858	95.77943	-41.8231	95.779425	-41.823075
	1316	2.750	25.629	0.086	-0.048	-65.505	30.8924	23.0229	23.1093	-35.0884	82.0206	26.92778	27.02858	-41.8021	95.75843	95.758425	-41.802075
		5.875	-12.816	-0.043	0.024	2.391	-15.448	-11.5128	-11.556	-9.3825	-13.6863	-13.4655	-13.5159	-10.9801	-16.0012	-9.3825	-16.001213
		9.000	22.314	-0.173	0.096	70.287	26.5	20.169	19.9962	83.3409	-43.1757	23.39426	23.19266	97.09481	-50.5079	97.094813	-50.507888

Tabel 5.7 Momen Rencana Balok Portal As-F

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
1	936	0.000	-195.816	-37.997	-3.524	-528.930	-295.7744	-179.406	-173.069	-652.271	299.803	-239.23	-231.829	-790.906	319.8471	319.84706	-790.90594
		4.500	140.221	26.005	0.268	-11.526	209.8732	126.4401	125.958	1.5.8255	136.572	167.9924	167.4296	155.6087	179.8133	209.8732	115.8255
		9.000	-264.285	-49.110	4.059	505.878	-395.718	-234.203	-241.51	217.4337	-693.147	-311.911	-320.435	214.9985	-847.345	217.4337	-847.34528
	952	0.000	-264.278	-49.109	4.059	-505.685	-395.708	-234.197	-241.503	-692.967	217.266	-311.903	-320.427	-847.134	214.804	217.2663	-847.13449
		4.500	140.221	26.005	0.268	11.416	209.8732	126.4401	125.958	136.4733	115.925	167.9924	167.4296	179.6978	155.7242	209.8732	115.9245
		9.000	-195.823	-37.999	-3.524	528.518	-295.786	-179.412	-173.069	299.4255	-651.907	-239.239	-231.838	319.4055	-790.482	319.40554	-790.48226
2	968	0.000	-222.195	-43.323	5.536	-399.605	-335.9508	-194.993	-204.958	-559.62	159.669	-231.609	-273.234	-687.007	152.1636	159.669	-687.00686
		4.500	126.591	25.068	-0.244	-5.853	192.018	113.7123	114.152	108.6642	119.2	152.4054	152.9178	146.516	158.8073	192.018	108.6642
		9.000	-228.513	-45.658	-6.023	387.900	-347.2684	-211.082	-200.241	143.4483	-554.772	-282.218	-269.57	131.4007	-683.189	143.4483	-683.18933
	984	0.000	-228.508	-45.657	-6.023	-387.708	-347.2608	-211.078	-200.237	-554.594	143.28	-282.212	-269.564	-682.982	131.2051	143.28	-682.98169
		4.500	126.591	25.068	-0.244	5.738	192.018	113.7123	114.152	119.0961	108.768	152.4054	152.9178	158.6865	146.6367	192.018	108.7677
		9.000	-222.201	-43.324	5.536	399.183	-335.9596	-194.999	-204.963	159.2838	-559.246	-261.616	-273.242	151.7135	-686.571	159.2838	-686.57085
3	1000	0.000	-217.929	-42.651	6.725	-371.823	-329.7564	-190.084	-202.189	-530.777	138.505	-255.352	-269.474	-652.827	128.001	138.5046	-652.82726
		4.500	129.674	25.600	-0.379	-6.711	196.5688	116.3655	117.048	110.6667	122.747	155.9198	156.7157	149.2712	163.3643	196.5688	110.6667
		9.000	-226.614	-45.266	-7.484	358.401	-344.3624	-210.688	-197.217	118.6083	-526.514	-281.45	-265.733	102.7294	-649.913	118.6083	-649.91273
	1016	0.000	-226.609	-45.265	-7.484	-358.209	-344.3548	-210.684	-197.213	-526.336	118.44	-281.444	-265.727	-649.705	102.5338	118.44	-649.70509
		4.500	129.674	25.600	-0.379	6.592	196.5688	116.3655	117.048	122.6394	110.774	155.9198	156.7157	163.2393	149.3961	196.5688	110.7738
		9.000	-217.933	-42.652	6.725	371.393	-329.7628	-190.087	-202.192	38.114	-530.393	-255.357	-269.479	127.5446	-652.381	138.114	-652.38075
4	1032	0.000	-213.577	-41.681	7.532	-345.066	-322.982	-185.441	-198.99'	-502.779	118.34	-249.171	-264.988	-619.399	105.2397	118.3401	-619.39894
		4.500	132.674	26.183	-0.538	-6.624	201.1016	118.9224	119.891	113.445	125.368	159.3619	160.4917	152.9716	166.882	201.1016	113.445
		9.000	-224.966	-45.070	-8.608	331.819	-342.0712	-210.217	-194.722	96.1677	-501.107	-280.745	-262.669	76.70303	-620.117	96.1677	-620.11688
	1048	0.000	-224.962	-45.069	-8.608	-331.644	-342.0648	-210.213	-194.719	-500.945	96.0138	-280.74	-262.664	-619.928	76.52426	96.0138	-619.92814
		4.500	132.673	26.183	-0.538	6.511	201.1004	118.9215	119.89	125.2656	113.546	159.3609	160.4907	166.7623	153.0892	201.1004	113.5456
		9.000	-213.581	-41.682	7.532	344.665	-322.9884	-185.444	-199.002	117.9756	-502.421	-249.176	-264.993	104.8136	-618.983	117.9756	-618.98288
5	1064	0.000	-220.549	-42.947	8.345	-311.881	-333.374	-190.984	-206.005	-479.187	82.1988	-256.635	-274.159	-592.872	62.07784	82.1988	-592.87226
		4.500	132.473	26.138	-0.569	-5.541	200.7884	118.7136	119.738	114.2388	124.213	159.0829	160.2778	153.8623	165.4984	200.7884	114.2388
		9.000	-218.395	-43.895	-9.483	300.799	-332.306	-205.09	-188.021	74.1636	-467.275	-273.839	-253.925	51.95689	-579.721	74.1636	-579.72101
	1080	0.000	-218.391	-43.895	-9.483	-300.624	-332.3012	-205.087	-188.017	-467.114	74.0097	-273.835	-253.921	-579.533	51.77734	74.0097	-579.53306
		4.500	132.473	26.137	-0.569	5.427	200.7868	118.7136	119.738	124.11	114.341	159.0821	160.277	165.3779	153.9812	200.7868	114.3414
		9.000	-220.553	-42.948	8.345	311.478	-333.3804	-190.987	-206.008	81.8325	-478.828	-256.64	-274.164	61.6497	-592.454	81.8325	-592.4541
6	1096	0.000	-218.140	-42.395	8.548	-274.567	-329.6	-188.633	-204.019	-443.436	50.7843	-253.458	-271.408	-550.728	25.86229	50.7843	-550.7: 841
		4.500	134.375	26.501	-0.660	-7.430	203.6516	120.3435	121.532	114 2505	127.625	161.2703	162.6563	154.1618	169.7648	203.6516	114.2505
		9.000	-217.000	-43.721	-9.868	259.708	-330.3536	-204.181	-186.419	38.4372	-429.037	-272.642	-251.919	10.41311	-534.974	38.4372	-534.97369

Tabel 5.7 Momen Rencana Balok Portal As-F

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
6	1112	0.000	-216.997	-43.720	-9.868	-259.537	-330.3484	-204.179	-186.416	-428.881	38.286	-272.638	-251.915	-534.79	10.2375	38.286	-534.7902
		4.500	134.375	26.501	-0.660	7.318	203.6516	120.3435	121.532	127.5237	114.351	161.2703	162.6563	169.6472	154.2794	203.6516	114.3513
		9.000	-218.143	-42.396	8.548	274.172	-329.6052	-188.636	-204.022	50.4261	-443.084	-253.462	-271.412	25.4436	-550.318	50.4261	-550.3176
7	1128	0.000	-216.668	-42.032	8.564	-228.269	-327.2528	-187.294	-202.709	-400.443	10.4409	-251.609	-269.594	-500.284	-20.9192	10.4409	-500.28405
		4.500	135.988	26.810	-0.726	-9.630	206.0816	121.7358	123.043	113.7222	131.056	163.138	164.6626	153.7888	174.0118	206.0816	113.7222
		9.000	-215.245	-43.466	-10.015	209.009	-327.8396	-202.734	-184.707	-5.6124	-381.829	-270.752	-249.721	-40.7773	-479.696	-5.6124	-479.69618
	1144	0.000	-215.242	-43.465	-10.016	-208.855	-327.8344	-202.732	-184.703	-381.687	-5.7483	-270.75	-249.716	-479.531	-40.935	-5.7483	-479.53054
		4.500	135.988	26.810	-0.726	9.529	206.0816	121.7358	123.043	130.9653	113.813	163.138	164.6626	173.9057	153.8948	206.0816	113.8131
		9.000	-216.671	-42.033	8.564	227.913	-327.258	-187.296	-202.712	10.1178	-400.126	-251.613	-269.598	-21.2969	-499.914	10.1178	-499.91419
8	1160	0.000	-204.540	-39.669	7.968	-173.455	-308.9184	-176.915	-191.257	-340.196	-27.9765	-237.64	-254.373	-428.134	-63.8786	-27.9765	-428.13409
		4.500	139.980	27.564	-0.870	-5.580	212.0784	125.199	126.765	120.96	131.004	167.7722	169.5992	162.8267	174.5447	212.0784	120.96
		9.000	-219.390	-44.321	-9.708	162.294	-334.1816	-206.188	-188.714	-51.3864	-343.516	-275.456	-255.069	-94.8536	-435.671	-51.3864	-435.67099
	1176	0.000	-219.388	-44.321	-9.708	-162.112	-334.1792	-206.186	-188.712	-343.35	-51.5484	-275.454	-255.067	-435.478	-95.0426	-51.5484	-435.47779
		4.500	139.980	27.564	-0.870	5.468	212.0784	125.199	126.765	130.9032	121.061	167.7722	169.5992	174.4271	162.9443	212.0784	121.0608
		9.000	-204.542	-39.670	7.968	173.049	-308.9224	-176.917	-191.259	-28.3437	-339.832	-237.643	-254.376	-64.3078	-427.711	-28.3437	-427.71066
9	1192	0.000	-183.097	-34.812	7.327	-104.070	-275.4156	-158.193	-171.382	-258.45	-71.1243	-211.973	-227.36	-328.94	-110.393	-71.1243	-328.9398
		4.500	145.987	28.878	-0.984	-1.116	221.3892	130.5027	132.274	130.3839	132.393	174.9946	177.061	174.856	177.1996	221.3892	130.3839
		9.000	-228.818	-46.550	-9.295	101.838	-349.0616	-214.302	-197.571	-114.282	-297.59	-286.677	-267.157	-169.987	-383.847	-114.282	-383.84693
	1208	0.000	-228.817	-46.550	-9.295	-102.036	-349.0604	-214.301	-197.57	-297.768	-114.103	-286.676	-267.156	-384.054	-169.778	-114.1029	-384.053,8
		4.500	145.987	28.878	-0.984	1.208	221.3892	130.5027	132.274	132.4755	130.301	174.9946	177.061	177.2962	174.7594	221.3892	130.3011
		9.000	-183.098	-34.812	7.327	104.452	-275.4168	-158.194	-171.383	-70.7814	-258.795	-211.974	-227.361	-109.993	-329.342	-70.7814	-329.34195
10	1224	0.000	-88.828	-14.567	4.962	-38.906	-129.9008	-75.4794	-84.411	-114.961	-44.9298	-99.5308	-109.951	-145.592	-63.8896	-44.9298	-145.59221
		4.500	88.661	12.796	-1.547	0.499	126.8668	78.4026	81.1872	80.244	79.3458	101.5466	104.7953	103.6949	102.647	126.8668	78.4026
		9.000	-113.740	-14.517	-8.057	39.904	-159.7152	-109.617	-95.1147	-66.4524	-138.28	-139.319	-122.399	-88.9599	-172.758	-66.4524	-172.75834
	1240	0.000	-113.739	-14.517	-8.057	-40.294	-159.714	-109.616	-95.1138	-138.63	-66.1005	-139.318	-122.398	-173.167	-88.5494	-66.1005	-173.16679
		4.500	88.661	12.796	-1.547	-0.304	126.8668	78.4026	81.1872	79.5213	80.0685	101.5466	104.7953	102.8517	103.4901	126.8668	78.4026
		9.000	-88.829	-14.567	4.962	39.685	-129.902	-75.4803	-84.4119	-44.2296	-115.663	-99.5319	-109.952	-63.0727	-146.411	-44.2296	-146.41121
BAL. PON	1301	0.000	48.213	-0.214	0.014	-50.684	57.5132	43.4043	43.3791	-2.2239	89.0073	50.46983	50.44043	-2.76308	103.6733	103.67333	-2.763075
		4.500	-26.089	-0.054	0.004	-0.053	-31.3932	-23.4765	-23.4837	-23.5278	-23.4324	-27.4318	-27.4402	-27.4916	-27.3803	-23.4324	-31.3932
		9.000	52.175	0.107	-0.007	50.578	62.7812	46.9512	46.9638	92.4777	1.4373	54.86066	54.87536	107.9749	1.761112	107.97491	1.4373
	1317	0.000	52.176	0.107	-0.007	-50.564	62.7824	46.9521	46.9647	1.4508	92.466	54.86171	54.87641	1.776863	107.9613	107.96126	1.4508
		4.500	-26.089	-0.054	0.004	0.046	-31.3932	-23.4765	-23.4837	-23.4387	-23.5215	-27.4318	-27.4402	-27.3877	-27.4843	-23.4387	-31.3932
		9.000	48.212	-0.215	0.014	50.656	57.5104	43.4034	43.3782	88.9812	-2.1996	50.46799	50.43859	103.6421	-2.73551	103.64209	-2.7355125

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
	496	0	22.655	2.038	-622.627	7.144	30.4468	-539.9748	580.7538	26.8191	13.9599	-628.366	679.151	32.8939	17.89148	679.151	-628.3657
		2	-21.659	-3.956	-47.328	0.709	-32.3204	-62.0883	23.1021	-18.855	-20.1312	-75.5517	23.8371	-25.1129	-26.6018	23.8371	-75.5517
		4	43.627	9.691	527.971	-5.725	67.858	514.4382	-435.91	34.1118	44.4168	607.8096	-500.93	47.4288	59.45126	607.8096	-500.9295
	497	0	37.729	6.964	-486.091	15.353	56.4172	-403.5258	471.438	47.7738	20.1384	-465.296	555.495	61.2203	28.97895	555.4952	-465.296
		2	-17.333	-2.911	3.843	1.148	-25.4572	-12.141	-19.0584	-14.5665	-16.6329	-16.4569	-24.5272	-19.2867	-21.6975	-12.141	-25.4572
		4	37.205	6.853	493.778	-13.058	55.6108	477.8847	-410.916	31.7323	45.2367	562.9289	-474.005	30.7511	58.17289	562.9289	-474.0049
	498	0	39.049	7.026	-493.222	31.293	58.1004	-408.7557	479.0439	63.3078	6.9804	-471.349	564.418	79.3921	13.67678	564.4175	-471.3487
		2	-16.218	-2.869	-7.85	2.053	-24.052	-21.6612	-7.5312	-12.7485	-16.4439	-27.5307	-11.0457	-17.1326	-21.4439	-7.5312	-27.53074
		4	38.115	6.877	477.523	-27.186	56.7412	464.0742	-395.467	9.8361	58.7709	546.8355	-455.963	18.8911	73.98109	546.8355	-455.9628
	499	0	57.278	10.502	-565.186	68.394	85.5368	-457.1172	560.2176	113.1048	-10.0044	-525.033	661.858	140.226	-3.40148	661.8575	-525.0331
		2	-20.532	-3.704	64.169	-4.252	-30.5648	39.2733	-76.2309	-22.3056	-14.652	42.90195	-91.853	-28.9401	-20.0109	42.90195	-91.85295
		4	11.257	1.73	693.524	-76.898	16.2764	634.3029	-614.04	-59.0769	79.3395	741.3824	-715.018	-67.5607	93.92513	741.3824	-715.018
	500	0	11.19	1.695	-692.996	-73.117	16.14	-613.6254	633.7674	-55.7343	75.8763	-714.561	740.73	-63.6885	89.85716	740.7301	-714.5615
		2	-20.549	-3.711	-64.375	-3.908	-30.5964	-76.4316	39.4434	-22.0113	-14.9769	-92.0926	43.0949	-28.6023	-20.3955	43.09489	-92.09261
		4	57.311	10.523	564.246	65.301	85.31	559.4013	-456.242	110.3508	-7.191	660.9217	-523.995	137.029	-0.10264	660.9217	-523.9949
1	501	0	37.98	6.822	-474.94	-23.805	56.4912	-393.264	461.628	12.7575	55.6065	-453.436	543.938	20.2561	70.24658	543.9383	-453.4357
		2	-16.24	-2.887	7.056	2.094	-24.1072	-8.2656	-20.9664	-12.7314	-16.5006	-11.9167	-26.7343	-17.1268	-21.5242	-8.2656	-26.73431
		4	39.14	7.045	489.053	27.992	58.24	475.3737	-404.922	60.4188	10.0332	560.1506	-466.861	76.0365	17.25334	560.1506	-466.8607
	502	0	36.803	6.594	-494.26	-8.576	54.714	-411.7113	477.9567	25.4043	40.8411	-475.137	562.809	34.8311	52.84073	562.8089	-475.1371
		2	-18.038	-3.23	-0.621	1.309	-26.8136	-16.7931	-15.6753	-15.0561	-17.4123	-22.1356	-20.8315	-20.1091	-22.858	-15.0561	-26.8136
		4	36.722	6.585	493.018	11.194	54.6024	476.766	-410.666	43.1244	22.9752	561.4127	-473.925	55.4975	31.99009	561.4127	-473.9251
	503	0	36.569	6.553	-491.432	0.968	54.3676	-409.3767	475.2009	33.7833	32.0409	-472.446	559.562	44.5743	42.54154	559.5615	-472.4457
		2	-18.231	-3.267	-0.085	0.97	-27.1044	-16.4844	-16.3314	-15.5349	-17.2809	-21.8046	-21.6231	-20.6968	-22.7338	-15.5349	-27.1044
		4	36.569	6.553	491.261	0.973	54.3676	475.047	-409.223	33.7878	32.0364	559.382	-472.266	44.5796	42.53629	559.382	-472.2661
	504	0	36.722	6.585	-492.224	11.19	54.6024	-409.9518	476.0514	43.1208	22.9788	-473.091	560.579	55.4933	31.99429	560.579	-473.0914
		2	-18.038	-3.23	0.447	1.309	-26.8136	-15.8319	-16.6365	-15.0561	-17.4123	-21.0142	-21.9529	-20.1091	-22.858	-15.0561	-26.8136
		4	36.803	6.594	493.117	-8.572	54.714	476.928	-410.683	25.4079	40.8375	561.6088	-473.937	34.8353	52.83653	561.6088	-473.9369
	505	0	39.14	7.045	-487.317	27.995	58.24	-403.3593	473.8113	60.4215	10.0305	-465.038	558.328	76.0397	17.25019	558.3278	-465.0379
		2	-16.24	-2.887	-7.186	2.094	-24.1072	-21.0834	-8.1486	-12.7314	-16.5006	-26.8708	-11.7802	-17.1268	-21.5242	-8.1486	-26.87081
		4	37.98	6.822	472.946	-23.806	56.4912	459.8334	-391.469	12.7566	55.6074	541.8446	-451.342	20.255	70.24763	541.8446	-451.342
	506	0	57.314	10.523	-561.102	65.317	85.6136	-453.4092	556.5744	110.3679	-7.2027	-520.691	657.624	137.049	-0.11629	657.6237	-520.6905
		2	-20.55	-3.711	63.779	-3.909	-30.5976	38.9061	-75.8961	-22.0131	-14.9769	42.46804	-91.4679	-28.6044	-20.3955	42.46804	-91.46786
		4	11.187	1.695	688.66	-73.135	16.1364	629.8623	-609.726	-55.7532	75.8898	736.1742	-710.012	-63.7106	89.87291	736.1742	-710.0118

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
1	507	0	11.254	1.73	-688.476	-76.917	16.2728	-609.4998	629.757	-59.0967	79.3539	-709.721	736.079	-67.5838	93.94193	736.0789	-709.7207
		2	-20.533	-3.704	-63.908	-4.253	-30.566	-75.9969	39.0375	-22.3074	-14.652	-91.58	42.6269	-28.9422	-20.0109	42.62685	-91.57995
		4	57.28	10.503	560.66	68.412	85.5408	556.146	-453.042	113.1228	-10.0188	657.1081	-520.278	140.248	-3.41749	657.1081	-520.2779
	508	0	38.115	6.877	-472.988	-27.189	56.7412	-391.3857	459.9927	9.8334	58.7736	-451.201	542.074	16.8879	73.98484	542.0738	-451.201
		2	-16.218	-2.869	7.622	2.054	-24.052	-7.7364	-21.456	-12.7476	-16.4448	-11.2851	-27.2913	-17.1315	-21.4449	-7.7364	-27.29134
		4	39.049	7.026	488.232	31.297	58.1004	474.5529	-404.265	63.3114	6.9768	559.178	-466.109	79.3963	13.67258	559.178	-466.1092
	509	0	37.205	6.853	-488.203	-13.056	55.6108	-405.8982	472.8672	21.7341	45.2349	-468.151	557.075	30.7532	58.17079	557.0751	-468.1512
		2	-17.333	-2.911	-3.975	1.148	-25.4572	-19.1772	-12.0222	-14.5665	-16.6329	-24.6658	-16.3183	-19.2867	-21.6975	-12.0222	-25.4572
		4	37.729	6.964	480.254	15.352	56.4172	466.1847	-398.273	47.7729	20.1393	549.3663	-459.167	61.2192	28.98	549.3663	-459.1671
	510	0	43.627	9.691	-521.032	-5.724	67.858	-429.6645	508.1931	34.1127	44.4159	-493.644	600.524	47.4298	59.45021	600.5236	-493.6436
		2	-21.659	-3.956	46.45	0.709	-32.3204	22.3119	-61.2981	-18.855	-20.1312	22.9152	-74.6293	-25.1129	-26.6018	22.9152	-74.6298
		4	22.655	2.038	613.931	7.142	30.4468	572.9274	-532.148	26.8173	13.9617	670.0202	-619.235	32.8918	17.89358	670.0202	-619.2349
2	541	0	20.277	0.939	-429.259	1.256	25.8348	-368.0838	404.5824	1148.649	-1112.15	-428.692	472.752	1340.83	-1296.77	1340.83	-1296.77
		2	-19.608	-3.742	-27.805	9.247	-29.6168	-42.6717	7.3773	-9.3249	-25.9695	-52.7305	5.66003	-13.8259	-33.2446	7.3773	-52.73048
		4	42.908	11.216	373.649	0.903	69.4352	374.9013	-297.667	39.4299	37.8045	446.2175	-338.445	54.8342	52.93785	446.2175	-338.4455
	542	0	34.332	6.699	-376.025	-7.441	51.9168	-307.5237	369.3213	24.2019	37.5957	-353.502	436.15	33.511	49.13711	436.1503	-353.5022
		2	-16	-2.834	-1.312	19.678	-23.7344	-15.5808	-13.2192	3.3102	-32.1102	-20.4094	-17.6542	1.63013	-39.6937	3.3102	-39.69368
		4	36.067	7.273	373.4	1.353	54.9172	368.5203	-303.6	33.678	31.2426	435.6678	-348.472	45.0185	42.17719	435.6678	-348.4722
	543	0	39.54	7.633	-377.68	-16.972	59.6608	-304.326	375.498	20.3112	50.8608	-348.036	444.092	29.7074	65.34859	444.092	-349.036
		2	-14.242	-2.702	-2.279	38.157	-21.4136	-14.8689	-10.766	21.5235	-47.1591	-19.4749	-14.689	22.9829	-57.1468	22.98293	-57.14678
		4	34.375	6.604	373.122	1.465	51.8164	366.7473	-304.872	32.256	29.619	433.0725	-350.484	42.8327	39.75615	433.0725	-350.4837
	544	0	69.233	13.267	-412.139	-35.227	104.3068	-308.6154	433.2348	30.6054	94.014	-349.604	515.888	46.1541	120.1308	515.8884	-349.6035
		2	-20.243	-3.88	35.467	55.989	-30.4996	13.7016	-50.139	32.1714	-68.6088	12.9297	-61.551	34.4778	-83.0991	34.4778	-83.0991
		4	-7.32	-1.387	483.074	-4.159	-11.0032	428.1786	-441.355	-10.3311	-2.8449	498.4494	-516.006	-13.1452	-4.41131	498.4494	-516.006
	545	0	-7.529	-1.398	-482.27	-64.307	-11.2716	-440.8191	427.2669	-64.6524	51.1002	-515.39	497.377	-76.5287	58.51598	497.3771	-515.3899
		2	-20.27	-3.883	-35.778	-59.301	-30.5368	-50.4432	13.9572	-71.6139	35.1279	-61.9083	13.2255	-86.6074	37.92469	37.92469	-86.60741
		4	69.39	13.271	410.714	-3.713	104.5016	432.0936	-307.192	59.1093	65.7927	514.5601	-347.939	79.4118	87.20906	514.5601	-347.9393
	546	0	34.144	6.562	-370.796	51.874	51.472	-302.9868	364.446	77.4162	-15.957	-348.317	430.355	95.4865	-13.4489	430.3546	-348.317
		2	-14.34	-2.752	2.008	-30.723	-21.6112	-11.0988	-14.7132	-40.5567	14.7447	-15.1158	-19.3326	-49.4834	15.03495	15.03495	-49.48335
		4	39.575	7.574	374.813	1.519	59.6084	372.9492	-301.714	36.9846	34.2504	441.0719	-346.035	49.1132	45.92333	441.0719	-346.0354
	547	0	34.699	6.656	-369.716	33.762	52.2884	-301.5153	363.9735	61.6149	0.8433	-346.526	429.877	77.1257	6.22545	429.8774	-346.5263
		2	-16.637	-3.191	0.269	-11.082	-25.07	-14.7312	-15.2154	-24.9471	-4.9995	-19.6993	-20.2642	-31.6179	-8.34566	-4.9995	-31.6178
		4	34.428	6.601	370.254	1.552	51.8752	364.2138	-302.243	32.382	29.5884	430.1144	-347.419	42.9773	39.71809	430.1144	-347.419

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
2	548	0	34.178	6.556	-369.852	14.186	51.5032	-302.1066	363.627	43.5276	17.9928	-347.295	429.394	55.9451	26.15445	429.3944	-347.2949
		2	-17.022	-3.264	-0.092	1.224	-25.6488	-15.4026	-15.237	-14.2182	-16.4214	-20.5401	-20.3469	-19.1583	-21.7287	-14.2182	-25.6488
		4	34.178	6.556	369.667	1.228	51.5032	363.4605	-301.94	31.8654	29.655	429.2001	-347.101	42.3392	39.76035	429.2001	-347.1006
	549	0	34.428	6.601	-369.404	1.232	51.8752	-301.4784	363.4488	32.094	29.8764	-346.527	429.222	42.6413	40.05409	429.2219	-346.5265
		2	-16.637	-3.191	-0.451	14.18	-25.07	-15.3792	-14.5674	-2.2113	-27.7353	-20.4553	-19.5082	-5.09276	-34.8708	-2.2113	-34.87076
		4	34.699	6.656	368.501	1.553	52.2884	362.88	-300.422	32.6268	29.8314	428.6016	-345.251	43.3062	40.0449	428.6016	-345.2505
	550	0	39.576	7.574	-372.906	-11.075	59.6096	-299.997	371.2338	25.6509	45.5859	-344.032	439.071	35.8906	59.14808	439.0706	-344.032
		2	-14.34	-2.752	-2.171	33.765	-21.6112	-14.8599	-10.9521	17.4825	-43.2945	-19.5038	-14.9447	18.2291	-52.6775	18.22905	-52.67745
		4	34.144	6.562	368.563	1.52	51.472	362.4363	-300.977	32.0976	29.3616	428.0099	-345.972	42.6148	39.42278	428.0099	-345.9724
	551	0	69.394	13.272	-407.436	-30.724	104.508	-304.2378	429.147	34.803	90.1062	-344.492	511.123	51.0552	115.5756	511.1232	-344.4924
		2	-20.27	-3.883	35.226	51.894	-30.5368	13.4604	-49.9464	28.4616	-64.9476	12.64594	-61.3287	30.1473	-78.8301	30.14734	-78.83006
		4	-7.534	-1.399	477.887	-3.714	-11.2792	423.3177	-436.879	-10.1232	-3.438	492.7689	-510.794	-12.9121	-5.11271	492.7689	-510.7938
	552	0	-7.324	-1.388	-477.865	-59.322	-11.0096	-436.6701	423.4869	-9.9814	46.7982	-510.542	492.975	-71.0714	53.50485	492.975	-510.5415
		2	-20.243	-3.88	-35.28	-64.33	-30.4996	-49.9707	13.5333	-76.1157	39.6783	-61.3547	12.7334	-91.8572	43.23585	43.23585	-91.85715
		4	69.237	13.268	407.306	-4.16	104.3132	428.8887	-304.262	58.5693	66.0573	510.8187	-344.524	78.7794	87.5154	510.8187	-344.5239
	553	0	34.375	6.604	-368.119	56.01	51.8164	-300.3696	362.2446	81.3465	-19.4715	-345.231	427.819	100.105	-17.5161	427.8194	-345.2306
		2	-14.242	-2.702	2.056	-35.23	-21.4136	-10.9674	-14.6682	-44.5248	18.8892	-14.9231	-19.2407	-54.0734	19.90958	19.90958	-54.07343
		4	39.541	7.633	372.23	1.466	59.662	370.5939	-299.42	36.9063	34.2675	438.3705	-343.312	49.0683	45.98974	438.3705	-343.3125
	554	0	36.067	7.273	-367.301	38.162	54.9172	-298.1106	363.0312	66.8061	-1.8855	-342.068	429.264	83.6679	3.527738	429.2639	-342.0682
		2	-16	-2.834	1.115	-16.969	-23.7344	-13.3965	-15.4035	-29.6721	0.8721	-17.861	-20.2025	-36.8492	-1.21433	0.8721	-36.84923
		4	34.332	6.699	369.532	1.353	51.9188	363.4776	-301.68	32.1165	29.6811	429.3327	-346.685	42.7447	39.90341	429.3327	-346.6845
	555	0	42.908	11.216	-366.382	19.676	69.4352	-291.1266	368.361	58.3256	20.9088	-330.815	438.587	74.5458	33.2262	438.5871	-330.8151
		2	-19.608	-3.742	26.955	-7.439	-29.5168	6.6123	-41.9067	-24.3423	-10.9521	4.767525	-51.838	-31.3462	-15.7243	6.6123	-51.83798
		4	20.277	0.939	420.291	0.903	25.8349	396.5112	-360.013	19.062	17.4366	463.3359	-419.275	22.9785	21.08216	463.3359	-419.2752
3	586	0	18.152	-0.346	-389.747	9.245	21.2288	-334.4355	367.1091	24.6573	8.0163	-390.447	428.021	28.4944	9.079875	428.0215	-390.4472
		2	-19.88	-3.798	-29.813		-29.9328	-44.7237	8.9397	-17.892	-17.892	-55.1686	7.43873	-23.8649	-23.8649	8.9397	-55.16858
		4	44.488	12.39	330.121	10.575	73.2096	337.1481	-257.07	49.5567	30.5217	403.0966	-290.158	67.5733	45.36578	403.0966	-290.1575
	587	0	34.607	6.799	-342.237	1.021	52.4068	-276.867	339.1596	32.0652	30.2274	-317.657	401.04	42.7636	40.61951	401.0404	-317.6573
		2	-15.589	-2.662	-1.436	-8.534	-22.966	-15.3225	-12.7377	21.7107	-6.3495	-19.9726	-16.957	-27.4255	-9.50408	-6.3495	-27.42548
		4	36.614	7.517	339.365	22.109	55.964	338.3811	-272.476	52.8507	13.0545	400.6976	-311.969	67.5788	21.14989	400.6976	-311.9689
	588	0	41.673	8.054	-344.751	1.363	62.894	-272.7702	347.7816	38.7324	36.279	-311.889	412.088	51.5303	48.66803	412.0877	-311.8894
		2	-13.127	-2.48	-3.581	-19.383	-19.7204	-15.0372	-8.5914	-29.259	5.6304	-19.4964	-11.9763	-36.0885	4.6158	5.6304	-36.0885
		4	34.472	6.626	337.588	39.444	51.968	334.854	-272.804	66.5244	-4.4748	395.881	-313.054	82.8298	-0.00262	395.881	-313.0538

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
3	589	0	79.933	15.286	-377.875	0.884	120.3772	-268.1478	412.0272	72.7353	71.1441	-300.801	492.736	96.8956	95.03918	492.7361	-300.8014
		2	-21.504	-4.117	40.545	-37.676	-32.392	17.1369	-55.8441	-53.262	14.5548	16.75091	-68.3936	-65.3811	13.73846	17.1369	-68.39359
		4	-20.541	-3.88	458.964	43.046	-30.8572	394.5807	-431.555	20.2545	-57.2283	457.2887	-506.536	20.5748	-69.8219	457.2887	-506.5358
	590	0	-20.526	-3.857	-458.218	-3.77	-30.8024	-430.8696	393.9228	-21.8664	-15.0804	-505.719	456.539	-28.5482	-20.6312	456.5392	-505.7186
		2	-21.512	-4.119	-40.782	-50.587	-32.4048	-56.0646	17.343	-64.8891	26.1675	-68.6524	16.9898	-78.9477	27.28504	27.28504	-78.94766
		4	79.903	15.259	376.655	-44.642	120.298	410.9022	-267.077	31.7349	112.0905	491.4024	-299.573	49.0405	142.7887	491.4024	-299.5731
	591	0	34.345	6.593	-335.382	-3.241	51.7628	-270.9333	332.7543	27.9936	33.8274	-310.897	393.405	37.8512	44.65729	393.4053	-310.8969
		2	-13.267	-2.55	3.197	38.159	-20.0004	-9.063	-14.8176	22.4028	-46.2834	-12.5816	-19.2953	24.1285	-56.0054	24.12848	-56.00543
		4	41.522	7.947	341.776	-32.354	62.5416	344.9682	-270.229	8.2512	66.4884	408.7212	-309.008	15.8847	83.82806	408.7212	-309.0084
	592	0	34.973	6.708	-336.651	0.944	52.7004	-271.5102	334.4616	32.3253	30.6261	-311.479	395.488	42.9954	41.013	395.4878	-311.4794
		2	-16.456	-3.157	0.25	34.243	-24.7984	-14.5854	-15.0354	16.0083	-45.6291	-19.5024	-20.0274	16.1902	-55.7201	16.19021	-55.72009
		4	34.516	6.618	337.152	-12.511	52.008	334.5012	-272.372	19.8045	42.3243	395.4631	-312.556	28.3169	54.59003	395.4631	-312.5561
	593	0	34.197	6.559	-336.332	1.583	51.5308	-271.9215	333.4761	32.202	29.3526	-312.077	394.221	42.7342	39.40991	394.2207	-312.0765
		2	-17.003	-3.261	-0.097	15.677	-25.6212	-15.39	-15.2154	-1.1934	-29.412	-20.523	-20.3193	-3.96034	-36.882	-1.1934	-36.88204
		4	34.197	6.559	336.137	1.361	51.5308	333.3006	-271.746	32.0022	29.5524	394.0159	-311.872	42.5011	39.64301	394.0159	-311.8718
	594	0	34.516	6.618	-336.255	1.366	52.008	-271.5651	333.6939	32.2938	29.835	-311.614	394.521	42.8878	40.01918	394.5212	-311.6143
		2	-16.456	-3.157	-0.444	1.371	-24.7984	-15.21	-14.4108	-13.5765	-16.0443	-20.2311	-19.2987	-18.3254	-21.2045	-13.5765	-24.7984
		4	34.973	6.708	335.368	15.668	52.7004	333.3069	-270.356	45.5769	17.3745	394.1406	-310.132	58.4556	25.5528	394.1406	-310.1322
	595	0	41.522	7.947	-339.769	1.583	62.5416	-268.4223	343.1619	38.7945	35.9451	-306.901	406.614	51.5185	48.19421	406.6138	-306.9011
		2	-13.266	-2.55	-3.359	-12.502	-19.9992	-14.9625	-8.9163	-23.1912	-0.6876	-19.4644	-12.4105	-29.0645	-2.81033	-0.6876	-29.06453
		4	34.346	6.593	333.052	34.243	51.764	330.6582	-268.835	61.7301	0.0927	390.9599	-308.449	77.2104	5.300137	390.9599	-308.4493
	596	0	79.909	15.26	-373.173	0.945	120.3068	-263.9376	407.7738	72.7686	71.0676	-295.91	487.753	96.914	94.92945	487.7534	-295.91
		2	-21.512	-4.119	40.133	-32.352	-32.4048	16.7589	-55.4805	-48.4779	9.756	16.30834	-67.971	-59.8009	8.138288	16.7589	-67.97096
		4	-20.533	-3.858	453.438	38.178	-30.8124	389.6145	-426.574	15.8805	-52.8399	451.5121	-500.708	15.4891	-64.6847	451.5121	-500.7077
	597	0	-20.547	-3.881	-453.29	-3.242	-30.866	-426.4533	389.4687	-21.4101	-15.5745	-500.585	451.324	-28.0347	-21.2265	451.3239	-500.5851
		2	-21.504	-4.117	-40.273	-44.662	-32.392	-55.5993	16.8921	-59.5494	20.8422	-68.108	16.4653	-72.7164	21.07376	21.07376	-72.71644
		4	79.939	15.287	372.744	-50.609	120.386	407.4147	-263.525	26.397	117.4932	487.3557	-295.407	42.835	149.1139	487.3557	-295.4067
	598	0	34.472	6.626	-332.369	-3.771	51.966	-268.1073	330.1569	27.6309	34.4187	-307.574	390.401	37.454	45.37313	390.401	-307.5739
		2	-13.127	-2.48	3.330	43.066	-19.7204	-8.8119	-14.8167	26.9451	-50.5737	-12.2336	-19.2392	29.483	-60.9557	29.48296	-60.95565
		4	41.674	8.054	339.041	-37.676	62.8952	342.6435	-267.63	3.5982	71.415	406.0933	-305.893	10.5404	89.66003	406.0933	-305.8928
	599	0	36.614	7.517	-333	0.885	55.964	-266.7474	332.6526	33.7491	32.1561	-305.286	394.014	45.2936	43.43509	394.0143	-305.2857
		2	-15.589	-2.662	1.231	39.447	-22.966	-12.9222	-15.138	21.4722	-49.5324	-17.1722	-19.7573	22.9546	-59.8841	22.95458	-59.88413
		4	34.607	6.799	335.462	-19.379	52.4068	333.0621	-270.77	13.7052	48.5874	393.9267	-310.544	21.3436	62.03951	393.9267	-310.5435

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
3	600	0	44.488	12.39	-322.68	1.363	73.2096	-250.3728	330.4512	41.2659	38.8125	-282.344	395.284	57.9007	55.03838	395.2835	-282.3445
		2	-19.88	-3.798	28.872	22.105	-29.9328	8.0928	-43.8768	2.0025	-37.7865	6.450675	-54.1805	-0.65468	-47.0752	8.0928	-54.18053
		4	18.152	-0.346	380.424	8.53	21.2288	358.7184	-326.045	8.6598	24.0138	418.2323	-380.658	9.83063	27.74363	418.2323	-380.6581
4	631	0	16.277	-1.47	-351.471	1.02	17.1804	-301.6746	330.9732	15.5673	13.7313	-353.111	384.978	17.0042	14.86223	384.9778	-353.1113
		2	-20.033	-3.821	-28.996	10.571	-30.1532	-44.1261	8.0667	-8.5158	-27.5436	-54.4895	6.40211	-12.9441	-35.1432	8.0667	-54.48949
		4	46.058	13.469	293.479	11.578	76.82	305.5833	-222.679	51.8724	31.032	367.1207	-249.185	71.1246	46.81084	367.1207	-249.1852
	632	0	34.638	6.843	-315.81	1.094	52.5144	-253.0548	315.4032	32.1588	30.1896	-289.842	373.359	42.9075	40.61006	373.3593	-289.8417
		2	-15.202	-2.5	-2.504	-9.39	-22.2424	-15.9354	-11.4282	-22.1328	-5.2308	-20.5601	-15.3017	-27.7904	-8.07135	-5.2308	-27.79035
		4	37.359	7.798	310.803	23.59	57.3076	313.3458	-246.1	54.8541	12.3921	371.711	-280.975	70.1374	20.59838	371.711	-280.9753
	633	0	43.672	8.449	-317.861	1.308	65.9248	-246.7701	325.3797	40.482	38.1276	-281.245	386.263	53.8826	51.13579	386.2632	-281.2449
		2	-11.909	-2.23	-3.553	-20.975	-17.8588	-13.9158	-7.5204	-29.5956	8.1594	-17.9912	-10.5299	-36.2843	7.763175	8.1594	-36.28433
		4	34.81	6.731	310.754	39.136	52.6616	311.0076	-248.26	66.6414	-3.8034	368.2479	-284.336	83.049	0.863362	368.2479	-284.3355
	634	0	90.425	17.318	-348.128	0.736	136.2188	-231.9327	394.6977	82.0449	80.7201	-256.95	474.119	109.357	107.8114	474.1186	-256.9502
		2	-22.877	-4.382	41.449	-37.665	-34.4636	16.7148	-57.8934	-54.4878	13.3092	16.04978	-70.9931	-67.0199	12.07658	16.7148	-70.99313
		4	-33.778	-6.441	431.026	41.595	-50.8392	357.5232	-418.324	7.0353	-67.8357	412.0381	-493.116	3.13556	-84.2139	412.0381	-493.1165
	635	0	-33.719	-6.415	-430.214	-3.687	-50.7268	-417.5397	356.8455	-33.6654	-27.0288	-492.181	411.268	-44.3281	-36.5854	411.2679	-492.1815
		2	-22.885	-4.385	-41.68	-48.969	-34.478	-58.1085	16.9155	-64.6686	23.4756	-71.2464	16.2816	-78.8999	23.93501	23.93501	-78.89989
		4	90.349	17.286	346.853	-42.117	136.0764	393.4818	-230.854	43.4088	119.2194	472.6748	-255.716	64.2563	152.702	472.6748	-255.7165
	636	0	34.787	6.691	-308.458	-3.078	52.45	-246.3039	308.9205	28.5381	34.0785	-282.085	365.676	38.5636	45.02741	365.6764	-282.0854
		2	-12.097	-2.323	3.162	35.962	-18.2332	-8.0415	-13.7331	21.4785	-43.2531	-11.2111	-17.8513	23.2289	-52.2913	23.22889	-52.29131
		4	43.418	8.303	314.782	-31.582	65.3864	322.38	-244.228	10.6524	67.5	382.6486	-278.394	18.9664	85.28861	382.6486	-278.3936
	637	0	35.293	6.766	-308.258	0.796	53.1772	-245.6685	309.1959	32.4801	31.0473	-281.285	366.057	43.2217	41.55008	366.0568	-281.285
		2	-16.257	-3.12	0.39	33.175	-24.5004	-14.2803	-14.9823	15.2262	-44.4888	-19.1174	-19.9364	15.3069	-54.3606	15.3069	-54.3606
		4	34.593	6.634	309.038	-13.247	52.126	309.2679	-247.001	19.2114	43.056	366.0368	-282.943	27.6376	55.45628	366.0368	-282.943
	638	0	34.215	6.562	-308.048	1.536	51.5572	-246.4497	308.0367	32.1759	29.4111	-282.357	364.544	42.7061	39.48053	364.5437	-282.3571
		2	-16.985	-3.258	-0.096	16.319	-25.5948	-15.3729	-15.2001	-0.5994	-29.9736	-20.5007	-20.2991	-3.26498	-37.5349	-0.5994	-37.53488
		4	34.215	6.562	307.856	1.418	51.5572	307.8639	-246.277	32.0697	29.5173	364.3421	-282.155	42.5822	39.60443	364.3421	-282.1555
	639	0	34.593	6.634	-308.15	1.425	52.126	-246.2013	308.4687	32.4162	29.8512	-282.011	365.104	43.0432	40.05068	365.1044	-282.0106
		2	-16.257	-3.12	-0.581	1.432	-24.5004	-15.1542	-14.1084	-13.3425	-15.9201	-20.1369	-18.9168	-18.0233	-21.0305	-13.3425	-24.5004
		4	35.293	6.766	306.988	16.306	53.1772	308.0529	-244.526	46.4391	17.0883	364.7233	-279.952	59.5072	25.26458	364.7233	-279.9515
	640	0	43.419	8.303	-312.795	1.536	65.3876	-242.4384	320.5926	40.4595	37.6947	-276.306	380.563	53.7414	50.51576	380.5633	-276.3062
		2	-12.097	-2.323	-3.318	-13.234	-18.2332	-13.8735	-7.9011	-22.7979	1.0233	-18.0151	-11.0473	-28.4269	-0.63551	1.0233	-28.42691
		4	34.788	6.691	306.158	33.168	52.4512	306.8514	-244.233	61.1604	1.458	363.2625	-279.669	78.623	6.970163	363.2625	-279.6693

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
	641	0	90.356	17.287	-343.389	0.797	136.0864	-227.7297	390.3705	82.0377	80.6031	-252.071	469.046	109.324	107.6505	469.0458	-252.0711
		2	-22.886	-4.385	40.994	-31.574	-34.4792	16.2972	-57.492	-49.014	7.8192	15.56021	-70.5272	-60.6362	5.669213	16.2972	-70.52719
		4	-33.728	-6.417	425.378	35.973	-50.7408	352.485	-413.195	2.0205	-62.7309	406.1791	-487.115	-2.69614	-78.2394	406.1791	-487.1147
	642	0	-33.787	-6.443	-425.274	-3.078	-50.8532	-413.1549	352.3383	-33.1785	-27.6381	-487.088	405.987	-43.7821	-37.3183	405.9875	-487.0879
		2	-22.877	-4.382	-41.13	-42.129	-34.4636	-57.6063	16.4277	-58.5054	17.3268	-70.6582	15.7148	-71.7071	16.76378	17.3268	-71.70713
		4	90.432	17.319	343.014	-48.982	136.2288	390.1014	-227.324	37.305	125.4726	468.757	-251.572	57.1612	160.0234	468.757	-251.5724
4	643	0	34.91	6.732	-305.617	-3.687	52.6632	-243.6363	306.4743	28.1007	34.7373	-278.941	362.855	38.0856	45.8283	362.8548	-278.9409
		2	-11.909	-2.229	3.306	41.608	-17.8572	-7.7427	-13.6935	26.7291	-48.1653	-10.7885	-17.7311	29.4286	-57.9482	29.42861	-57.94819
		4	43.672	8.45	312.229	-37.66	65.9264	320.3109	-241.701	5.4108	73.1988	380.3504	-275.33	12.967	92.05298	380.3504	-275.3305
	644	0	37.359	7.798	-304.547	0.736	57.3076	-240.4692	307.7154	34.2855	32.9607	-274.406	365.142	46.1407	44.59508	365.1422	-274.4065
		2	-15.202	-2.5	2.291	39.132	-22.2424	-11.6199	-15.7437	21.537	-48.9006	-15.5253	-20.3364	23.1578	-59.0195	23.15775	-59.01945
		4	34.638	6.843	309.13	-20.967	52.5144	309.3912	-247.043	12.3039	50.0445	366.3453	-282.828	19.7434	63.77411	366.3453	-282.8277
	645	0	46.058	13.469	-286.292	1.308	76.82	-216.2106	299.115	42.6294	40.275	-241.639	359.574	60.3411	57.59434	359.5743	-241.6389
		2	-20.033	-3.821	28.042	23.583	-30.1532	7.2081	-43.2675	3.195	-39.2544	5.400413	-53.4878	0.71846	-48.8053	7.2081	-53.48779
		4	16.277	-1.47	342.377	-9.386	17.1804	322.7886	-293.49	6.2019	23.0967	375.4291	-343.563	6.07793	25.78853	375.4291	-343.5626
	676	0	14.909	-2.422	-305.302	1.094	14.0156	-261.3537	288.1899	14.4027	12.4335	-306.82	334.314	14.8958	12.59843	334.3142	-306.82
		2	-20.009	-3.819	-25.917	11.573	-30.1212	-41.3334	5.3172	-7.5924	-28.4238	-51.2298	3.19594	-11.8653	-36.1686	5.3172	-51.22976
		4	47.472	14.424	253.468	12.192	80.0448	270.846	-185.396	53.6976	31.752	327.3459	-204.937	74.0061	48.4029	327.3459	-204.9369
	677	0	34.348	6.774	-286.17	1.126	52.056	-226.6398	288.4662	31.9266	29.8998	-259.079	341.878	42.5822	40.21763	341.8784	-259.0786
		2	-14.911	-2.385	-3.496	-9.94	-21.7092	-16.5663	-10.2735	-22.3659	-4.4739	-21.2055	-13.8639	-27.9717	-7.09774	-4.4739	-27.97174
		4	38.23	8.096	279.177	24.227	58.8296	285.6663	-216.852	56.2113	12.6027	339.653	-246.619	71.9555	21.07875	339.653	-246.6188
	678	0	45.859	8.902	-288.753	1.265	69.274	-218.6046	301.1508	42.4116	40.1346	-248.028	358.353	56.4905	53.83403	358.3529	-248.0284
		2	-11.114	-2.063	-2.75	-21.697	-16.6376	-12.4776	-7.5276	-29.5299	9.5247	-16.1818	-10.4068	-36.0762	9.487538	9.5247	-36.07616
		4	34.314	6.612	283.253	38.773	51.756	285.8103	-224.045	65.7783	-4.0131	338.6523	-256.179	81.9483	0.525	339.6523	-256.179
5	679	0	99.763	19.118	-309.827	0.714	150.3044	-189.0576	368.631	90.4293	89.1441	-205.512	445.125	120.556	119.0569	445.1249	-205.5118
		2	-23.825	-4.563	36.311	-37.345	-35.8908	11.2374	-54.1224	-55.053	12.168	9.516938	-66.7362	-67.8219	10.60264	12.168	-67.82186
		4	-45.013	-8.605	382.449	41.843	-67.7836	303.6924	-384.716	-2.853	-78.1704	347.5314	-455.612	-10.1049	-97.9752	347.5314	-455.6115
	680	0	-45.002	-8.558	-381.582	-3.683	-67.6952	-383.9256	302.922	-43.8165	-37.1871	-454.653	346.67	-57.8587	-50.1244	346.6696	-454.6526
		2	-23.841	-4.565	-36.54	-49.21	-35.9132	-54.3429	11.4291	-65.7459	22.8321	-66.995	9.73901	-80.2985	23.04251	23.04251	-80.29849
		4	99.72	19.068	308.503	-41.571	150.1728	367.4007	-187.905	52.3341	127.1619	443.6502	-204.206	76.0725	163.3716	443.6502	-204.2061
	681	0	34.136	6.576	-280.798	-3.006	51.2348	-221.9958	283.4406	28.017	33.4278	-253.817	335.859	37.8651	44.1777	335.8593	-253.8165
		2	-11.345	-2.179	2.318	35.559	-17.1004	-8.1243	-12.2967	21.7926	-42.2136	-11.1943	-16.0621	23.7087	-50.9652	23.70874	-50.96516
		4	45.574	8.706	285.434	-30.62	68.6184	297.9072	-215.874	13.4586	68.5746	354.4144	-244.997	22.5577	86.85968	354.4144	-244.997

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
5	682	0	35.623	6.831	-276.843	0.772	53.6772	-217.098	281.2194	32.7555	31.3659	-247.902	333.469	43.5942	41.97296	333.4687	-247.9016
		2	-16.066	-3.083	0.536	32.163	-24.212	-13.977	-14.9418	14.4873	-43.4061	-18.7344	-19.86	14.474	-53.0683	14.4873	-53.06831
		4	34.645	6.642	277.915	-13.308	52.2012	281.304	-218.943	19.2033	43.1577	333.4186	-250.203	27.6344	55.58123	333.4186	-250.2029
	683	0	34.227	6.565	-276.784	1.489	51.5764	-218.3013	279.9099	32.1444	29.4642	-249.515	331.731	42.6717	39.54484	331.7315	-249.5149
		2	-16.973	-3.255	-0.095	16.287	-25.5756	-15.3612	-15.1902	-0.6174	-29.934	-20.4847	-20.2852	-3.28361	-37.4863	-0.6174	-37.48631
		4	34.227	6.565	276.593	1.414	51.5764	279.738	-218.129	32.0769	29.5317	331.5309	-249.314	42.593	39.62359	331.5309	-249.3144
	684	0	34.645	6.642	-277.035	1.422	52.2012	-218.151	280.512	32.4603	29.9007	-249.279	332.495	43.1009	40.11473	332.4946	-249.2789
		2	-16.066	-3.083	-0.725	1.431	-24.212	-15.1119	-13.8069	-13.1715	-15.7473	-20.0584	-18.5359	-17.7946	-20.7997	-13.1715	-24.212
		4	35.623	6.831	275.586	16.27	53.6772	280.0881	-215.967	46.7037	17.4177	332.1489	-246.582	59.8671	25.70006	332.1489	-246.5817
	685	0	45.575	8.706	-283.462	1.489	68.6196	-214.0983	296.1333	42.3576	39.6774	-242.925	352.345	56.2732	53.14628	352.3448	-242.9254
		2	-11.344	-2.179	-2.477	-13.291	-17.0992	-12.4389	-7.9803	-22.1715	1.7523	-16.228	-11.0263	-27.5827	0.328388	1.7523	-27.58271
		4	34.137	6.576	278.508	32.146	51.486	281.3805	-219.934	59.6547	1.7919	333.4559	-251.411	74.7758	7.26915	333.4559	-251.411
	686	0	99.729	19.07	-305.096	0.772	150.1868	-184.8303	364.3425	90.4509	89.0613	-200.618	440.084	120.544	118.9225	440.0839	-200.6177
		2	-23.842	-4.565	35.875	-30.602	-35.9144	10.8297	-53.7453	-48.9996	6.084	9.039713	-66.2978	-60.7611	3.503063	10.8297	-66.29779
		4	-45.013	-8.56	376.847	35.548	-67.7116	298.6506	-379.674	-8.5185	-72.5049	341.6847	-449.694	-16.6793	-91.3301	341.6847	-449.694
	687	0	45.023	-8.607	-376.787	-3.006	-67.7988	-379.629	298.5876	-43.2261	-37.8153	-449.679	341.574	-57.2085	-50.8959	341.5742	-449.6785
		2	-23.825	-4.564	-36.009	-41.559	-35.8924	-53.8506	10.9656	-58.8456	15.9606	-66.4199	9.19905	-72.2474	15.02655	15.9606	-72.24735
		4	99.773	19.12	304.768	-49.193	150.3196	364.0869	-184.496	45.522	134.0694	439.8251	-200.188	68.166	171.4713	439.8251	-200.1878
	688	0	34.315	6.612	-278.145	-3.681	51.7572	-219.447	281.214	27.5706	34.1964	-250.815	333.29	37.3727	45.10275	333.29	-250.8146
		2	-11.113	-2.063	2.506	41.831	-16.6364	-7.7463	-12.2571	27.6462	-47.6496	-10.662	-15.9246	30.6293	-57.2158	30.62929	-57.21581
		4	45.859	8.902	283.158	-37.331	69.274	296.1153	-213.569	7.6752	74.871	352.4782	-242.154	15.9647	94.35983	352.4782	-242.1536
	689	0	38.23	8.096	-272.992	0.714	58.8296	-211.2858	280.0998	35.0496	33.7644	-240.125	333.159	47.2668	45.7674	333.1587	-240.1245
		2	-14.911	-2.385	3.276	38.759	-21.7092	-10.4715	-16.3683	21.4632	-48.303	-14.0949	-20.9745	23.1622	-58.2317	23.16221	-58.23169
		4	34.348	6.774	279.544	-21.687	52.056	282.5028	-220.676	11.3949	50.4315	334.9211	-252.121	18.6286	64.17128	334.9211	-252.1213
	690	0	47.472	14.424	-246.406	1.265	80.0448	-179.0406	264.4902	43.8633	41.5863	-197.522	319.931	62.5328	59.87625	319.9308	-197.5218
		2	-20.009	-3.819	24.972	24.216	-30.1212	4.4667	-40.4829	3.7863	-39.8025	2.203688	-50.2375	1.40989	-49.4437	4.4667	-50.23751
		4	14.909	-2.422	296.351	-9.934	14.0156	280.134	-253.298	4.4775	22.3587	324.9157	-297.421	3.31643	24.17783	324.9157	-297.4214
6	721	0	13.566	-3.081	-254.379	1.126	11.3496	-216.7317	241.1505	13.2228	11.196	-255.28	278.916	13.0003	10.63571	278.916	-255.2799
		2	-20.194	-3.849	-23.731	12.185	-30.3912	-39.5325	3.1833	-7.2081	-29.1411	-49.1523	0.68276	-11.4405	-37.029	3.1833	-49.15234
		4	48.446	15.023	206.918	12.495	82.172	229.8276	-142.625	54.8469	32.3559	279.9628	-154.565	75.8187	49.57916	279.9628	-154.565
	722	0	34.466	6.835	-245.657	1.132	52.2952	-190.0719	252.1107	32.0382	30.0006	-216.368	299.512	42.7605	40.38326	299.5117	-216.368
		2	-14.565	-2.25	-4.181	-10.231	-21.078	-16.8714	-9.3456	-22.3164	-3.9006	-21.4552	-12.6751	-27.8077	-6.32258	-3.9006	-27.80768
		4	38.804	8.304	237.295	24.308	59.8512	248.4891	-178.642	53.8008	13.0464	296.4434	-201.876	72.807	21.7602	296.4434	-201.8762

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
6	723	0	47.24	9.181	-247.921	1.236	71.3776	-180.6129	265.6449	43.6284	41.4036	-203.485	317.149	58.1298	55.53424	317.1491	-203.485
		2	-10.133	-1.867	-2.734	-21.836	-15.1468	-11.5803	-6.6591	-28.7721	10.5327	-14.9806	-9.23921	-35.0377	10.81789	10.81789	-35.03771
		4	34.894	6.725	242.453	38.394	52.6328	249.6123	-186.803	65.9592	-3.15	296.5103	-212.641	82.2483	1.620938	296.5103	-212.641
	724	0	106.006	20.276	-264.574	0.716	159.6488	-142.7112	333.522	96.0498	94.761	-150.529	405.076	128.025	126.5219	405.0764	-150.5291
		2	-24.943	-4.773	34.813	-36.963	-37.5684	8.883	-53.7804	-55.7154	10.818	6.604763	-66.5025	-68.76	8.862263	10.818	-68.76004
		4	-53.493	-10.181	334.2	41.771	-80.4812	252.6363	-348.924	-10.5498	-85.7376	286.7248	-415.095	-20.3256	-108.045	286.7248	-415.0952
	725	0	-53.448	-10.145	-333.354	-3.676	-80.3696	-348.1218	251.9154	-51.4116	-44.7948	-414.131	285.912	-67.9694	-60.2498	285.9121	-414.1313
		2	-24.958	-4.777	-35.004	-49.123	-37.5928	-53.9658	9.0414	-66.6729	21.7485	-66.722	6.78641	-81.5469	21.61136	21.7485	-81.54694
		4	105.932	20.232	263.346	-40.815	159.4896	332.3502	-141.673	58.6053	132.0723	403.6746	-149.352	84.3056	170.0171	403.6746	-149.352
	726	0	34.713	6.678	-240.039	-2.943	52.3404	-184.7934	247.2768	28.593	33.8904	-210.333	293.749	38.6174	44.79773	293.7485	-210.3334
		2	-10.403	-2.002	2.264	34.929	-15.6868	-7.3251	-11.4003	22.0734	-40.7988	-10.1225	-14.8769	24.1757	-49.1752	24.17573	-49.17518
		4	46.88	8.957	244.566	-29.709	70.5872	262.3014	-177.917	15.4539	68.9301	313.0719	-200.517	25.0832	87.47209	313.0719	-200.5167
	727	0	35.949	6.892	-235.737	0.768	54.166	-179.8092	244.5174	33.0453	31.6629	-204.35	290.698	43.9803	42.3675	290.6978	-204.35
		2	-15.892	-3.05	0.614	31.244	-23.9504	-13.7502	-14.8554	13.8168	-42.4224	-18.4436	-19.7332	13.7177	-51.8947	13.8168	-51.89468
		4	34.668	6.648	236.964	-12.955	52.2384	244.4688	-182.066	19.5417	42.8607	290.4489	-207.176	28.034	55.23945	290.4489	-207.1755
	728	0	34.235	6.566	-235.621	1.449	51.5876	-181.2474	242.8704	32.1156	29.5074	-206.285	288.52	42.6389	39.59603	288.5195	-206.2846
		2	-16.965	-3.254	-0.09	15.852	-25.5644	-15.3495	-15.1875	-1.0017	-29.5353	-20.4703	-20.2813	-3.73118	-37.0204	-1.0017	-37.02038
		4	34.235	6.566	235.44	1.374	51.5876	242.7075	-181.085	32.0481	29.5749	288.3295	-206.095	42.5602	39.67478	288.3295	-206.0945
	729	0	34.668	6.648	-236.124	1.384	52.2384	-181.3104	243.7128	32.4468	29.9556	-206.294	289.567	43.0699	40.1835	289.5669	-206.2935
		2	-15.892	-3.05	-0.794	1.394	-23.9504	-15.0174	-13.5882	-13.0482	-15.5574	-19.9222	-18.2548	-17.6248	-20.5522	-13.0482	-23.9504
		4	35.949	6.892	234.535	15.831	54.166	243.4356	-176.727	46.602	18.1062	289.4357	-203.088	59.7965	26.55135	289.4357	-203.0879
	730	0	46.881	8.957	-242.705	1.448	70.5884	-176.2416	260.6274	43.4961	40.8897	-198.562	311.119	57.7991	54.75829	311.1189	-198.5616
		2	-10.403	-2.002	-2.408	-12.934	-15.6868	-11.5299	-7.1955	-21.0033	2.2779	-15.0281	-9.97133	-26.0804	1.080975	2.2779	-26.08043
		4	34.714	6.678	237.889	31.216	52.3416	245.3427	-182.858	59.337	3.1482	291.4921	-208.075	74.4854	8.931825	291.4921	-208.0748
	731	0	105.94	20.234	-260.051	0.767	159.5024	-138.6999	329.3919	96.0363	94.6557	-145.882	400.225	127.977	126.3659	400.2248	-145.8823
		2	-24.959	-4.777	34.316	-29.681	-37.594	8.4213	-53.3475	-49.176	4.2498	6.062963	-66.0006	-61.1339	1.196213	8.4213	-66.00064
		4	-53.458	-10.147	328.682	34.892	-80.3848	247.7016	-343.926	-16.7094	-79.515	280.9944	-409.238	-27.4851	-100.758	280.9944	-409.2378
	732	0	-53.503	-10.183	-328.633	-2.94	-80.4964	-343.9224	247.617	-50.7987	-45.5067	-409.262	280.867	-67.2843	-61.1103	280.8674	-409.2619
		2	-24.944	-4.773	-34.466	-40.772	-37.5696	-53.469	8.5698	-59.1444	14.2452	-66.1392	6.23936	-72.7605	12.86066	14.2452	-72.76054
		4	106.015	20.277	259.702	-49.082	159.6612	329.1453	-138.318	51.2397	139.5873	399.971	-145.403	75.7478	178.82	399.971	-145.4032
	733	0	34.895	6.725	-237.625	-3.673	52.634	-182.457	245.268	28.0998	34.7112	-207.571	291.442	38.079	45.79234	291.4419	-207.5706
		2	-10.132	-1.867	2.49	41.735	-15.1456	-6.8778	-11.3598	28.4427	-46.6803	-9.49436	-14.7234	31.7129	-55.9306	31.71289	-55.93061
		4	47.241	9.181	242.606	-36.939	71.3788	260.8623	-175.829	9.2718	75.762	311.5694	-197.903	18.0471	95.61904	311.5694	-197.9032

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
6	734	0	38.804	8.304	-231.449	0.715	59.8512	-173.3805	243.2277	35.5671	34.2801	-195.738	290.305	48.0344	46.53285	290.3051	-195.7379
		2	-14.565	-2.25	3.973	38.37	-21.078	-9.5328	-16.6842	21.4245	-47.6415	-12.8935	-21.2368	23.2234	-57.3536	23.22338	-57.35363
		4	34.466	6.835	239.396	-21.822	52.2952	246.4758	-184.437	11.3796	50.6592	292.9377	-209.794	18.6588	64.48496	292.9377	-209.7939
	735	0	48.446	15.023	-200.206	1.235	82.172	-136.584	223.7868	44.7129	42.4899	-147.517	272.915	63.9957	61.40216	272.9152	-147.5174
		2	-20.194	-3.849	22.793	24.293	-30.3912	2.3391	-38.6883	3.6891	-40.0383	-0.30214	-48.1674	1.27286	-49.7424	3.6891	-49.74244
		4	13.566	-3.081	245.791	-10.225	11.3496	233.4213	-209.003	3.0069	21.4119	269.8986	-246.263	1.08176	22.55425	269.8986	-246.2625
7	766	0	12.346	-3.597	-195.142	1.131	9.06	-164.5164	186.7392	12.1293	10.0935	-194.768	215.03	11.3182	8.943113	215.0298	-194.7684
		2	-20.377	-3.878	-20.437	12.487	-30.6572	-36.7326	0.054	-7.101	-29.5776	-45.9086	-2.99093	-11.3384	-37.5611	0.054	-45.90863
		4	49.3	15.481	154.268	12.577	83.9296	183.2112	-94.4712	55.6893	33.0507	225.9377	-98.0251	77.1621	50.75044	225.9377	-98.03511
	767	0	34.585	6.908	-198.552	1.117	52.5548	-147.5703	209.8233	32.1318	30.1212	-166.725	250.234	42.9272	40.58145	250.2339	-166.7253
		2	-14.219	-2.12	-4.915	-10.343	-20.4548	-17.2206	-8.3736	-22.1058	-3.4884	-21.7602	-11.4387	-27.4596	-5.7393	-3.4884	-27.4596
		4	39.378	8.491	188.723	23.951	60.8392	205.2909	-134.411	56.9961	13.8843	246.1927	-150.126	73.1821	22.88501	246.1927	-150.1256
	768	0	48.387	9.419	-200.37	1.198	73.1348	-136.7847	223.8813	44.6265	42.4701	-152.165	268.612	59.4817	56.96591	268.6123	-152.1647
		2	-9.12	-1.662	-2.489	-21.555	-13.6032	-10.4481	-5.9679	-27.6075	11.1915	-13.4983	-8.27138	-33.5176	11.74793	11.74793	-33.51758
		4	35.772	6.897	195.392	37.637	53.9616	208.0476	-143.658	66.0681	-1.6785	248.1536	-162.17	82.5108	3.473138	248.1536	-162.1696
	769	0	111.606	21.326	-211.331	0.862	168.0488	-89.7525	290.3433	101.2212	99.6696	-87.917	355.878	134.886	133.0754	355.8781	-89.7525
		2	-26.094	-4.991	31.599	-35.914	-39.2984	4.9545	-51.9237	-55.8072	8.836	1.849838	-64.5081	-69.0388	6.380588	8.838	-69.03881
		4	-61.393	-11.669	274.529	45.496	-92.342	191.8224	-302.33	-14.3073	-96.2001	214.6035	-361.907	-25.8812	-121.423	214.6035	-361.9074
	770	0	-61.338	-11.636	-273.72	-3.773	-92.2232	-301.5522	191.1438	-58.5999	-51.8085	-360.974	213.838	-77.5299	-69.6066	213.8378	-360.9743
		2	-26.108	-4.985	-31.753	53.042	-39.3216	-52.0749	5.0805	-71.235	24.2406	-64.6876	1.99369	-87.0411	24.34714	24.34714	-87.04106
		4	111.522	21.286	210.214	-44.126	167.884	289.5624	-88.8228	60.6564	140.0832	354.5855	-86.8639	87.5285	180.1931	354.5855	-88.8228
	771	0	35.578	6.844	-193.007	-2.988	53.644	-141.6861	205.7265	29.331	34.7094	-159.911	245.404	39.6092	45.88395	245.4039	-159.9108
		2	-9.431	-1.818	1.975	38.15	-14.226	-6.7104	-10.2654	25.8471	-42.8229	-9.26048	-13.408	28.7233	-51.3917	28.72328	-51.39173
		4	47.96	9.16	196.956	-28.201	72.208	220.4244	-134.096	17.7831	68.5449	264.3753	-149.232	27.9605	87.18255	264.3753	-149.2323
	772	0	36.306	6.957	-187.954	0.905	54.6984	-136.4832	201.834	33.4899	31.8609	-153.752	240.952	44.5502	42.64969	240.9516	-153.7518
		2	-15.716	-3.018	0.694	30.012	-23.688	-13.5198	-14.769	12.8664	-41.1552	-18.1498	-19.6072	12.6341	-50.3911	12.8664	-50.39108
		4	34.662	6.648	189.341	-12.298	52.2312	201.6027	-139.211	20.1276	42.264	240.4385	-157.178	28.7175	54.5433	240.4385	-157.1777
	773	0	34.239	6.567	-187.79	1.391	51.594	-138.1959	199.8261	32.067	29.5632	-156.057	238.302	42.583	39.66191	238.302	-156.057
		2	-16.961	-3.253	-0.082	15.081	-25.558	-15.3387	-15.1911	-1.692	-28.8378	-20.4569	-20.2847	-4.53574	-36.2058	-1.692	-36.20584
		4	34.239	6.567	187.625	1.302	51.594	199.6776	-138.047	31.9869	29.6433	238.1287	-155.884	42.4896	39.75536	238.1287	-155.8838
	774	0	34.662	6.648	-188.566	1.314	52.2312	-138.5136	200.9052	32.3784	30.0132	-156.364	239.625	43.0101	40.2507	239.6247	-156.3639
		2	-15.716	-3.018	-0.862	1.326	-23.688	-14.9202	-13.3686	-12.951	-15.3378	-19.7836	-17.9734	-17.4862	-20.2708	-12.951	-23.688
		4	36.306	6.957	186.843	15.054	54.6984	200.8341	-135.483	46.224	19.1268	239.7851	-152.585	59.4066	27.79324	239.7851	-152.5852

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT (m)	B. MATI (kN-m)	B. HIDUP (kN-m)	GEMPA X (kN-m)	GEMPA Y (kN-m)	1,2MD+1,6ML (kN-m)	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
								Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
7	775	0	47.961	9.161	-195.277	1.391	72.2108	-132.5844	218.9142	44.4168	41.913	-147.468	262.614	59.0339	56.11279	262.6142	-147.4675
		2	-9.43	-1.818	-2.098	-12.273	-14.2248	-10.3752	-6.5988	-19.5327	2.5587	-13.5361	-9.13028	-24.2198	1.553475	2.5587	-24.21983
		4	35.579	6.844	191.081	29.976	53.6452	203.994	-139.952	58.9995	5.0427	243.3827	-157.887	74.2224	11.2728	243.3827	-157.8875
	776	0	111.529	21.288	-207.105	0.905	167.8956	-86.0184	286.7706	101.1906	99.5616	-83.5905	351.33	134.82	132.9195	351.33	-86.0184
		2	-26.109	-4.995	31.051	-28.166	-39.3228	4.4478	-51.444	-48.8475	1.8513	1.255538	-63.9516	-60.9223	-1.77371	4.4478	-63.95156
		4	-61.347	-11.638	269.207	38.104	-92.2372	187.074	-297.499	-20.9187	-89.5059	209.0881	-356.247	-33.5701	-113.588	209.0881	-356.2466
	777	0	-61.403	-11.671	-269.186	-2.984	-92.3572	-297.5301	187.0047	-57.9483	-52.5771	-356.309	208.981	-76.7973	-70.5309	208.9812	-356.3094
		2	-26.094	-4.992	-31.212	-44.073	-39.3	-51.5754	4.6062	-63.1503	16.1811	-64.1025	1.4427	-77.6066	14.94675	16.1811	-77.60655
		4	111.614	21.328	206.762	-52.991	168.0616	286.5384	-85.6332	52.7607	148.1445	351.0906	-83.1096	78.35	189.6311	351.0906	-85.6332
	778	0	35.773	6.897	-190.979	-3.769	53.9628	-139.6854	204.0768	28.8036	35.5878	-157.535	243.521	39.0356	46.95049	243.521	-157.5349
		2	-9.12	-1.662	2.247	45.453	-13.6032	-6.1857	-10.2303	32.6997	-49.1157	-8.52548	-13.2442	36.8406	-58.6105	36.84083	-58.61048
		4	48.388	9.419	195.474	-35.883	73.136	219.4758	-132.377	11.2545	75.8439	263.4726	-147.023	20.5477	95.90201	263.4726	-147.0228
	779	0	39.378	8.491	-183.366	0.861	60.8392	-129.5892	200.4696	36.2151	34.6653	-144.501	240.568	48.9376	47.12951	240.5679	-144.5007
		2	-14.219	-2.12	4.722	37.605	-20.4548	-8.5473	-17.0469	21.0474	-46.6416	-11.6414	-21.5576	22.8858	-56.0847	22.8858	-56.0847
		4	34.585	6.908	192.81	-21.539	52.5548	204.6555	- 42.403	11.7414	50.5116	244.2048	-160.696	19.1384	64.37025	244.2048	-160.6962
	780	0	49.3	15.481	-147.979	1.197	83.9296	-88.8111	177.5511	45.4473	43.2927	-91.4217	219.334	65.2131	62.69944	219.3342	-91.42166
		2	-20.377	-3.878	19.539	23.932	-30.6572	-0.7542	-35.9244	3.1995	-39.8781	-3.93383	-44.9657	0.67883	-49.5784	3.1995	-49.57838
		4	12.346	-3.597	187.057	-10.335	9.06	179.4627	-157.24	1.8099	20.4129	206.5405	-186.279	-0.72109	20.98241	206.5405	-186.2792
8	811	0	11.48	-3.921	-129.334	1.116	-7.5024	-106.0686	126.7326	11.3364	9.3276	-126.834	144.767	10.138	7.794413	144.7669	-126.8345
		2	-20.436	-3.882	-15.939	12.567	-30.7344	-32.7375	-4.0473	-7.0821	-29.7027	-41.2508	-7.77893	-11.3195	-37.7102	-4.0473	-41.25083
		4	59.047	15.797	97.457	12.504	85.3316	132.7536	-42.669	56.2959	33.7887	167.3193	-37.3404	78.1187	51.86029	167.3193	-42.669
	812	0	34.496	6.909	-147.556	1.086	52.4496	-101.754	163.8468	32.0238	30.069	-113.272	196.595	42.8019	40.52134	196.5954	-113.2722
		2	-13.989	-2.037	-5.632	-10.331	-20.046	-17.6589	-7.5213	-21.888	-3.2922	-22.2062	-10.379	-27.1401	-5.44504	-3.2922	-27.14014
		4	39.925	9.656	136.293	23.264	61.7596	158.5962	-86.7312	56.8701	14.9949	191.8455	-94.3698	73.1651	24.31065	191.8455	-94.3698
	813	0	49.383	9.641	-149.445	1.116	74.6852	-90.0558	178.9452	45.4491	43.4403	-97.4728	216.362	60.6162	58.27264	216.3617	-97.47281
		2	-8.407	-1.522	-1.613	-21.031	-12.5236	-9.018	-6.1146	-26.4942	11.3616	-11.7196	-8.33228	-32.1085	12.05663	12.05663	-32.10848
		4	36.204	6.955	146.218	35.805	54.5728	164.1798	-99.0126	64.8081	0.3591	197.0202	-110.038	81.0865	5.896013	197.0202	-110.0376
	814	0	115.525	22.033	-150.283	0.812	173.8828	-31.2822	239.2272	104.7033	103.2417	-19.1449	296.449	139.505	137.7996	296.4494	-31.2822
		2	-26.9	-5.14	24.066	-34.18	-40.504	-2.5506	-45.8694	-54.972	6.552	-7.02345	-57.5621	-68.1818	3.59625	6.552	-68.18175
		4	-66.926	-12.673	198.414	43.574	-100.588	118.3392	-238.806	-21.0168	-99.45	128.0824	-288.587	-34.4996	-126.005	128.0824	-288.587
	815	0	-67.029	-12.652	-197.726	-3.608	-100.678	-238.2795	117.6273	-63.5733	-57.0789	-287.956	127.268	-84.1323	-76.5555	127.2684	-287.9562
		2	-26.936	-5.148	-24.147	-50.791	-40.56	-45.9747	-2.5101	-69.9543	21.4695	-57.6912	-6.9825	-85.6674	20.9937	21.4695	-85.6674
		4	115.557	21.996	149.433	-41.405	173.862	238.491	-30.4884	66.7368	141.2658	295.5614	-18.248	95.1815	182.132	295.5614	-30.4884

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
	816	0	35.912	6.905	-144.157	-2.784	54.1424	-97.4205	162.0621	29.8152	34.8264	-108.22	194.51	40.2221	46.06849	194.5101	-108.2196
		2	-8.745	-1.692	1.109	35.836	-13.2012	-6.8724	-8.8686	24.3819	-40.1229	-9.35025	-11.6792	27.1131	-48.1425	27.1131	-48.1425
		4	48.998	9.352	146.376	-26.123	73.7608	175.8366	-87.6402	20.5875	67.6089	212.5074	-94.8822	31.3835	86.24175	212.5074	-94.8822
	817	0	36.556	7.008	-136.657	0.847	55.08	-90.0909	155.8917	33.6627	32.1381	-99.5873	187.392	44.792	43.01325	187.3925	-99.58725
		2	-15.592	-2.993	0.828	27.818	-23.4992	-13.2876	-14.778	11.0034	-39.069	-17.8592	-19.598	10.4803	-47.9375	11.0034	-47.93749
		4	34.661	6.645	138.314	-11.526	52.2252	155.6775	-93.2877	20.8215	41.5683	186.8567	-103.603	29.5247	53.72929	186.8567	-103.6027
	818	0	34.239	6.568	-136.747	1.289	51.5956	-92.2572	153.8874	31.9752	29.655	-102.461	184.708	42.4767	39.7698	184.7076	-102.4611
		2	-16.961	-3.252	-0.049	14.105	-25.5564	-15.309	-15.2208	-2.5704	-27.9594	-20.4215	-20.3186	-5.55975	-35.1803	-2.5704	-35.18025
		4	34.239	6.568	136.648	1.213	51.5956	153.7983	-92.1681	31.9068	29.7234	184.6037	-102.357	42.3969	39.8496	184.6037	-102.3572
	819	0	34.661	6.645	-137.829	1.226	52.2252	-92.8512	155.241	32.2983	30.0915	-103.093	186.347	42.9143	40.33969	186.3474	-103.0935
		2	-15.592	-2.993	-0.937	1.24	-23.4992	-14.8761	-13.1895	-12.9168	-15.1488	-19.7124	-17.7447	-17.4266	-20.0306	-12.9168	-23.4992
		4	36.556	7.008	135.956	14.075	55.08	155.2608	-89.46	45.5679	20.2329	186.6564	-98.8512	58.6814	29.12385	186.6564	-98.8512
	820	0	48.999	9.352	-145.372	1.289	73.762	-86.7357	174.9339	45.2502	42.939	-93.827	211.454	60.1671	57.4602	211.4543	-93.82695
		2	-8.745	-1.691	-1.17	-11.497	-13.1996	-8.9235	-6.8175	-18.2178	2.4768	-11.7424	-9.28541	-22.5858	1.557938	2.4768	-22.58576
		4	35.912	6.905	143.031	27.776	54.1424	161.0487	-96.4071	57.3192	7.3224	193.3278	-107.037	72.3101	13.98049	193.3278	-107.0373
8	821	0	115.564	21.998	-147.421	0.847	173.8736	-28.6713	236.6865	104.7699	103.2453	-16.1264	293.458	139.555	137.7763	293.4577	-28.6713
		2	-26.937	-5.148	23.598	-26.083	-40.5612	-3.0051	-45.4815	-47.718	-0.7686	-7.56	-57.1158	-59.7251	-4.95075	-0.7686	-59.7 505
		4	-67.038	-12.654	194.617	35.786	-100.692	114.8211	-235.49	-28.1268	-92.5416	123.9929	-284.703	-42.7796	-117.93	123.9929	-284.7028
	822	0	-66.934	-12.674	-194.678	-2.78	-100.5992	-235.4508	114.9696	-62.7428	-57.7386	-284.673	124.15	-83.1805	-77.3425	124.1504	-284.6734
		2	-26.901	-5.14	-23.735	-41.347	-40.5052	-45.5724	-2.8494	-61.4232	13.0014	-57.2156	-7.37205	-75.7082	11.12055	13.0014	-75.70815
		4	115.532	22.035	147.207	-50.736	173.8944	236.4651	-28.5075	58.3164	149.6412	293.2285	-15.9062	85.3884	191.934	293.2285	-28.5075
	823	0	36.204	6.955	-143.28	-3.604	54.5728	-96.3684	161.5356	29.34	35.8272	-106.953	193.935	39.7071	47.27546	193.9353	-106.9527
		2	-8.406	-1.522	1.389	43.527	-12.5224	-6.3153	-8.8155	31.6089	-46.7397	-8.56643	-11.4833	35.6785	-55.7282	35.67848	-55.72823
		4	49.384	9.641	146.057	-34.145	74.6864	175.8969	-87.0057	13.7151	75.1761	212.8053	-93.9144	23.5932	95.29774	212.8053	-93.91436
	824	0	39.925	8.656	-132.616	0.811	61.7596	-83.4219	155.2869	36.6624	35.2026	-90.509	187.985	49.5894	47.8863	187.9847	-90.50895
		2	-13.989	-2.037	5.5	35.767	-20.046	-7.6401	-17.5401	19.6002	-44.7804	-10.5176	-22.0676	21.2628	-53.8479	21.26276	-53.84794
		4	34.496	6.909	143.616	-21.012	52.4496	160.3008	-98.208	12.1356	49.9572	192.4584	-109.135	19.599	63.72424	192.4584	-109.1352
	825	0	50.047	15.797	-92.701	1.115	85.3316	-38.3886	128.4732	46.0458	44.0388	-32.3466	162.326	66.1602	63.81874	162.3255	-38.3886
		2	-20.436	-3.882	15.009	23.242	-30.7344	-4.8843	-31.9005	2.5254	-39.3102	-8.75543	-40.2743	-0.11077	-48.919	2.5254	-48.91898
		4	11.48	-3.921	122.719	-10.322	7.5024	120.7791	-100.115	1.0422	19.6218	137.8212	-119.889	-1.87189	19.80431	137.8212	-119.8887
	856	0	9.456	-4.344	-44.981	1.085	4.3968	-31.9725	48.9933	9.4869	7.5339	-40.7222	53.738	7.64715	5.36865	53.73795	-40.72215
9		2	-20.903	-4.001	-8.582	12.492	-31.4852	-26.5365	-11.0889	-7.5699	-30.0555	-34.11	-16.0878	-11.9823	-38.2155	-7.5699	-38.21554
		4	51.138	15.981	27.818	12.359	86.9352	71.0604	20.988	57.1473	34.9011	95.48884	37.071	79.2569	53.30299	95.48884	20.988

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
9	857	0	34.36	7.015	-88.104	1.046	52.456	-48.3696	110.2176	31.8654	29.9826	-50.9069	134.112	42.7006	40.50401	134.1115	-50.90689
		2	-13.658	-1.953	-6.224	-10.268	-19.5144	-17.8928	-6.6906	-21.5334	-3.051	-22.4141	-9.34369	-26.6603	-5.09749	-3.051	-26.66029
		4	40.723	8.719	75.556	22.344	62.818	104.7411	-31.4397	56.7603	16.5411	129.0642	-29.8134	73.0866	26.16416	129.0642	-31.4397
	858	0	50.232	9.956	-90.775	0.955	76.208	-36.4887	126.9063	46.0683	44.3493	-34.7298	155.898	61.5867	59.5812	155.8977	-36.4887
		2	-8.288	-1.49	-0.35	-20.434	-12.3296	-7.7742	-7.1442	-25.8498	10.9314	-10.2433	-9.50828	-31.3315	11.57993	11.57993	-31.33148
		4	35.593	6.704	90.075	32.134	53.438	113.1012	-49.0338	60.9543	3.1131	137.2308	-51.9267	76.3928	8.91135	137.2308	-51.9267
	859	0	118.978	22.72	-80.514	0.629	179.1256	34.6176	179.5428	107.6463	106.5141	58.2792	227.359	143.479	142.1585	227.3586	34.6176
		2	-27.2	-5.203	14.899	-30.877	-40.9648	-11.0709	-37.8891	-52.2693	3.3093	-17.0134	-48.3013	-65.0782	-0.23651	3.3093	-65.07821
		4	-70.978	-13.485	110.312	38.692	-106.7496	35.4006	-163.161	-29.0574	-98.703	30.68126	-200.974	-44.5197	-125.773	35.4006	-200.9739
	860	0	-71.245	-13.224	-110.279	-3.214	-106.6524	-163.3716	35.1306	-67.0131	-61.2279	-201.014	30.5718	-88.5959	-81.8465	35.1306	-201.0141
		2	-27.26	-5.181	-14.624	-45.12	-41.0016	-37.6956	-11.3724	-65.142	16.074	-48.0582	-17.3478	-80.079	14.67296	16.074	-80.07904
		4	119.124	22.503	81.031	-35.353	178.9536	180.1395	34.2837	75.3939	139.0293	227.8839	57.7188	105.681	179.922	227.8839	34.2837
	861	0	35.191	6.791	-90.469	-2.36	53.0948	-49.7502	113.094	29.5479	33.7959	-52.694	137.291	39.8205	44.77646	137.2909	-52.69399
		2	-8.633	-1.675	0.16	30.632	-13.0396	-7.6257	-7.9137	19.7991	-35.3385	-10.2157	-10.5517	21.7799	-42.5473	21.77989	-42.54731
		4	49.943	9.499	90.789	-22.544	75.13	126.6588	-36.7614	24.6591	65.2383	155.2491	-35.4078	36.2494	83.59181	155.2491	-36.7614
	862	0	37.139	7.145	-80.47	0.655	55.9988	-38.9979	105.8481	34.0146	32.8356	-39.8709	129.116	45.3104	43.93489	129.1161	-39.87086
		2	-15.387	-2.95	1.019	23.855	-23.1844	-12.9312	-14.7654	7.6212	-35.3178	-17.4095	-19.5494	6.56828	-43.5272	7.6212	-43.52723
		4	34.486	6.594	82.507	-10.751	51.9336	105.2937	-43.2189	21.3615	40.7133	128.0354	-45.2293	30.1145	52.69163	128.0354	-45.22928
	863	0	34.215	6.567	-81.198	1.107	51.5652	-42.2847	103.8717	31.7898	29.7972	-44.1606	126.355	42.2596	39.93491	126.3552	-44.16064
		2	-16.985	-3.253	0.056	12.966	-25.5868	-15.2361	-15.3369	-3.6171	-26.9559	-20.3372	-20.4548	-6.78169	-34.0103	-3.6171	-34.01029
		4	34.215	6.567	81.31	1.111	51.5652	103.9725	-42.3855	31.7934	29.7936	126.4728	-44.2782	42.2638	39.93071	126.4728	-44.27824
	864	0	34.486	6.594	-83.004	1.126	51.9336	-43.6662	105.741	32.0503	30.024	-45.7511	128.557	42.5854	40.22078	128.5573	-45.75113
		2	-15.387	-2.95	-0.906	1.141	-23.1844	-14.6637	-13.0329	-12.8214	-14.8752	-19.4308	-17.5282	-17.2814	-19.6775	-12.8214	-23.1844
		4	37.139	7.145	81.192	12.932	55.9988	106.4979	-39.6477	45.0639	21.7863	129.8742	-40.629	58.2012	31.04404	129.8742	-40.62896
	865	0	49.945	9.499	-91.88	1.107	75.1324	-37.7415	127.6425	45.9468	43.9542	-36.5513	156.397	61.0851	58.76036	156.3967	-37.7415
		2	-8.632	-1.675	-0.106	-10.719	-13.0384	-7.8642	-7.6734	-17.4159	1.8783	-10.494	-10.2714	-21.6376	0.872288	1.8783	-21.6[illegible]761
		4	35.191	6.791	91.667	23.809	53.0948	114.1722	-50.8284	53.1	10.2438	138.5488	-53.9519	87.2979	17.29901	138.5488	-53.95189
	866	0	119.131	22.504	-83.426	0.655	178.9636	32.1345	182.3013	107.8074	106.6284	55.21215	230.407	143.497	142.1217	230.4068	32.1345
		2	-27.261	-5.181	15.19	-22.5	-41.0028	-10.8639	-38.2059	-44.7849	-4.2849	-16.7546	-48.6536	-56.3291	-9.07909	-4.2849	-56.32909
		4	-71.253	-13.226	113.806	30.58	-106.6652	38.2977	-166.553	-36.6057	-91.6497	34.26518	-204.727	-53.1221	-117.34	38.2977	-204.7274

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
9	867	0	-70.987	-13.487	-114.138	-2.356	-106.7636	-166.6125	38.8359	-66.0087	-61.7679	-205.002	34.6875	-87.6312	-82.6836	38.8359	-205.0023
		2	-27.201	-5.203	-15.196	-35.292	-40.966	-38.1573	-10.8045	-56.2437	7.2819	-48.6142	-16.7026	-69.715	4.398188	7.2819	-69.71501
		4	118.985	22.721	83.745	-45.062	179.1356	182.457	31.716	66.5307	147.6423	230.7593	54.8948	95.5119	190.1421	230.7593	31.716
	868	0	35.593	6.704	-93.118	-3.21	53.438	-51.7725	115.8399	29.1447	34.9227	-55.1219	140.426	39.2816	46.02255	140.426	-55.12185
		2	-8.287	-1.49	0.529	38.643	-12.3284	-6.9822	-7.9344	27.3204	-42.237	-9.31928	-10.4302	30.7004	-50.4499	30.70043	-50.44988
		4	50.233	9.957	94.176	-30.838	76.2108	129.9681	-39.5487	17.4555	72.9639	159.4706	-38.299	28.2059	92.96569	159.4706	-39.5487
	869	0	40.724	8.719	-79.781	0.628	62.8192	-35.1513	108.4545	37.2168	36.0864	-34.1436	133.396	50.2858	48.96701	133.3965	-35.1513
		2	-13.658	-1.953	6.229	32.093	-19.5144	-6.6861	-17.8983	16.5915	-41.1759	-9.33844	-22.4193	17.8188	-49.5765	17.81876	-49.57654
		4	34.36	7.015	92.238	-20.413	52.456	113.9382	-52.0902	12.5623	49.2957	138.4522	-55.2476	20.1687	63.03596	138.4522	-55.24759
	870	0	51.138	15.981	-34.096	0.953	86.9352	15.3378	76.7106	46.8819	45.1665	30.47914	102.081	67.2806	65.27929	102.0807	15.3378
		2	-20.903	-4.001	9.424	22.32	-31.4852	-10.3311	-27.2943	1.2753	-38.9007	-15.2037	-34.9941	-1.66294	-48.5349	1.2753	-48.53494
		4	9.455	-4.344	52.944	-10.258	4.3956	56.1591	-39.1401	-0.7227	17.7417	62.09805	-49.0844	-4.26405	17.27775	62.09805	-49.08435
10	901	0	-0.383	-4.072	3.56	1.045	-6.9748	2.8593	-3.5487	0.5958	-1.2852	0.12915	-7.34685	-2.5116	-4.7061	2.8593	-7.34685
		2	-9.64	-1.337	-6.266	12.347	-13.7072	-14.3154	-3.0366	2.4363	-19.7883	-17.7542	-4.59559	1.78946	-24.1392	2.4363	-24.13924
		4	27.223	9.238	-16.092	12.207	47.4484	10.0179	38.9835	35.487	13.5144	18.96248	52.7557	48.6764	23.04173	52.75568	10.0179
	902	0	17.207	4.128	-41.616	1.014	27.2532	-21.9681	52.9407	16.3989	14.5737	-22.3787	65.015	22.3829	20.25345	65.01495	-22.37865
		2	-3.991	0.261	-9.232	-10.179	-4.3716	-11.9007	4.7169	-12.753	5.5692	-13.6786	5.70859	-14.673	6.702938	6.702938	-14.67296
		4	20.931	4.234	23.152	21.59	31.8916	39.6747	-1.9989	38.2689	-0.5931	49.62143	1.00223	47.9813	2.642325	49.62143	-1.9989
	903	0	25.517	4.964	-35.79	0.773	38.5628	-9.2457	55.1763	23.661	22.2696	-6.8775	68.2815	31.5137	29.89035	68.2815	-9.2457
		2	5.444	1.297	1.099	-20.044	8.608	5.8887	3.9105	-13.14	22.9392	7.891538	5.58364	-14.3086	27.78379	27.78379	-14.30861
		4	31.49	5.47	37.988	27.867	46.54	62.5302	5.8482	53.4213	3.2607	77.25953	-2.51528	66.6325	8.111775	77.25953	-5.8482
	904	0	85.46	15.888	-20.61	-0.107	127.9728	58.365	95.463	76.8177	77.0103	80.6043	123.885	102.132	102.3572	127.9728	58.335
		2	-22.052	-4.034	8.868	-28.08	-32.9168	-11.8656	-27.828	-45.1188	5.4252	-17.02	-35.6428	-55.8154	3.152625	5.4252	-55.81538
		4	-83.444	-16.115	38.345	17.839	-125.9168	-40.5891	-109.61	-59.0445	-91.1547	-60.0445	-140.569	-81.5758	-119.038	-40.5891	-140.569
	905	0	-83.656	-15.768	-38.471	-2.267	-125.616	-109.9143	-40.6665	-77.3307	-73.2501	-140.651	-59.8616	-102.636	-97.8758	-40.6665	-140.6507
		2	-22.108	-3.98	-8.513	-22.372	-32.8976	-27.5589	-12.2355	-40.032	0.2376	-35.2863	-17.409	-49.8383	-2.85705	0.2376	-49.83825
		4	85.561	15.648	21.445	-12.423	127.71	96.3054	57.7044	65.8242	88.1856	124.6791	79.6446	89.1177	115.206	127.71	57.7044
	906	0	31.267	5.592	-39.427	-1.396	46.4676	-7.344	63.6246	26.8839	29.3967	-4.1643	78.6324	35.7683	38.69985	78.6324	-7.344
		2	5.008	1.071	-0.902	9.63	7.7232	3.6954	5.319	13.1742	-4.1598	5.154713	7.04891	16.2133	-4.00969	16.21331	-4.1598
		4	24.869	4.391	37.622	-19.627	36.8684	56.2419	-11.4777	4.7178	40.0464	69.07346	-9.93274	8.96201	50.17871	69.07346	-11.4777
	907	0	18.341	3.217	-26.877	-0.084	27.1564	-7.6824	40.6962	16.4313	16.5825	-6.42941	50.0123	21.7032	21.87964	50.01229	-7.6824
		2	-6.068	-0.99	1.566	19.458	-8.8656	-4.0518	-6.8706	12.051	-22.9734	-5.50673	-8.79533	13.2799	-27.5819	13.27988	-27.58193
		4	15.643	2.642	30.01	-10.301	22.9988	41.0877	-12.9303	4.8078	23.3496	50.01623	-13.0048	7.68968	29.32178	50.01623	-13.00478

	4	9.834	-0.031	224.2	1.555	11.7512	210.6306	-192.929	10.2501	7.4511	245.7113	-225.109	11.934	8.668538	245.7113	-225.1087
1270	0	9.892	-0.037	-224.075	-1.256	11.8112	-192.7647	210.5703	7.7724	10.0332	-224.921	245.636	9.03866	11.67626	245.6362	-224.9213
	2	-4.929	0.017	-7.225	-0.313	-5.8876	-10.9386	2.0664	-4.7178	-4.1544						
	4	10.386														

Tabel 5.8 Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
10	908	0	15.52	2.645	-29.54	0.914	22.856	-12.618	40.554	14.7906	13.1454	-12.6381	49.3959	19.3386	17.41924	49.39594	-12.63606
		2	-7.54	-1.275	0.071	12.129	-11.088	-6.7221	-6.8499	4.1301	-17.7021	-8.84651	-8.99561	3.81439	-21.6565	4.1301	-21.65651
		4	15.52	2.645	29.681	1.041	22.856	40.6809	-12.7449	14.9049	13.0311	49.54399	-12.7861	19.472	17.28589	49.54399	-12.78611
	909	0	15.643	2.642	-30.686	1.057	22.9988	-13.5387	41.6961	15.03	13.1274	-13.7146	50.726	19.6156	17.39588	50.72603	-13.71458
		2	-6.068	-0.99	-1.397	1.073	-8.8656	-6.7185	-4.2039	-4.4955	-6.4269	-8.61788	-5.68418	-6.02438	-8.27768	-4.2039	-8.8656
		4	18.341	3.217	27.892	12.093	27.1564	41.6097	-8.5959	27.3906	5.6232	51.07804	-7.49516	34.4891	9.093788	51.07801	-8.5959
	910	0	24.87	4.391	-38.997	0.913	36.8696	-12.7143	57.4803	23.2047	21.5613	-11.3754	70.5183	30.5301	28.61276	70.51826	-12.7143
		2	5.009	1.071	0.868	-10.267	7.7244	5.2893	3.7269	-4.7322	13.7484	7.014263	5.19146	-4.67749	16.88321	16.88321	-4.7322
		4	31.268	5.592	40.733	19.411	46.4688	64.8009	-8.5185	45.6111	10.6713	80.00475	-5.53455	57.6167	16.85355	80.00475	-8.5185
	911	0	85.567	15.649	-24.898	-0.085	127.7188	54.6021	99.4185	76.9338	77.0868	76.02604	128.312	102.08	102.2592	128.3118	54.6021
		2	-22.109	-3.98	9.743	-19.581	-32.8988	-11.1294	-28.6668	-37.521	-2.2752	-16.1186	-36.5789	-46.9088	-5.78865	-2.2752	-46.90875
		4	-83.664	-15.769	44.384	9.571	-125.6272	-35.352	-115.243	-66.6837	-83.9115	-53.6621	-146.868	-90.2157	-110.315	-35.352	-146.8685
	912	0	-83.452	-16.116	-44.784	-1.392	-125.928	-115.4124	-34.8012	-76.3596	-73.854	-147.339	-53.2928	-101.778	-98.8544	-34.8012	-147.3392
		2	-22.053	-4.034	-9.72	-12.355	-32.913	-28.5957	-11.0997	-30.9672	-8.7282	-36.5384	-16.1264	-39.3052	-13.3597	-8.7282	-39.30518
		4	85.466	15.889	25.345	-22.308	127.9816	99.7299	54.1089	56.8422	96.9966	128.8641	75.6396	78.8285	125.6753	128.8641	54.1089
	913	0	31.491	5.47	-42.007	-2.262	46.5412	-9.4644	66.1482	26.3061	30.3777	-6.73418	81.4805	34.9981	39.74828	81.48053	-9.4644
		2	5.444	1.297	-0.689	17.783	8.608	4.2795	5.5197	20.9043	-11.1051	6.014138	7.46104	25.4097	-11.9346	25.40974	-11.93456
		4	25.517	4.964	40.629	-28.04	38.5628	59.5314	-13.6008	-2.2707	48.2013	73.36245	-11.9585	1.26	60.144	73.36245	-13.6008
	914	0	20.931	4.234	-28.906	-0.108	31.8916	-7.1775	44.8533	18.7407	18.9351	-5.03948	55.6631	25.1984	25.42523	55.66313	-7.1775
		2	-3.991	0.261	9.096	27.824	-4.3716	4.5945	-11.7783	21.4497	-28.6335	5.565788	-13.5358	25.2302	-33.2002	25.23019	-33.20021
		4	17.207	4.128	47.098	-20.021	27.2532	57.8745	-26.9019	-2.5326	33.5052	70.77105	-28.1348	0.2961	42.3402	70.77105	-28.13475
	915	0	27.223	9.238	7.091	0.772	47.4484	30.8826	18.1188	25.1955	23.8059	43.30463	28.4135	36.6697	35.04848	47.4484	18.1188
		2	-9.64	-1.337	8.178	21.565	-13.7072	-1.3158	-16.0362	10.7325	-28.0845	-2.58799	-19.7618	11.4684	-33.8181	11.46836	-33.81814
		4	-0.383	-4.072	9.265	-10.169	-6.9748	7.9938	-8.6832	-9.4968	8.8074	6.1194	-13.3371	-14.2863	7.0686	8.8074	-14.2863
BAL. PON	1266	0	8.946	0.036	-220.231	1.013	10.7928	-190.1565	206.2593	8.9631	7.1397	-221.821	240.664	10.4853	8.358	240.6642	-221.8209
		2	-5.3	0.032	-6.224	12.194	-6.3088	-10.3716	0.8316	6.2046	-15.7446	-12.075	0.9954	7.2639	-18.3435	7.2639	-18.3435
		4	10.59	0.028	207.783		12.7528	196.5357	-177.474	9.531	9.531	229.3137	-207.031	11.1416	11.14155	229.3137	-207.0306
	1267	0	10.074	-0.06	-195.902	-0.248	11.9928	-167.2452	185.3784	8.8434	9.2898	-195.167	216.228	10.2701	10.79085	216.2276	-195.1667
		2	-5.033	-0.016	0.244	0.047	-6.0652	-4.3101	-4.7493	-4.4874	-4.572	-5.04105	-5.55345	-5.2479	-5.3466	-4.3101	-6.0652
		4	9.996	0.028	196.39	0.342	12.04	185.7474	-167.755	9.3042	8.6886	216.7274	-195.692	10.877	10.15875	216.7274	-195.6917
	1268	0	10.282	0.036	-196.466	-0.59	12.396	-167.5656	196.0732	8.7228	9.7848	-195.465	217.114	10.205	11.44395	217.1138	-195.4649
		2	-5.106	-0.016	-0.205	0.077	-6.1528	-4.7709	-4.4109	-4.5261	-4.6047	-5.58015	-5.15005	-5.20305	-5.45475	-4.4109	-6.1528
		4	9.641	-0.068	196.056	0.745	11.4604	185.1273	-167.774	9.3474	8.0064	215.9283	-195.789	10.8518	9.28725	215.9283	-195.7893

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LTI	ELM	SECT (m)	B. MATI (kN-m)	B. HIDUP (kN-m)	GEMPA X (kN-m)	GEMPA Y (kN-m)	1,2MD+1,6ML (kN-m)	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
								Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
1	522	0	13.431	1.861	-460.037	-65.018	19.0948	-401.9454	426.121	-46.4283	70.6041	-467.471	498.607	-52.7008	83.83699	498.60694	-467.47076
		2	-11.133	-1.791	-1.551	-7.495	-16.2252	-11.4156	-8.6238	-16.7652	-3.2742	-14.7286	-11.4715	-20.9698	-5.23031	-3.2742	-20.969813
		4	26.223	4.358	456.935	50.027	38.4404	434.8422	-387.641	68.625	-21.4236	510.7478	-448.816	83.4944	-21.5623	510.74783	-448.81568
	523	0	21.148	3.386	-456.546	-11.003	30.7952	-391.8582	429.925	9.1305	28.9359	-454.501	504.245	13.3187	36.42503	504.24518	-454.50143
		2	-9.604	-1.484	0.840	4.243	-13.6992	-7.8876	-9.3996	-4.8249	-12.4623	-10.3709	-12.1349	-6.7977	-15.708	-4.8249	-15.708
		4	21.564	3.446	458.226	19.490	31.3904	431.811	-392.996	36.8486	1.8666	506.4932	-455.781	45.8204	4.891425	506.49323	-455.78138
	524	0	20.921	3.441	-452.739	-6.673	30.6108	-388.6362	426.294	12.8232	24.8346	-450.699	500.053	17.6702	31.68349	500.05279	-450.69911
		2	-9.872	-1.424	-3.585	1.747	-14.1248	-12.1113	-5.6583	-7.3125	-10.4571	-15.2513	-7.72275	-9.65265	-13.3214	-5.6583	-15.25125
		4	21.255	3.511	445.568	10.168	31.1236	420.1407	-381.882	28.2807	9.9783	492.9291	-442.764	35.7591	14.40626	492.92906	-442.76374
	525	0	23.645	4.842	-486.417	-2.381	36.1212	-416.4948	459.056	19.1376	23.4234	-482.098	539.378	26.1403	31.14038	539.37818	-482.09753
		2	-12.329	-2.034	47.033	1.046	-18.0492	31.2336	-53.4258	-10.1547	-12.0375	34.83743	-63.9319	-13.4489	-15.6455	34.837425	-63.931875
		4	13.617	0.890	580.483	4.474	17.7644	534.69	-510.179	16.2819	8.2287	624.5059	-594.508	19.6964	10.30103	624.50588	-594.50843
2	556	0	12.605	0.395	-401.656	5.822	15.758	-350.1459	372.835	16.6743	6.0147	-408.192	435.285	19.7644	7.328213	435.28511	-408.19249
		2	-11.399	-1.904	-28.586	1.336	-16.7252	-35.9865	15.4683	-9.0567	-11.4615	-43.4837	16.547	-12.0656	-14.8712	16.54695	-43.48365
		4	22.838	5.597	344.484	-3.249	36.3608	330.5898	-289.481	17.6301	23.4783	390.0957	-333.321	24.9761	31.79899	390.09574	-333.32066
	557	0	19.539	3.348	-348.057	13.074	28.8036	-295.6662	330.836	29.3517	5.8185	-342.307	388.612	36.8802	9.4248	388.61235	-342.30735
		2	-9.218	-1.388	-1.078	2.157	-13.2824	-9.2664	-7.326	-6.3549	-10.2375	-11.9039	-9.64005	-8.5071	-13.0368	-6.3549	-13.2824
		4	20.264	3.677	345.900	-8.760	30.2	329.5476	-293.072	10.3536	26.1216	387.3678	-339.022	14.9748	33.37084	387.36784	-339.02216
	558	0	21.443	3.700	-345.758	24.453	31.6516	-291.8835	330.481	41.3064	-2.709	-337.617	388.475	51.1046	-0.24675	388.4748	-337.617
		2	-8.731	-1.418	-0.164	3.519	-12.746	-8.0055	-7.7103	-4.6908	-11.025	-10.4564	-10.112	-6.58928	-13.9792	-4.6908	-13.979175
		4	19.334	3.264	345.431	-17.416	28.4232	328.2885	-293.487	1.7262	33.075	385.5737	-339.831	4.5843	41.1579	385.57365	-339.83145
	559	0	28.990	5.157	-344.836	40.759	43.0392	-284.2614	336.443	62.7741	-10.5921	-327.577	396.578	77.2976	-8.29631	396.57844	-327.57716
		2	-10.834	-1.852	0.703	-7.582	-15.964	-9.1179	-10.3833	-16.5744	-2.9268	-12.096	-13.5723	-20.7953	-4.87305	-2.9268	-20.79525
		4	7.582	0.938	346.241	-55.922	10.5992	318.4407	-304.793	-43.506	57.1536	372.2528	-354.853	-50.0183	67.41788	372.25283	-354.85328
	560	0	7.527	0.939	-345.549	-53.649	10.5348	-304.2198	317.768	-41.5098	55.0584	-354.184	371.469	-47.6886	64.97426	371.46926	-354.18364
		2	-10.840	-1.855	-1.013	-7.492	-15.976	-10.6677	-8.8443	-16.4988	-3.0132	-13.9065	-11.7792	-20.7094	-4.97621	-3.0132	-20.709413
		4	29.033	5.151	343.524	38.666	43.0812	335.3013	-283.042	60.9291	-8.6697	395.2413	-326.159	75.1404	-6.05824	395.24126	-326.15914
	561	0	19.208	3.233	-343.146	-14.490	28.2224	-291.5442	326.119	4.2462	30.3282	-337.589	383.018	7.49989	37.92889	383.01769	-337.58891
		2	-8.791	-1.454	-0.088	3.699	-12.8756	-7.9911	-7.8327	-4.5828	-11.241	-10.468	-10.2832	-6.49163	-14.2595	-4.5828	-14.259525
		4	21.450	3.659	342.971	21.888	31.5944	327.9789	-289.369	39.0042	-0.3942	385.5235	-334.716	48.3864	2.421563	385.52351	-334.71559
	562	0	19.594	3.303	-342.225	-5.090	28.7976	-290.3679	325.637	13.0536	22.2156	-336.161	382.511	17.8303	28.51931	382.51106	-336.16144
		2	-9.513	-1.596	-0.056	2.432	-13.9692	-8.6121	-8.5113	-6.3729	-10.7505	-11.3043	-11.1867	-8.6919	-13.7991	-6.3729	-13.9692
		4	19.620	3.306	342.112	9.855	28.8336	325.5588	-290.243	26.6175	8.6985	382.4221	-336.013	33.6572	12.75173	382.42208	-336.01313

Tabel 5.5o Momen Rencana Balok Portal As-2

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
BAL. PON	1269	0	10.437	0.065	-209.876	-1.227	12.6284	-179.4951	198.2817	8.289	10.4976	-209.36	231.38	9.72169	12.29839	231.3798	-209.3598
		2	-4.933	0.017	7.162	0.164	-5.8924	2.0061	-10.8855	-4.2921	-4.5873	2.353838	-12.6864	-4.99406	-5.33846	2.353838	-12.68636
		4	9.834	-0.031	224.2	1.555	11.7512	210.6306	-192.929	10.2501	7.4511	245.7113	-225.109	11.934	8.668538	245.7113	-225.1087
	1270	0	9.892	-0.037	-224.075	-1.256	11.8112	-192.7647	210.5703	7.7724	10.0332	-224.921	245.636	9.03866	11.67626	245.6362	-224.9213
		2	-4.929	0.017	-7.225	-0.313	-5.8876	-10.9386	2.0664	-4.7178	-4.1544	-12.7483	2.42419	-5.49071	-4.83341	2.424188	-12.74831
		4	10.386	0.071	209.624	0.629	12.5768	198.009	-179.314	9.9135	8.7813	231.0664	-209.144	11.6217	10.30076	231.0664	-209.144
	1271	0	9.685	-0.073	-195.563	0.569	11.5052	-187.2902	184.7232	9.2286	8.2044	-195.229	215.453	10.7092	9.514313	215.4529	-195.2294
		2	-5.106	-0.016	0.147	-0.287	-6.1528	-4.4631	-4.7277	-4.8537	-4.3371	-5.21955	-5.52825	-5.67525	-5.07255	-4.3371	-6.1528
		4	10.239	0.041	195.857	-1.142	12.3524	185.4864	-187.056	8.1873	10.2429	216.4331	-194.867	9.58414	11.98234	216.4331	-194.8666
	1272	0	10.025	-0.006	-196.124	1.385	12.0204	-187.4891	185.5341	10.269	7.776	-195.409	216.452	11.9758	9.067275	216.4517	-195.4087
		2	-5.027	-0.001	-0.013	0.165	-6.034	-4.536	-4.5126	-4.3758	-4.6728	-5.29279	-5.26549	-5.10589	-5.45239	-4.3758	-6.034
		4	10.057	0.004	196.099	-1.056	12.0748	185.5404	-187.438	8.1009	10.0017	216.467	-195.341	9.4542	11.6718	216.467	-195.341
	1273	0	10.044	-0.001	-196.023	0.549	12.0512	-187.3811	185.4603	9.5337	8.5455	-195.279	216.37	11.1219	9.968963	216.3696	-195.2787
		2	-5.024	-0.001	-0.026	0.089	-6.0304	-4.545	-4.4982	-4.4415	-4.6017	-5.30329	-5.24869	-5.18254	-5.36944	-4.4415	-6.0304
		4	10.044	-0.001	195.971	-0.371	12.0512	185.4135	-187.334	8.7057	9.3735	216.315	-195.224	10.1559	10.93496	216.315	-195.2241
	1274	0	10.057	0.004	-195.841	0.065	12.0748	-187.2056	185.3082	9.1098	8.9928	-195.07	216.196	10.6313	10.49475	216.1961	-195.0701
		2	-5.027	-0.001	-0.039	0.064	-6.034	-4.5594	-4.4892	-4.4667	-4.5819	-5.32009	-5.23819	-5.21194	-5.34634	-4.4667	-6.034
		4	10.025	-0.006	195.762	0.064	12.0204	185.2083	-187.163	9.0801	8.9649	216.0716	-195.029	10.5887	10.45433	216.0716	-195.0286
	1275	0	10.239	0.041	-195.291	-0.37	12.3524	-186.5468	184.977	8.8821	9.5481	-194.272	215.839	10.3947	11.17174	215.8388	-194.2723
		2	-5.106	-0.016	-0.198	0.089	-6.1528	-4.7736	-4.4172	-4.5153	-4.6755	-5.5818	-5.166	-5.28045	-5.46735	-4.4172	-6.1528
		4	9.685	-0.073	194.894	0.549	11.5052	184.1211	-186.688	9.2106	8.2224	214.7505	-194.527	10.6882	9.535313	214.7505	-194.5269
	1276	0	10.386	0.071	-208.68	-1.056	12.5768	-178.4646	197.1594	8.397	10.2978	-208.153	230.075	9.85241	12.07001	230.0752	-208.1528
		2	-4.929	0.017	7.137	0.165	-5.8876	1.9872	-10.8594	-4.2876	-4.5846	2.331788	-12.6559	-4.98881	-5.33531	2.331788	-12.65591
		4	9.892	-0.037	222.955	1.385	11.8112	209.5623	-191.757	10.1493	7.6563	244.4602	-223.745	11.8117	8.903213	244.4602	-223.7453
	1277	0	9.834	-0.031	-222.877	-1.142	11.7512	-191.7387	209.4399	7.8228	9.8784	-223.72	244.322	9.10219	11.50039	244.3221	-223.7196
		2	-4.933	0.017	-7.177	-0.287	-5.8924	-10.899	2.0196	-4.698	-4.1814	-12.7021	2.36959	-5.46761	-4.86491	2.369588	-12.70211
		4	10.437	0.065	208.523	0.568	12.6284	197.064	-178.277	9.9045	8.8821	229.9592	-207.939	11.6064	10.41364	229.9592	-207.9391
	1278	0	9.641	-0.068	-194.573	0.63	11.4604	-186.4388	183.7926	9.2439	8.1099	-194.232	214.371	10.731	9.408	214.3712	-194.2322
		2	-5.106	-0.016	0.155	-0.314	-6.1528	-4.4559	-4.7349	-4.878	-4.3128	-5.21115	-5.53665	-5.7036	-5.0442	-4.3128	-6.1528
		4	10.282	0.036	194.883	-1.257	12.396	184.6485	-186.141	8.1225	10.3851	215.4516	-193.803	9.5046	12.1443	215.4516	-193.8027
	1279	0	9.996	0.028	-194.614	1.555	12.04	-186.1562	184.149	10.3959	7.5969	-193.827	214.863	12.1506	8.8851	214.8626	-193.8269
		2	-5.033	-0.016	-0.29	0.164	-6.0652	-4.7907	-4.2687	-4.3821	-4.6773	-5.60175	-4.99275	-5.12505	-5.46945	-4.2687	-6.0652
		4	10.074	-0.06	194.034	-1.227	11.9928	183.6972	-185.564	7.9623	10.1709	214.2662	-193.205	9.2421	11.8188	214.2662	-193.2053
	1280	0	10.59	0.028	-205.595	0.745	12.7528	-175.5045	194.5665	10.2015	8.8605	-204.733	227.016	11.9238	10.3593	227.0163	-204.7332
		2	-5.3	0.032	6.109	0.078	-6.3088	0.7281	-10.2681	-4.6998	-4.8402	0.87465	-11.9543	-5.4579	-5.6217	0.87465	-11.95425
		4	8.946	0.036	217.814	-0.59	10.7928	204.084	-187.981	7.5204	8.5824	238.1264	-219.283	8.80215	10.04115	238.1264	-219.2831

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
1	511	0	13.615	0.890	-588.725	4.475	17.762	-517.599	542.106	16.281	8.226	-603.165	633.158	19.6954	10.29788	633.15788	-603.16463
		2	-12.329	-2.034	-47.913	1.046	-18.0492	-54.2178	32.0256	-10.1547	-12.0375	-64.8559	35.7614	-13.4489	-15.6455	35.761425	-64.855875
		4	23.647	4.843	492.899	-2.382	36.1252	464.8914	-422.327	19.1385	23.4261	546.1872	-488.901	26.1421	31.14431	546.18716	-488.90074
	512	0	21.253	3.511	-451.006	10.168	31.1212	-386.7777	425.033	28.2789	9.9765	-448.476	498.637	35.757	14.40416	498.63686	-448.47574
		2	-9.872	-1.424	3.464	1.747	-14.1248	-5.7672	-12.0024	-7.3125	-10.4571	-7.8498	-15.1242	-9.65265	-13.3214	-5.7672	-15.1242
		4	20.923	3.441	457.934	-6.974	30.6132	430.9713	-393.31	12.8241	24.8373	505.5096	-456.152	17.6712	31.68664	505.50964	-456.15176
	513	0	21.562	3.446	-462.897	19.487	31.388	-397.2015	436.013	36.9441	1.8675	-460.688	511.396	45.8152	4.892475	511.39568	-460.68803
		2	-9.604	-1.484	-1.010	4.242	-13.8992	-9.5526	-7.7346	-4.8258	-12.4614	-12.3134	-10.1924	-6.79875	-15.707	-4.8258	-15.70695
		4	21.150	3.386	460.878	-11.004	30.7976	433.8252	-395.755	9.1314	28.9386	508.7959	-459.048	13.3198	36.42818	508.79588	-459.04793
	514	0	26.222	4.357	-460.694	50.014	38.4376	-391.0248	438.224	68.6124	-21.4128	-452.764	514.693	83.4789	-21.5505	514.69294	452.76446
		2	-11.133	-1.791	1.402	-7.494	-16.2252	-8.7579	-11.2815	-16.7643	-3.2751	-11.628	-14.5722	-20.9688	-5.23136	-3.2751	-20.968763
		4	13.432	1.861	463.499	-65.001	19.096	429.2379	-405.06	-46.4121	70.5897	502.2431	-471.105	-52.6819	83.82019	502.24309	-471.10481
	515	0	13.411	1.848	-463.061	-63.319	19.05	-404.685	428.825	-44.9172	69.057	-470.677	501.751	-50.9481	82.0218	501.7509	-470.6772
		2	-11.141	-1.794	-1.596	-7.426	-16.2396	-11.4633	-8.5905	-16.7103	-3.3435	-14.7866	-11.435	-20.9081	-5.31353	-3.3435	-20.908125
		4	26.227	4.365	459.869	48.468	38.4564	437.4864	-390.278	67.2255	-20.0169	513.8382	-451.887	81.8672	-19.9156	513.83824	-451.88666
	516	0	21.071	3.348	-458.341	-8.835	30.642	-393.543	431.471	11.0124	26.9154	-456.497	506.019	15.4844	34.03785	506.01915	-456.49695
		2	-9.619	-1.497	0.197	4.384	-13.938	-8.4798	-8.9344	-4.7115	-12.6027	-11.072	-11.4857	-6.67564	-15.882	-4.7115	-15.882038
		4	21.610	3.458	458.736	17.603	31.4648	432.3114	-393.413	35.2917	3.6063	507.0865	-456.259	43.8968	6.930525	507.08648	-456.25913
	517	0	20.724	3.281	-458.548	-3.916	30.1184	-394.0416	431.345	15.1272	22.176	-457.131	505.819	20.2322	28.45579	505.81939	-457.13141
		2	-10.216	-1.614	-0.126	1.963	-14.8416	-9.3078	-9.081	-7.4277	-10.9611	-12.1301	-11.8655	-9.93668	-14.059	-7.4277	-14.8416
		4	20.763	3.292	458.297	7.842	30.1828	431.154	-393.781	25.7445	11.6289	505.6055	-456.818	32.6277	16.1595	505.60545	-456.81825
	518	0	20.668	3.271	-457.847	1.667	30.0328	-393.4629	430.662	20.0997	17.0991	-456.464	505.015	26.0256	22.52486	505.01456	-456.46414
		2	-10.293	-1.628	-0.080	1.669	-14.9564	-9.3357	-9.1917	-7.7616	-10.7658	-12.1737	-12.0057	-10.3373	-13.8422	-7.7616	-14.9564
		4	20.668	3.272	457.687	1.670	30.0368	430.5195	-393.317	20.1042	17.0982	504.8495	-456.293	26.0316	22.5246	504.84945	-456.29325
	519	0	20.761	3.291	-457.559	7.841	30.1788	-393.1182	430.488	25.7418	11.628	-456.046	504.828	32.6238	16.15766	504.82766	-456.04624
		2	-10.216	-1.614	-0.035	1.964	-14.8416	-9.2259	-9.1629	-7.4268	-10.962	-12.0346	-11.9611	-9.93563	-14.06	-7.4268	-14.8416
		4	20.726	3.282	457.490	-3.913	30.1224	430.3944	-393.088	15.1317	22.1751	504.7114	-456.018	20.2382	28.45553	504.71138	-456.01763
	520	0	21.608	3.457	-457.102	17.606	31.4608	-391.9446	430.839	35.2926	3.6018	-454.546	505.368	43.8971	6.924488	505.36789	-454.54631
		2	-9.620	-1.497	-0.356	4.386	-13.9392	-8.9784	-8.3376	-4.7106	-12.6054	-11.6537	-10.9061	-6.67459	-15.8852	-4.7106	-15.885188
		4	21.073	3.348	456.391	-8.834	30.6444	429.7176	-391.786	11.0151	26.9163	503.9738	-454.447	15.4875	34.0389	503.97375	-454.44735
	521	0	26.224	4.364	-457.336	48.481	38.4512	-388.0008	435.204	67.2345	-20.0313	-449.231	511.175	81.8769	-19.9332	511.17465	-449.23095
		2	-11.141	-1.794	1.426	-7.427	-16.2396	-8.7435	-11.3103	-16.7112	-3.3428	-11.6135	-14.6081	-20.9092	-5.31248	-3.3428	-20.909175
		4	13.414	1.848	460.187	-63.335	19.0536	426.2409	-402.096	-44.9289	69.0741	498.7364	-467.656	-50.9618	82.04175	498.73635	-467.65635

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
2	563	0	19.448	3.274	-341.708	2.080	28.576	-290.034	325.04	19.3752	15.6312	-335.795	381.792	25.1827	20.81468	381.79208	-335.79473
		2	-9.671	-1.626	-0.087	2.083	-14.2068	-8.7822	-8.6256	-6.8292	-10.5786	-11.5264	-11.3437	-9.24788	-13.6222	-6.8292	-14.2068
		4	19.450	3.274	341.534	2.085	28.5784	324.8856	-289.876	19.3815	15.6285	381.6115	-335.61	25.19	20.81153	381.61148	-335.60993
	564	0	19.619	3.305	-341.312	9.952	28.8308	-289.5237	324.838	26.6139	8.7003	-335.175	381.58	33.6522	12.75304	381.58024	-335.17496
		2	-9.513	-1.596	-0.117	2.433	-13.9692	-8.667	-8.4564	-6.372	-10.7514	-11.3684	-11.1227	-8.69085	-13.8002	-6.372	-13.9692
		4	19.596	3.303	341.078	-5.086	28.8	324.6066	-289.334	13.059	22.2138	381.3088	-334.955	17.8366	28.51721	381.30881	-334.95499
	565	0	21.448	3.658	-341.197	21.890	31.5904	-287.7741	326.381	39.0042	-0.3978	-332.856	383.658	48.3856	2.416575	383.65793	-332.85578
		2	-8.791	-1.454	-0.087	3.701	-12.8756	-7.9902	-7.8336	-4.581	-11.2428	-10.4669	-10.2842	-6.48953	-14.2616	-4.581	-14.261625
		4	19.210	3.234	341.024	-14.488	28.2264	324.2106	-289.633	4.2498	30.3282	380.7925	-335.358	7.50488	37.92968	380.79248	-335.35793
	566	0	29.030	5.150	-340.773	38.682	43.076	-280.5687	332.823	60.9408	-8.6868	-323.275	392.349	75.1532	-6.07898	392.34878	-323.27453
		2	-10.840	-1.855	0.829	-7.494	-15.976	-9.0099	-10.5021	-16.5006	-3.0114	-11.9724	-13.7133	-20.7115	-4.97411	-3.0114	20.711513
		4	7.531	0.940	342.430	-53.669	10.5412	314.9649	-301.409	-41.5242	55.08	368.1993	-350.904	-47.7047	65.00025	368.1993	-350.9037
	567	0	7.583	0.938	-342.469	-55.943	10.6004	-301.3974	315.047	-43.524	57.1734	-350.892	368.293	-50.0393	67.44098	368.29328	-350.89163
		2	-10.834	-1.852	-0.870	-7.583	-15.964	-10.5336	-8.9676	-16.5753	-2.9259	-13.7477	-11.9207	-20.7963	-4.872	-2.9259	-20.7963
		4	28.990	5.157	340.729	40.776	43.0392	332.7471	-280.565	62.7894	-10.6074	392.2661	-323.265	77.3154	-8.31416	392.26609	-323.26481
	568	0	19.333	3.263	-340.696	-17.415	28.4204	-289.2267	324.026	1.7262	33.0732	-334.862	380.6	4.58351	41.15501	380.60006	-334.86154
		2	-8.731	-1.418	-0.018	3.520	-12.746	-7.8741	-7.8417	-4.6899	-11.0259	-10.3031	-10.2653	-6.58823	-13.9802	-4.6899	-13.980225
		4	21.444	3.700	340.661	24.456	31.6528	325.8945	-287.295	41.31	-2.7108	383.124	-332.264	51.1088	-0.24885	383.124	-332.2641
	569	0	20.263	3.677	-340.162	-8.758	30.1988	-287.9091	324.383	10.3545	26.1189	-332.998	381.342	14.9759	33.36769	381.34189	-332.99831
		2	-9.219	-1.388	0.895	2.158	-13.2836	-7.4916	-9.1026	-6.3549	-10.2393	-9.83325	-11.7128	-8.5071	-13.0389	-6.3549	-13.2836
		4	19.540	3.348	341.953	13.073	28.8048	325.3437	-290.172	29.3517	5.8203	382.2042	-335.897	36.8802	9.4269	382.2042	-335.8971
	570	0	22.837	5.597	-337.667	-3.248	36.3596	-283.347	324.454	17.6301	23.4765	-326.164	382.937	24.9761	31.79689	382.93684	-326.16386
		2	-11.398	-1.904	27.719	1.336	-16.724	14.6889	-35.2053	-9.0558	-11.4606	15.63765	-42.5723	-12.0645	-14.8701	15.63765	-42.57225
		4	12.607	0.396	393.106	5.920	15.762	365.1417	-342.449	16.6743	6.0183	426.3105	-399.212	19.7652	7.3332	426.3105	-399.2121
3	601	0	11.874	-0.243	-370.907	6.765	13.86	-323.1297	344.503	16.7751	4.5981	-377.176	401.729	19.3796	5.173088	401.72869	-377.17601
		2	-11.566	-1.940	-31.086	1.509	-16.9832	-38.3868	17.568	-9.0513	-11.7675	-46.3124	18.9683	-12.0876	-15.2565	18.96825	-46.31235
		4	23.233	6.163	308.734	-3.747	37.7404	298.7703	-256.951	17.5374	24.282	353.4187	-294.923	25.3137	33.18236	353.41871	-294.92269
	602	0	19.616	3.404	-321.305	14.600	28.9856	-271.5201	306.829	30.7944	4.5144	-314.093	360.648	38.6075	7.94745	360.6477	-314.0928
		2	-9.047	-1.291	-1.241	2.270	-12.922	-9.2592	-7.0254	-6.0993	-10.1853	-11.8191	-9.21296	-8.13251	-12.8995	-6.0993	-12.922
		4	20.530	3.814	318.822	-10.060	30.7384	305.4168	-268.463	9.423	27.531	359.3231	-310.203	13.997	35.12303	359.32313	-310.20308
	603	0	22.221	3.861	-319.843	25.292	32.8428	-267.8598	307.858	42.7617	-2.7639	-309.463	362.208	52.9292	-0.18401	362.29774	-309.46256
		2	-8.343	-1.333	-0.360	2.468	-12.1444	-7.8327	-7.1847	-5.2875	-9.7299	-10.1879	-9.43189	-7.21849	-12.4013	-5.2875	-12.401288
		4	19.333	3.272	319.123	-20.356	28.4348	304.6104	-269.811	-0.9207	35.7201	357.9555	-312.203	1.50255	44.25015	357.9555	-312.2028

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
3	604	0	31.687	5.692	-318.302	28.976	47.1316	-257.9535	314.99	54.5967	2.4399	-296.463	371.971	68.1786	7.329	371.9709	-296.4633
		2	-11.280	-1.939	1.101	-6.890	-16.6384	-9.1611	-11.1429	-16.353	-3.951	-12.2149	-14.527	-20.6055	-6.13646	-3.951	-20.605463
		4	3.993	0.231	320.504	-42.755	5.1612	292.0473	-284.86	-34.8858	42.0732	340.9038	-332.155	-40.5182	49.26731	340.90376	-332.15464
	605	0	3.997	0.243	-319.928	-43.410	5.1852	-284.3379	291.533	-35.4717	42.6663	-331.536	340.313	-41.1923	49.96871	340.31261	-331.53619
		2	-11.290	-1.943	-1.319	-3.793	-16.6568	-11.3481	-8.9739	-13.5747	-6.7473	-14.7696	-11.9997	-17.3673	-9.40196	-6.7473	-17.367263
		4	31.664	5.671	317.289	35.823	47.0704	314.0577	-257.063	60.7383	-3.7431	370.8666	-295.44	75.3273	0.098963	370.86356	-295.44034
	606	0	19.237	3.241	-317.066	-16.907	28.27	-268.0461	302.673	2.097	32.5296	-310.168	355.67	4.99879	40.50349	355.67044	-310.16816
		2	-8.427	-1.383	0.006	2.674	-12.3252	-7.5789	-7.5897	-5.1777	-9.9909	-9.93116	-9.94376	-7.12976	-12.7452	-5.1777	-12.745163
		4	22.150	3.794	317.077	22.255	32.6504	305.3043	-265.434	39.9645	-0.0945	359.1761	-306.686	49.613	2.877525	359.17613	-306.68553
	607	0	19.692	3.322	-316.359	-5.799	28.9456	-267.0003	302.446	12.5037	22.9419	-308.884	355.47	17.2037	29.38163	355.46963	-308.88428
		2	-9.431	-1.580	-0.057	2.575	-13.8452	-8.5392	-8.4366	-6.1704	-10.8054	-11.2067	-11.087	-8.44305	-13.8506	-6.1704	-13.85055
		4	19.685	3.318	316.244	10.948	28.9308	302.3361	-266.903	27.5697	7.8633	355.3384	-308.774	34.7776	11.78678	355.33838	-308.77403
	608	0	19.465	3.277	-315.768	2.310	28.6012	-266.6727	301.71	19.5975	15.4395	-308.538	354.575	25.4444	20.59339	354.57529	-308.53751
		2	-9.655	-1.623	-0.091	2.313	-14.1828	-8.7714	-8.6076	-6.6078	-10.7712	-11.5114	-11.3203	-8.98721	-13.8445	-6.6078	-14.1828
		4	19.466	3.277	315.586	2.316	28.6024	301.5468	-266.508	19.6038	15.435	354.3852	-308.345	25.4517	20.58814	354.33524	-308.34536
	609	0	19.684	3.318	-315.404	10.944	28.9296	-266.148	301.579	27.5652	7.866	-307.893	354.455	34.7723	11.78993	354.45533	-307.89308
		2	-9.431	-1.580	-0.125	2.575	-13.8452	-8.6004	-8.3754	-6.1704	-10.8054	-11.2781	-11.0156	-8.44305	-13.8506	-6.1704	-13.85055
		4	19.693	3.322	315.155	-5.793	28.9468	301.3632	-265.916	12.51	22.9374	354.2065	-307.619	17.2111	29.37638	354.20648	-307.61903
	610	0	22.148	3.794	-315.218	22.256	32.648	-263.763	303.629	39.9636	-0.0972	-304.736	357.222	49.612	2.874375	357.22208	-304.73573
		2	-8.427	-1.383	-0.188	2.676	-12.3252	-7.7535	-7.4151	-5.1759	-9.9927	-10.1349	-9.74006	-7.12766	-12.7473	-5.1759	-12.747263
		4	19.239	3.241	314.842	-16.903	28.2724	300.6729	-266.043	2.1024	32.5278	353.3373	-307.831	5.00509	40.50139	353.33734	-307.83086
	611	0	31.660	5.670	-314.410	35.843	47.064	-254.475	311.463	60.7527	-3.7647	-292.422	367.839	75.3433	0.072975	367.83863	-292.42238
		2	-11.289	-1.943	1.125	-3.795	-16.6556	-9.1476	-11.1726	-13.5756	-6.7446	-12.2023	-14.5648	-17.3683	-9.39881	-6.7446	-17.368313
		4	4.001	0.244	316.659	-43.433	5.1916	288.594	-281.392	-35.4888	42.6906	336.8852	-328.099	-41.2115	49.99785	336.88515	-328.09875
	612	0	3.995	0.231	-316.553	-43.073	5.1636	-281.3022	288.493	-35.1702	42.3612	-328.004	336.757	-40.85	49.60331	336.75731	-328.00399
		2	-11.280	-1.939	-1.270	-3.792	-16.6384	-11.295	-9.009	-13.5648	-6.7392	-14.7045	-12.0375	-17.3526	-9.38936	-6.7392	-17.352033
		4	31.686	5.692	314.012	35.489	47.1304	311.1282	-254.093	60.4575	-3.4227	367.4654	-291.96	75.0162	0.4893	367.46535	-291.95985
	613	0	19.331	3.272	-314.188	-20.354	28.4324	-265.3713	300.167	-0.9207	35.7165	-307.023	352.772	1.50255	44.24595	352.77165	-307.02315
		2	-8.343	-1.333	0.172	2.470	-12.1444	-7.3539	-7.6635	-5.2857	-9.7317	-9.62929	-9.99049	-7.21639	-12.4034	-5.2857	-12.403388
		4	22.222	3.862	314.532	25.294	32.8456	303.0786	-263.079	42.7644	-2.7648	356.633	-303.884	52.9331	-0.18428	356.63303	-303.88418
	614	0	20.529	3.814	-312.867	-10.056	30.7372	-263.1042	300.056	9.4257	27.5265	-303.951	353.069	14.0002	35.11778	353.06933	-303.95138
		2	-9.047	-1.291	1.050	2.271	-12.922	-7.1973	-9.0873	-6.0984	-10.1862	-9.41351	-11.6185	-8.13146	-12.9006	-6.0984	-12.922
		4	19.617	3.404	314.966	14.598	28.9868	301.1247	-265.814	30.7935	4.5171	353.9928	-307.436	38.6064	7.9506	353.9928	-307.4358

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
3	615	0	23.232	6.163	-301.803	-3.746	37.7392	-250.7139	292.532	17.5374	24.2802	-287.646	346.14	25.3137	33.18026	346.14011	-287.64619
		2	-11.566	-1.940	30.130	1.508	-16.9832	16.7076	-37.5264	-9.0522	-11.7666	17.96445	-45.3086	-12.0887	-15.2555	17.96445	-45.30855
		4	11.875	-0.243	362.064	6.762	13.8612	336.5451	-315.17	16.7733	4.6017	392.4446	-367.89	19.3775	5.177288	392.44459	-367.88901
4	646	0	11.233	-0.790	-335.870	7.381	12.2156	-292.1733	312.393	16.7526	3.4668	-341.491	363.836	18.9226	3.422475	363.83603	-341.49098
		2	-11.691	-1.955	-30.494	1.617	-17.1572	-37.9665	16.9227	-9.0666	-11.9772	-45.8338	18.2036	-12.1173	-15.513	18.203588	-45.833813
		4	23.625	6.680	274.881	-4.146	39.038	268.6554	-226.13	17.5311	24.9939	318.6918	-258.558	25.7135	34.42005	318.6918	-258.5583
	647	0	19.608	3.430	-297.430	15.507	29.0176	-250.0398	285.334	31.6035	3.6909	-289.012	335.591	39.5719	7.007175	335.59103	-289.01196
		2	-6.878	-1.198	-2.269	2.239	-12.5704	-10.0323	-5.9481	-5.9751	-10.0053	-12.6478	-7.88288	-7.91438	-12.6163	-5.9481	-12.647775
		4	20.875	3.974	292.893	-11.028	31.4084	282.3912	-244.816	8.8623	28.7127	332.5859	-282.489	13.4689	36.62768	332.58593	-282.48938
	648	0	22.986	4.024	-294.376	24.915	34.0216	-244.251	285.626	43.1109	-1.7361	-281.791	336.399	53.465	1.14345	336.399	-281.7906
		2	-7.941	-1.243	-0.356	2.010	-11.518	-7.4673	-6.8265	-5.3379	-8.9559	-9.69071	-8.94311	-7.20641	-11.4274	-5.3379	-11.518
		4	19.373	3.289	293.665	-20.895	28.51	281.7342	-246.863	-1.3698	36.2412	331.28	-285.417	0.99199	44.87149	331.27999	-285.41651
	649	0	34.070	6.160	-292.478	39.797	50.74	-232.5672	293.893	66.4803	-5.1543	-266.477	347.726	82.4114	-1.16235	347.7264	-266.4774
		2	-11.751	-2.031	1.216	-4.635	-17.3508	-9.4815	-11.6703	-14.7474	-6.4044	-12.6612	-15.2148	-18.8047	-9.07121	-6.4044	-18.804713
		4	0.668	-0.421	294.909	-49.066	0.128	266.0193	-264.817	-43.5582	44.7606	310.0243	-309.285	-51.1494	51.88916	310.02431	-309.28459
	650	0	0.690	-0.408	-294.293	-49.381	0.1752	-264.2427	265.485	-43.8219	45.0639	-308.604	309.411	-51.4469	52.25325	309.41085	-308.60445
		2	-11.764	-2.036	-1.426	-4.638	-17.3744	-11.871	-9.3042	-14.7618	-6.4134	-15.4529	-12.4583	-18.8255	-9.08565	-6.4134	-18.82545
		4	34.023	6.136	291.441	40.106	50.6452	292.9176	-231.676	66.7161	-5.4747	346.5693	-265.457	82.6676	-1.55505	346.5393	-265.4568
	651	0	19.270	3.248	-291.516	-16.971	28.3208	-245.0214	279.707	2.0691	32.6169	-283.301	328.883	4.97175	40.61085	328.8831	-283.3005
		2	-8.055	-1.310	-0.009	2.234	-11.762	-7.2576	-7.2414	-5.2389	-9.2601	-9.49883	-9.47993	-7.14368	-11.8351	-5.2389	-11.835075
		4	22.860	3.932	291.497	21.440	33.7232	282.9213	-241.773	39.87	1.278	333.1713	-278.972	49.6115	4.58745	333.1713	-278.9724
	652	0	19.824	3.346	-290.674	-6.271	29.1424	-243.765	279.448	12.1977	23.4855	-281.758	328.658	16.8656	30.03473	328.65788	-281.75753
		2	-9.336	-1.562	-0.036	2.553	-13.7024	-8.4348	-8.37	-6.1047	-10.7001	-11.0707	-10.9951	-8.35223	-13.7135	-6.1047	-13.713525
		4	19.744	3.330	290.603	11.377	29.0208	279.3123	-243.773	28.0089	7.5303	328.4867	-281.78	35.2994	11.40773	328.48673	-281.77958
	653	0	19.480	3.280	-290.099	2.424	28.624	-243.5571	278.621	19.7136	15.3504	-281.567	327.641	25.5822	20.4918	327.64095	-281.56695
		2	-9.639	-1.620	-0.089	2.428	-14.1588	-8.7552	-8.595	-6.4899	-10.8603	-11.4902	-11.3033	-8.8473	-13.8461	-6.4899	-14.1588
		4	19.482	3.280	289.920	2.432	28.6264	278.4618	-243.394	19.7226	15.345	327.4551	-281.377	25.5927	20.4855	327.4551	-281.3769
	654	0	19.743	3.330	-289.779	11.370	29.0196	-243.0324	278.57	28.0017	7.5357	-280.915	327.62	35.291	11.41403	327.62048	-280.91543
		2	-9.336	-1.562	-0.143	2.554	-13.7024	-8.5311	-8.2737	-6.1038	-10.701	-11.183	-10.8827	-8.35118	-13.7146	-6.1038	-13.714575
		4	19.825	3.346	289.492	-6.263	29.1436	278.3853	-242.7	12.2058	23.4792	327.4178	-280.515	16.8751	30.02738	327.41783	-280.51538
	655	0	22.859	3.932	-289.672	21.436	33.722	-240.1317	281.278	39.8655	1.2807	-277.057	331.254	49.6062	4.5906	331.254	-277.0572
		2	-8.055	-1.310	-0.169	2.236	-11.762	-7.4016	-7.0974	-5.2371	-9.2619	-9.66683	-9.31193	-7.14158	-11.8372	-5.2371	-11.837175
		4	19.272	3.248	289.334	-16.964	28.3232	277.7454	-243.056	2.0772	32.6124	326.5941	-281.007	4.9812	40.6056	326.5941	-281.0073

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
4	656	0	34.019	6.136	-288.619	40.129	50.6404	-229.14	290.374	66.7332	-5.499	-262.498	343.602	82.6875	-1.5834	343.602	-262.4979
		2	-11.763	-2.036	1.234	-4.640	-17.3732	-9.4761	-11.6973	-14.7627	-6.4107	-12.6588	-15.2502	-18.8265	-9.0825	-6.4107	-18.8265
		4	0.695	-0.407	291.087	-49.408	0.1828	262.6038	-261.353	-43.8417	45.0927	306.0506	-305.232	-51.4692	52.28764	306.05059	-305.23211
	657	0	0.670	-0.420	-291.031	-49.080	0.132	-261.3249	262.531	-43.569	44.775	-305.21	305.955	-51.1613	51.90675	305.9553	-305.2098
		2	-11.751	-2.030	-1.378	-4.637	-17.3492	-11.8161	-9.3357	-14.7492	-6.4026	-15.3841	-12.4903	-18.806	-9.06833	-6.4026	-18.806025
		4	34.068	6.159	288.274	39.807	50.736	290.1078	-228.785	66.4875	-5.1651	343.3093	-262.066	82.419	-1.17574	343.30931	-262.06609
	658	0	19.372	3.289	-288.838	-20.889	28.5088	-242.5194	277.389	-1.3653	36.2349	-280.349	326.211	0.99724	44.86414	326.21059	-280.34921
		2	-7.941	-1.243	0.172	2.011	-11.518	-6.9921	-7.3017	-5.337	-8.9568	-9.13631	-9.49751	-7.20536	-11.4285	-5.337	-11.518
		4	22.986	4.024	289.182	24.912	34.0216	280.9512	-239.576	43.1082	-1.7334	330.9453	-276.337	53.4618	1.1466	330.9453	-276.3369
	659	0	20.874	3.974	-287.085	-11.024	31.4072	-239.5899	277.163	8.865	28.7082	-276.392	326.486	13.472	36.62243	326.48648	-276.39203
		2	-8.878	-1.198	2.070	2.239	-12.5704	-6.1272	-9.8532	-5.9751	-10.0053	-8.09183	-12.4388	-7.91438	-12.6163	-5.9751	-12.616275
		4	19.609	3.431	291.224	15.502	29.0204	279.7497	-244.454	31.5999	3.6963	329.0766	-282.494	39.5685	7.014263	329.07656	-282.49384
	660	0	23.624	6.679	-268.251	-4.144	39.0352	-220.1643	262.688	17.532	24.9912	-251.599	311.728	25.7137	34.41611	311.72846	-251.59864
		2	-11.691	-1.955	29.526	1.617	-17.1572	16.0515	-37.0953	-9.0666	-11.9772	17.18719	-44.8174	-12.1173	-15.513	17.187188	-44.817413
		4	11.234	-0.790	327.303	7.377	12.2168	304.6833	-284.462	16.7499	3.4713	354.8417	-332.495	18.9194	3.427725	354.84173	-332.49458
5	691	0	10.928	-1.255	-290.155	7.765	11.1056	-251.3043	270.975	16.8237	2.8467	-294.177	315.149	18.6393	2.332838	315.14884	-294.17666
		2	-11.678	-1.955	-27.220	1.664	-17.1416	-35.0082	13.9878	-9.0126	-12.0078	-42.3825	14.7795	-12.0543	-15.5487	14.779538	-42.382463
		4	23.955	7.145	235.716	-4.437	40.178	233.7039	-190.585	17.5662	25.5528	278.2812	-216.722	26.1206	35.43829	278.28124	-216.72236
	692	0	19.440	3.393	-268.745	15.894	28.7568	-224.3745	259.367	31.9006	3.1914	-259.098	305.266	39.7727	6.395288	305.26624	-259.09826
		2	-8.766	-1.134	-3.248	2.178	-12.3336	-10.8126	-4.9662	-5.9292	-9.8496	-13.5077	-6.68693	-7.81043	-12.3842	-4.9662	-13.507725
		4	21.269	4.139	262.249	-11.539	32.1452	255.1662	-216.882	8.757	29.5272	300.9534	-249.77	13.476	37.70786	300.95336	-249.76954
	693	0	23.808	4.209	-264.392	24.529	35.304	-216.5256	259.38	43.5033	-0.6489	-249.299	305.925	54.0684	2.557538	305.92459	-249.29861
		2	-7.687	-1.183	-0.332	1.910	-11.1172	-7.2171	-6.6195	-5.1993	-8.6373	-9.35156	-8.65436	-6.99746	-11.0085	-5.1993	-11.1172
		4	19.058	3.225	263.729	-20.708	28.0296	254.5083	-220.204	-1.485	35.7894	299.466	-254.365	0.80719	44.29399	299.46604	-254.36486
	694	0	36.228	6.590	-261.838	42.952	54.0176	-203.049	263.259	71.262	-6.0516	-231.701	318.159	88.3286	-1.87057	318.15893	-231.70088
		2	-12.070	-2.092	1.062	-5.102	-17.8312	-9.9072	-11.8188	-15.4548	-6.2712	-13.2059	-15.4361	-19.6781	-8.96385	-6.2712	-19.67805
		4	-2.128	-0.974	263.963	-53.157	-4.112	235.6515	-239.482	-49.7565	45.9261	274.1597	-280.163	-58.8163	52.81343	274.15973	-280.16258
	695	0	-2.122	-0.952	-263.292	-53.487	-4.0696	-238.8726	235.053	-50.0481	46.2285	-279.434	273.479	-59.1392	53.18355	273.4786	-279.4344
		2	-12.085	-2.098	-1.273	-5.105	-17.8588	-12.0222	-9.7308	-15.471	-6.282	-15.6781	-13.0048	-19.7017	-8.98118	-6.282	-19.701675
		4	36.192	6.556	260.747	43.277	53.92	267.2451	-202.1	71.5221	-6.3765	316.9488	-230.62	88.6053	-2.2764	316.9488	-230.6199
	696	0	18.916	3.183	-261.372	-16.376	27.792	-218.2104	252.259	2.286	31.7628	-252.072	296.809	5.17361	39.56321	296.80901	-252.07219
		2	-7.828	-1.265	-0.084	2.144	-11.4176	-7.1208	-6.9696	-5.1156	-8.9748	-9.30379	-9.12739	-6.96439	-11.4668	-5.1156	-11.466788
		4	23.669	4.086	261.205	20.664	34.9404	256.3866	-213.782	39.8997	2.7045	302.3354	-246.195	49.7674	6.372975	302.33543	-246.19508

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
5	697	0	19.941	3.370	-260.213	-6.392	29.3212	-216.2448	252.139	12.1941	23.6997	-249.632	296.816	16.8803	30.30353	296.81558	-249.63173
		2	-9.249	-1.545	-0.016	2.482	-13.5708	-8.3385	-8.3097	-6.0903	-10.5579	-10.9449	-10.9113	-8.32204	-13.5342	-6.0903	-13.5708
		4	19.801	3.340	260.181	11.357	29.1052	251.9838	-216.342	28.0422	7.5996	296.6114	-249.769	35.3462	11.49645	296.61135	-249.76875
	698	0	19.492	3.282	-259.648	2.432	28.6416	-216.1404	251.226	19.7316	15.354	-249.579	295.682	25.6048	20.49758	295.68158	-249.57923
		2	-9.628	-1.618	-0.088	2.437	-14.1424	-8.7444	-8.586	-6.4719	-10.8585	-11.476	-11.2912	-8.82473	-13.9424	-6.4719	-14.1424
		4	19.493	3.282	259.472	2.442	28.6428	251.0685	-215.981	19.7415	15.3459	295.4978	-249.393	25.6163	20.48813	295.49783	-249.39338
	699	0	19.799	3.340	-259.367	11.347	29.1028	-215.6112	251.249	28.0314	7.6068	-248.916	295.755	35.3336	11.50485	295.75455	-248.91615
		2	-9.249	-1.545	-0.161	2.482	-13.5708	-8.469	-8.1792	-6.0903	-10.5579	-11.0972	-10.7591	-8.32204	-13.5342	-6.0903	-13.5708
		4	19.942	3.371	259.044	-6.382	29.324	251.0874	-215.192	12.204	23.6916	295.59	-248.402	16.8927	30.29486	295.58996	-248.40244
	700	0	23.667	4.086	-259.402	20.655	34.938	-212.1615	254.762	39.8898	2.7108	-244.304	300.44	49.7558	6.380325	300.44018	-244.30403
		2	-7.828	-1.265	-0.093	2.144	-11.4176	-7.1289	-6.9615	-5.1156	-8.9748	-9.31324	-9.11794	-6.96439	-11.4668	-5.1156	-11.466788
		4	18.917	3.183	259.216	-16.366	27.7932	250.3197	-216.269	2.2959	31.7547	294.5463	-249.807	5.18516	39.55376	294.54626	-249.80734
	701	0	36.188	6.555	-257.959	43.302	53.9136	-199.5939	264.732	71.541	-6.4026	-227.697	314.016	88.6266	-2.30764	314.01641	-227.69749
		2	-12.084	-2.098	1.084	-5.108	-17.8576	-9.9	-11.8512	-15.4728	-6.2784	-13.2022	-15.4786	-19.7038	-8.97698	-6.2784	-19.703775
		4	-2.117	-0.951	260.127	-53.517	-4.062	232.209	-236.02	-50.0706	46.26	270.1616	-276.105	-59.1646	53.22109	270.16159	-276.10511
	702	0	-2.124	-0.973	-260.125	-53.175	-4.1056	-236.0241	232.201	-49.7691	45.9459	-276.128	270.135	-58.8302	52.83731	270.13481	-276.12769
		2	-12.070	-2.092	-1.224	-5.105	-17.8312	-11.9646	-9.7614	-15.4575	-6.2685	-15.6062	-13.0358	-19.6812	-8.9607	-6.2685	-19.6812
		4	36.225	6.589	257.677	42.966	54.0124	264.5118	-199.307	71.2719	-6.0669	313.7859	-227.336	88.3394	-1.88921	313.78594	-227.33576
	703	0	19.057	3.225	-258.947	-20.699	28.0284	-215.901	250.204	-1.4778	35.7804	-249.345	294.444	0.81559	44.28349	294.44389	-249.34481
		2	-7.687	-1.183	0.147	1.910	-11.1172	-6.786	-7.0506	-5.1993	-8.6373	-8.84861	-9.15731	-6.99746	-11.0085	-5.1993	-11.1172
		4	23.808	4.209	259.241	24.520	35.304	254.7441	-211.89	43.4952	-0.6408	300.516	-243.89	54.059	2.566988	300.51604	-243.89006
	704	0	21.268	4.139	-256.513	-11.533	32.144	-211.7205	250.003	8.7615	29.5209	-243.748	294.93	13.4812	37.70051	294.92951	-243.74779
		2	-8.766	-1.134	3.041	2.177	-12.3336	-5.1525	-10.6263	-5.9301	-9.8487	-6.90428	-13.2904	-7.81148	-12.3832	-5.1525	-13.290375
		4	19.441	3.393	262.594	15.886	28.758	253.8315	-218.838	31.7943	3.1995	298.8087	-252.639	39.7653	6.404738	298.80874	-252.63866
	705	0	23.954	7.145	-229.208	-4.434	40.1768	-184.7286	227.846	17.568	25.5492	-209.89	271.447	26.1227	35.43409	271.44679	-209.89001
		2	-11.678	-1.955	26.260	1.663	-17.1416	13.1238	-34.1442	-9.0135	-12.0069	13.77154	-41.3745	-12.0553	-15.5476	13.771538	-41.374463
		4	10.929	-1.255	281.728	7.761	11.1068	263.3913	-243.719	16.821	2.8512	306.3015	-285.327	18.6362	2.338088	306.30154	-285.32726
6	736	0	10.533	-1.591	-241.856	7.956	10.094	-208.1907	227.15	16.6401	2.3193	-244.142	263.756	18.1605	1.452938	263.75554	-244.14206
		2	-11.761	-1.968	-24.496	1.670	-17.262	-32.6313	11.4615	-9.0819	-12.0879	-39.6197	11.822	-12.1454	-15.6524	11.82195	-39.61965
		4	24.184	7.455	192.863	-4.615	40.9488	195.3423	-151.811	17.6121	25.9191	233.7702	-171.242	26.4183	36.10976	233.77016	-171.24214
	737	0	19.427	3.398	-232.435	15.922	28.7492	-191.7072	226.676	31.8141	3.1545	-220.982	267.131	39.7924	6.356175	267.13103	-220.98248
		2	-8.636	-1.068	-3.924	2.116	-12.072	-11.304	-4.2408	-5.868	-9.8768	-14.0291	-5.78865	-7.68705	-12.1307	-4.2408	-14.02905
		4	21.540	4.265	224.587	-11.689	32.672	221.5143	-182.742	8.8659	29.9061	261.792	-209.841	13.7022	38.24914	261.79204	-209.84066

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
6	738	0	24.409	4.338	-227.703	24.206	36.2316	-182.9646	226.901	43.7535	0.1827	-210.043	268.134	54.4619	3.629325	268.13378	-210.04253
		2	-7.413	-1.121	-0.381	1.926	-10.6892	-7.0146	-6.3288	-4.9383	-8.4051	-9.06649	-8.26639	-6.64414	-10.6887	-4.9383	-10.6892
		4	19.006	3.220	226.942	-20.355	27.9592	221.3532	-187.142	-1.2141	35.4249	260.7812	-215.797	1.1193	43.8648	260.78115	-215.79705
	739	0	37.619	6.858	-224.696	44.248	56.1156	-168.3693	236.084	73.6803	-5.9661	-191.03	280.831	91.361	-1.55977	280.83143	-191.03018
		2	-12.402	-2.156	1.119	-5.562	-18.332	-10.1547	-12.1689	-16.1676	-6.156	-13.545	-15.8949	-20.5601	-8.87985	-6.156	-20.56005
		4	-4.182	-1.369	226.935	-55.373	-7.2088	200.4777	-208.005	-53.5995	46.0719	232.8126	-243.751	-63.6108	52.67246	232.81256	-243.75094
	740	0	-4.169	-1.349	-226.280	-55.685	-7.1612	-207.4041	199.9	-53.8686	46.3644	-243.034	232.154	-63.909	53.02946	232.15421	-243.03379
		2	-12.419	-2.163	-1.294	-5.565	-18.3636	-12.3417	-10.0125	-16.1856	-6.1686	-16.102	-13.3846	-20.5866	-8.90006	-6.1686	-20.586563
		4	37.571	6.824	223.692	44.554	56.0036	235.1367	-167.509	73.9125	-6.2847	279.7001	-190.053	91.6052	-1.95825	279.70005	-190.05315
	741	0	18.852	3.169	-224.585	-15.685	27.6928	-185.1597	219.093	2.8503	31.0833	-213.524	258.104	5.82094	38.75944	258.10444	213.52406
		2	-7.576	-1.217	-0.087	2.162	-11.0384	-6.8967	-6.7401	-4.8726	-8.7642	-9.00454	-8.82184	-6.64309	-11.1833	-4.8726	-11.183288
		4	24.236	4.197	224.410	20.009	35.7984	223.7814	-180.157	39.8205	3.8043	264.3834	-206.878	49.7624	7.743488	264.38344	-206.87756
	742	0	20.057	3.392	-223.397	-6.256	29.4956	-183.006	219.109	12.4209	23.6817	-210.836	258.298	17.1623	30.29985	258.2979	-210.8358
		2	-9.172	-1.530	-0.001	2.400	-13.4544	-8.2557	-8.2539	-6.0948	-10.4148	-10.8365	-10.8344	-8.31548	-13.3555	-6.0948	-13.4544
		4	19.840	3.348	223.395	11.055	29.1648	218.9115	-183.2	27.8055	7.9065	258.0333	-211.096	35.0763	11.8608	258.0333	-211.0962
	743	0	19.502	3.284	-222.835	2.375	28.6568	-182.9997	218.103	19.6893	15.4143	-210.914	257.04	25.557	20.5695	257.04	-210.9135
		2	-9.617	-1.616	-0.005	2.381	-14.126	-8.7318	-8.5788	-6.5124	-10.7982	-11.4597	-11.2812	-8.8704	-13.8705	-6.5124	-14.126
		4	19.503	3.284	222.665	2.386	28.658	217.9512	-182.846	19.7001	15.4053	256.8626	-210.734	25.5696	20.559	256.86255	-210.73395
	744	0	19.838	3.348	-222.609	11.043	29.1624	-182.4939	218.202	27.7929	7.9155	-210.273	257.206	35.0616	11.8713	257.2059	-210.273
		2	-9.172	-1.530	-0.169	2.399	-13.4544	-8.4069	-8.1027	-6.0957	-10.4139	-11.0129	-10.658	-8.31653	-13.3544	-6.0957	-13.4544
		4	20.058	3.392	222.270	-6.244	29.4968	218.0952	-181.991	12.4326	23.6718	257.1156	-209.651	17.1759	30.2883	257.1156	-209.6514
	745	0	24.234	4.197	-222.674	19.992	35.796	-178.596	222.217	39.8034	3.8178	-205.057	262.559	49.7424	7.759238	262.55854	-205.05686
		2	-7.576	-1.217	-0.083	2.161	-11.0384	-6.8931	-6.7437	-4.8735	-8.7633	-9.00034	-8.82604	-6.64414	-11.1822	-4.8735	-11.182238
		4	18.853	3.169	222.508	-15.671	27.694	217.2249	-183.29	2.8638	31.0716	255.9246	-211.342	5.83669	38.74579	255.92464	-211.34216
	746	0	37.566	6.823	-221.007	44.579	55.996	-165.0869	232.716	73.9305	-6.3117	-187.24	276.875	91.6254	-1.99054	276.87476	-187.23994
		2	-12.419	-2.163	1.110	-5.568	-18.3636	-10.1781	-12.1761	-16.1883	-6.1659	-13.5778	-15.9088	-20.5897	-8.89691	-6.1659	-20.589713
		4	-4.164	-1.348	223.227	-55.715	-7.1536	197.1567	-204.652	-53.8911	46.3959	228.9546	-239.822	-63.9345	53.067	228.9546	-239.8221
	747	0	-4.179	-1.369	-223.231	-55.392	-7.2052	-204.669	197.147	-53.6139	46.0917	-239.859	228.927	-63.6276	52.69556	228.92651	-239.85859
		2	-12.401	-2.156	-1.272	-5.565	-18.3308	-12.3057	-10.0161	-16.1694	-6.1524	-16.0545	-13.3833	-20.5622	-8.87565	-6.1524	-20.56215
		4	37.616	6.857	220.687	44.263	56.1104	232.4727	-164.764	73.6911	-5.9823	276.618	-186.825	91.3728	-1.57946	276.61804	-186.82466
	748	0	19.005	3.220	-222.336	-20.343	27.958	-182.9979	217.207	-1.2042	35.4132	-210.962	255.944	1.13085	43.85115	255.9438	-210.9618
		2	-7.413	-1.121	0.199	1.924	-10.6892	-6.4926	-6.8508	-4.9401	-8.4033	-8.45749	-8.87539	-6.64624	-10.6866	-4.9401	-10.6892
		4	24.409	4.338	222.733	24.191	36.2316	222.4278	-178.492	43.74	0.1962	262.9153	-204.824	54.4462	3.645075	262.91528	-204.82403

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
6	749	0	21.540	4.265	-219.101	-11.682	32.672	-177.8049	216.577	8.8722	29.8998	-204.08	256.032	13.7096	38.24179	256.03174	-204.08036
		2	-8.636	-1.069	3.725	2.115	-12.0736	-4.4199	-11.1249	-5.8689	-9.6759	-5.99839	-13.8209	-7.68889	-12.1304	-4.4199	-13.820888
		4	19.428	3.398	226.551	15.912	26.7504	221.3811	-186.411	31.806	3.1644	260.9539	-214.803	39.7829	6.367725	260.95388	-214.80323
	750	0	24.183	7.455	-186.601	-4.612	40.9476	-146.1762	189.706	17.6139	25.9155	-164.668	227.194	26.4204	36.10556	227.19401	-164.66809
		2	-11.761	-1.968	23.550	1.669	-17.262	10.6101	-31.7799	-9.0828	-12.087	10.82865	-38.6264	-12.1464	-15.6513	10.82865	-38.62635
		4	10.534	-1.591	233.700	7.950	10.0952	219.8106	-200.849	16.6356	2.3256	255.1928	-235.577	18.1553	1.460288	255.19279	-235.57721
7	781	0	10.209	-1.836	-185.389	8.004	9.3132	-157.662	176.038	16.3917	1.9845	-185.385	203.932	17.6778	0.8694	203.93205	-185.38485
		2	-11.828	-1.978	-20.630	1.645	-17.3584	-29.2122	7.9218	-9.1647	-12.1257	-35.6386	7.68443	-12.2498	-15.7043	7.9218	-35.638575
		4	24.376	7.680	144.130	-4.713	41.5392	151.6554	-107.779	17.6967	26.1801	182.9793	-119.694	26.6942	36.59145	182.9793	-119.6937
	782	0	19.379	3.405	-189.644	15.664	28.7028	-153.2385	188.121	31.5387	3.3435	-176.097	222.156	39.4766	6.582188	222.15559	-176.09681
		2	-8.520	-1.012	-4.623	2.029	-11.8432	-11.8287	-3.5073	-5.8419	-9.4941	-14.5971	-4.8888	-7.6125	-11.8734	-3.5073	-14.5971
		4	21.820	4.372	180.399	-11.606	33.1792	181.9971	-142.721	9.1926	30.0834	215.7729	-163.065	14.1677	38.54025	215.7729	-163.065
	783	0	24.917	4.458	-184.436	23.629	37.0332	-143.5671	188.418	43.6914	1.1592	-163.984	223.331	54.484	4.863075	223.33133	-163.98428
		2	-7.180	-1.068	-0.419	2.129	-10.3248	-6.8391	-6.0849	-4.5459	-8.3781	-8.82	-7.9401	-6.1446	-10.6155	-4.5459	-10.6155
		4	18.962	3.207	183.598	-19.370	27.8856	182.304	-148.172	-0.3672	34.4988	215.2135	-170.342	2.09711	42.77411	215.21351	-170.34229
	784	0	38.645	7.056	-180.939	44.795	57.6636	-128.0646	197.626	75.096	-5.535	-143.852	236.12	93.1686	-0.9009	236.1198	-143.8521
		2	-12.691	-2.211	1.097	-5.920	-18.7668	-10.4346	-12.4092	-16.7499	-6.0939	-13.9149	-16.2186	-21.2827	-8.85071	-6.0939	-21.282713
		4	-5.787	-1.677	183.133	-56.635	-9.6276	159.6114	-170.028	-56.1798	45.7632	184.8927	-199.687	-66.8637	52.06976	184.89266	-199.68664
7	785	0	-5.781	-1.652	-182.482	-56.934	-9.5804	-169.4367	159.031	-56.4435	46.0377	-198.977	184.235	-67.1517	52.4097	184.2351	-198.9771
		2	-12.711	-2.219	-1.245	-5.923	-18.8036	-12.5604	-10.3194	-16.7706	-6.1092	-16.4013	-13.7868	-21.3132	-8.87486	-6.1092	-21.313163
		4	38.600	7.015	179.992	45.089	57.544	186.7328	-127.253	75.3201	-5.8401	235.0459	-142.937	93.3978	-1.28914	235.04591	142.93729
	786	0	18.785	3.156	-181.171	-14.406	27.5916	-146.1474	179.96	3.9411	29.8719	-168.02	212.439	7.0833	37.3359	212.43915	-168.01995
		2	-7.365	-1.177	-0.109	2.363	-10.7212	-6.7266	-6.5304	-4.5018	-8.7552	-8.77459	-8.54569	-6.17899	-11.1413	-4.5018	-11.141288
		4	24.725	4.290	180.953	19.133	36.534	185.1102	-140.605	39.4722	5.0328	219.3403	-160.661	49.4293	9.249975	219.34028	-160.66103
	787	0	20.187	3.418	-179.917	-5.959	29.6932	-143.757	180.094	12.8052	23.5314	-165.025	212.801	17.6311	30.14498	212.80088	-165.02483
		2	-9.096	-1.515	0.015	2.280	-13.3392	-8.1729	-8.1999	-6.1344	-10.2384	-10.7281	-10.7596	-8.34986	-13.1379	-6.1344	-13.3392
		4	19.861	3.352	179.947	10.520	29.1964	179.8272	-144.077	27.3429	8.4069	212.4381	-165.451	34.5398	12.44775	212.4381	-165.4506
	788	0	19.509	3.285	-179.371	2.264	28.6668	-143.8758	178.992	19.5957	15.5205	-165.268	211.411	25.4486	20.69419	211.41094	-165.26816
		2	-9.610	-1.614	-0.079	2.271	-14.1144	-8.7201	-8.5779	-6.6051	-10.6929	-11.4445	-11.2786	-8.97698	-13.7461	-6.6051	-14.1144
		4	19.510	3.286	179.212	2.278	28.6696	178.8498	-143.732	19.6092	15.5088	211.2458	-165.099	25.4651	20.68133	211.24583	-165.09938
	789	0	19.859	3.351	-179.214	10.504	29.1924	-143.4195	179.166	27.3267	8.4195	-164.684	211.666	34.5201	12.46166	211.66556	-164.68384
		2	-9.096	-1.515	-0.174	2.280	-13.3392	-8.343	-8.0298	-6.1344	-10.2384	-10.9266	-10.5612	-8.34986	-13.1379	-6.1344	-13.3392
		4	20.188	3.418	178.865	-5.945	29.6944	179.1477	-142.809	12.8187	23.5197	211.6973	-163.919	17.6468	30.13133	211.69733	-163.91918

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
7	790	0	24.723	4.290	-179.333	19.111	36.5316	-139.149	183.65	39.4500	5.0508	-158.962	217.637	49.4041	9.270975	217.63718	-158.96213
		2	-7.365	-1.177	-0.050	2.361	-10.7212	-6.6735	-6.5835	-4.5036	-8.7534	-8.71264	-8.60764	-6.18109	-11.1392	-4.5036	-11.139189
		4	18.786	3.157	179.233	-14.388	27.5914	178.2171	-144.402	3.9582	29.8566	210.4061	-165.983	7.10404	37.31884	210.40609	-165.98321
	791	0	38.596	7.014	-177.482	45.111	57.5376	-124.9974	194.47	75.3363	-5.8635	-140.307	232.405	93.4159	-1.31723	232.40543	-140.30678
		2	-12.710	-2.219	1.071	-5.925	-18.8024	-10.4751	-12.4029	-16.7715	-6.1065	-13.9684	-16.2175	-21.3142	-8.87171	-6.1065	-21.314213
		4	-5.776	-1.651	179.623	-56.962	-9.5728	156.4623	-186.859	-56.4642	46.0674	181.2392	-195.969	-67.1751	52.44514	181.23919	-195.96911
	792	0	-5.783	-1.677	-179.657	-56.655	-9.6228	-186.896	156.487	-56.1942	45.7848	-196.033	181.247	-66.8805	52.09496	181.24706	-196.03264
		2	-12.691	-2.211	-1.239	-5.922	-18.7668	-12.537	-10.3068	-16.7517	-6.0921	-16.3677	-13.7658	-21.2848	-8.84861	-6.0921	-21.284813
		4	38.642	7.055	177.180	44.810	57.6584	194.2398	-124.684	75.1068	-5.5512	232.1689	-139.909	93.1804	-0.92059	232.16891	-139.90909
	793	0	18.962	3.207	-179.271	-19.354	27.8856	-144.2781	178.41	-0.3528	34.4844	-165.799	210.67	2.11391	42.75731	210.67016	-165.79894
		2	-7.181	-1.068	0.242	2.127	-10.326	-6.2451	-6.6807	-4.5486	-8.3772	-8.127	-8.6352	-6.14775	-10.6145	-4.5486	-10.61445
		4	24.917	4.458	179.754	23.608	37.0332	184.2039	-139.353	43.6725	1.1781	218.4152	-159.068	54.4619	4.885125	218.41523	-159.06818
	794	0	21.820	4.372	-175.290	-11.597	33.1792	-138.123	177.399	9.2007	30.0753	-157.701	210.408	14.1771	38.5308	210.40845	-157.70055
		2	-8.520	-1.012	4.432	2.028	-11.8432	-3.6792	-11.6568	-5.8428	-9.4932	-5.08935	-14.3966	-7.61355	-11.8724	-3.6792	-14.39655
		4	19.380	3.405	184.154	15.652	28.704	183.1806	-148.297	31.5288	3.3552	216.3921	-170.331	39.465	6.595838	216.39214	-170.33126
	795	0	24.376	7.680	-138.157	-4.709	41.5392	-102.4029	146.28	17.7003	26.1765	-113.422	176.708	26.6984	36.58725	176.70765	-113.42205
		2	-11.827	-1.978	19.729	1.644	-17.3572	7.1118	-28.4004	-9.1647	-12.1239	6.739425	-34.6915	-12.2498	-15.7022	7.1118	-34.691475
		4	10.209	-1.836	177.615	7.998	9.3132	169.0416	-150.665	16.3863	1.9899	195.7694	-177.222	17.6715	0.8757	195.76935	-177.22215
8	826	0	9.820	-1.919	-123.615	7.953	8.7136	-102.4155	120.092	15.9857	1.6803	-120.996	138.596	17.1504	0.449138	138.59554	-120.99596
		2	-11.958	-1.989	-16.609	1.599	-17.532	-25.7103	4.1859	-9.3231	-12.2013	-31.5617	3.31721	-12.4433	-15.8012	4.1859	-31.561688
		4	24.505	7.740	90.397	-4.754	41.79	103.4118	-59.3028	17.7759	26.3331	126.7424	-63.0914	26.8338	36.8172	126.74235	-63.09135
	827	0	19.421	3.457	-140.330	15.179	28.8364	-108.8181	143.776	31.14	3.8178	-124.232	170.461	39.0524	7.176488	170.46094	-124.23206
		2	-8.402	-0.955	-5.311	1.888	-11.6104	-12.3417	-2.7819	-5.8626	-9.261	-15.1507	-3.99761	-7.59176	-11.5566	-2.7819	-15.150713
		4	22.014	4.434	129.707	-11.403	33.5112	136.5489	-96.9237	9.5499	30.0753	162.7988	-109.586	14.6333	38.57963	162.79883	-109.58588
	828	0	25.109	4.510	-134.462	22.324	37.3468	-98.4177	143.614	42.6897	2.5065	-111.269	171.101	53.3563	6.475875	171.10118	-111.26903
		2	-6.909	-1.009	-0.392	2.038	-9.9052	-6.5709	-5.8653	-4.3839	-8.0523	-8.46064	-7.63744	-5.90914	-10.1889	-4.3839	-10.188938
		4	19.313	3.272	133.678	-18.248	28.4108	137.6919	-102.929	0.9585	33.8049	163.2173	-117.507	3.69495	42.01575	163.21725	-117.50655
	829	0	38.842	7.083	-130.630	44.106	57.9432	-82.6092	152.525	74.6532	-4.7376	-90.7995	183.523	92.6733	0.050662	183.52346	-90.799538
		2	-13.008	-2.271	0.976	-6.366	-19.2432	-10.8288	-12.5856	-17.4366	-5.9778	-14.422	-16.4716	-22.1311	-8.76251	-5.9778	-22.131113
		4	-6.618	-1.825	132.582	-56.838	-10.8616	113.3676	-125.28	-57.1104	45.198	130.825	-147.597	-68.066	51.29381	130.82501	-147.59719
	830	0	-6.649	-1.807	-132.037	-57.099	-10.87	-124.8174	112.849	-57.3732	45.405	-147.043	130.234	-68.3584	51.54949	130.23439	-147.04331
		2	-13.029	-2.280	-1.046	-6.369	-19.2828	-12.6675	-10.7847	-17.4582	-5.994	-16.5743	-14.3777	-22.1634	-8.7885	-5.994	-22.1634
		4	38.831	7.048	129.945	44.362	57.874	151.8984	-82.0026	74.8737	-4.9779	182.7651	-90.1194	92.903	-0.25725	182.7651	-90.1194

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT (m)	B. MATI (kN-m)	B. HIDUP (kN-m)	GEMPA X (kN-m)	GEMPA Y (kN-m)	1,2MD+1,6ML (kN-m)	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
								Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
8	831	0	19.096	3.214	-131.575	-13.060	28.0576	-101.2311	135.604	5.4324	28.9404	-115.572	160.736	8.86883	36.29483	160.73558	-115.57193
		2	-7.113	-1.129	-0.137	2.267	-10.342	-6.525	-6.2784	-4.3614	-8.442	-8.50159	-8.21389	-5.97739	-10.7381	-4.3614	-10.738088
		4	24.917	4.328	131.301	17.594	36.8252	140.5962	-95.7456	38.2599	6.5907	167.4372	-108.295	48.0449	11.09745	167.4372	-108.2949
	832	0	20.309	3.442	-130.310	-5.618	29.878	-99.0009	135.557	13.2219	23.3343	-112.79	160.861	18.1361	29.93393	160.86053	-112.79048
		2	-9.036	-1.503	0.061	2.106	-13.248	-8.0775	-8.1873	-6.237	-10.0278	-10.6074	-10.7355	-8.46011	-12.8827	-6.237	-13.248
		4	19.860	3.351	130.433	9.829	29.1936	135.2637	-99.5157	26.7201	9.0279	160.4466	-113.463	33.8124	13.17146	160.44656	-113.46274
	833	0	19.515	3.287	-129.943	2.127	28.6772	-99.3852	134.512	19.4778	15.6492	-113.361	159.519	25.3126	20.84591	159.51941	-113.36089
		2	-9.605	-1.613	-0.053	2.135	-14.1068	-8.6922	-8.5968	-6.723	-10.566	-11.4111	-11.2998	-9.11374	-13.5972	-6.723	-14.1068
		4	19.515	3.287	129.837	2.143	28.6772	134.4168	-99.2898	19.4922	15.6348	159.4081	-113.25	25.3294	20.82911	159.40811	-113.24959
	834	0	19.859	3.351	-129.942	9.811	29.1924	-99.0747	134.821	26.703	9.0432	-112.948	159.93	33.7924	13.18931	159.92996	-112.94824
		2	-9.036	-1.503	-0.169	2.105	-13.248	-8.2845	-7.9803	-6.2379	-10.0269	-10.8489	-10.494	-8.46116	-12.8817	-6.2379	-13.248
		4	20.309	3.442	129.603	-5.601	29.878	134.9208	-98.3646	13.2372	23.319	160.1182	-112.048	18.154	29.91608	160.11818	-112.04813
	835	0	24.915	4.327	-130.214	17.568	36.8272	-94.7691	139.616	38.2347	6.6123	-107.156	166.283	48.0147	11.12186	166.29296	-107.15644
		2	-7.114	-1.129	0.029	2.265	-10.3432	-6.3765	-6.4287	-4.3641	-8.4411	-8.32834	-8.38924	-5.98054	-10.737	-4.3641	-10.737038
		4	19.098	3.214	130.272	-13.039	28.06	134.433	-100.057	5.4531	28.9233	159.3695	-114.202	8.89298	36.27488	159.36953	-114.20168
	836	0	38.827	7.047	-128.239	44.382	57.8676	-80.4708	150.359	74.6881	-4.9995	-88.3331	180.969	92.919	-0.28324	180.96881	-88.333088
		2	-13.029	-2.279	0.917	-6.371	-19.2812	-10.9008	-12.5514	-17.46	-5.9922	-14.5123	-16.438	-22.1647	-8.78561	-5.9922	-22.164713
		4	-6.645	-1.806	130.073	-57.125	-10.8636	111.0852	-123.046	-5[illegible].393	45.432	128.1772	-144.976	-68.3807	51.58178	128.17718	-144.97613
	837	0	-6.614	-1.824	-130.158	-56.857	-10.8552	-123.0948	111.19	57.1239	45.2187	-145.047	128.285	-68.081	51.31875	128.2848	-145.047
		2	-13.007	-2.271	-1.075	-6.368	-19.242	-12.6738	-10.7388	-17.4375	-5.9751	-16.5745	-14.317	-22.1322	-8.75936	-5.9751	-22.132163
		4	38.840	7.082	128.007	44.120	57.9392	150.1623	-80.2503	74.664	-4.752	180.7664	-88.0483	92.6851	0.033075	180.76643	-88.048275
	838	0	19.313	3.272	-130.591	-18.229	28.4108	-100.1502	134.914	0.9756	33.7878	-114.265	159.976	3.7149	41.9958	159.9759	-114.2652
		2	-6.909	-1.009	0.229	2.035	-9.9052	-6.012	-6.4242	-4.3866	-8.0496	-7.80859	-8.28949	-5.91229	-10.1858	-4.3866	-10.185788
		4	25.109	4.509	131.050	22.300	37.3452	140.5431	-95.3469	42.6681	2.5281	167.5178	-107.687	53.3303	6.500288	167.51779	-107.68721
	839	0	22.014	4.434	-126.093	-11.393	33.5112	-93.6711	133.296	9.5589	30.0663	-105.791	159.004	14.6438	38.56913	159.00413	-105.79118
		2	-8.402	-0.955	5.187	1.886	-11.6104	-2.8935	-12.2301	-5.8644	-9.2592	-4.12781	-15.0205	-7.59386	-11.5545	-2.8935	-15.020513
		4	19.421	3.457	136.466	15.164	28.8364	140.2983	-105.341	31.1265	3.8313	166.4037	-120.175	39.0366	7.192238	166.40374	-120.17486
	840	0	24.504	7.740	-85.750	-4.750	41.7888	-55.1214	99.2286	17.7786	26.3286	-58.2131	121.862	26.837	36.81195	121.86195	-58.21305
		2	-11.958	-1.989	15.664	1.598	-17.532	3.3354	-24.8598	-9.324	-12.2004	2.324963	-30.5684	-12.4443	-15.8001	3.3354	-30.569438
		4	9.820	-1.919	117.078	7.946	8.7136	114.2082	-96.5322	15.9894	1.6866	131.7317	-114.132	17.1431	0.456488	131.73169	-114.13211
9	871	0	8.791	-2.072	-42.002	7.864	7.234	-29.8899	45.7137	14.9895	0.8343	-36.5033	51.701	15.8561	-0.65835	51.70095	-36.50325
		2	-12.302	-2.070	-9.298	1.536	-18.0744	-19.44	-2.7036	-9.6894	-12.4542	-24.3101	-4.78433	-12.9344	-16.16	-2.7036	-24.310125
		4	24.846	7.731	23.406	-4.791	42.1848	43.4268	1.296	18.0495	26.6733	56.75276	7.60016	27.1459	37.20701	56.752763	1.296

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
9	872	0	19.476	3.595	-82.393	14.564	29.1232	-56.6253	91.6821	.0.636	4.4208	-63.2318	109.784	38.5731	7.988663	109.79351	-63.231788
		2	-8.223	-0.891	-6.053	1.642	-11.2932	-12.8484	-1.953	-5.9229	-8.8785	-15.6915	-2.98016	-7.61171	-11.0599	-1.953	-15.691463
		4	22.318	4.422	70.287	-11.280	33.8568	83.3445	-43.1721	9.9342	30.2382	100.7176	-46.8851	15.0722	38.76023	100.71759	-46.885125
	873	0	25.232	4.625	-75.893	19.933	37.6784	-45.5949	91.0125	40.6485	4.7691	-49.5519	109.823	51.0654	9.206138	109.82344	-49.551863
		2	-6.828	-0.986	-0.154	1.517	-9.7712	-6.2838	-6.0066	-4.7799	-7.5105	-8.10758	-7.78418	-6.35303	-9.53873	-4.7799	-9.7712
		4	19.353	3.203	75.585	-16.900	28.3484	85.4442	-50.6088	2.2077	32.6277	102.2073	-56.5212	5.09801	40.58801	102.20726	-56.521238
	874	0	39.060	7.163	-72.650	43.629	58.3328	-30.231	100.539	74.4201	-4.1121	-29.6286	122.936	92.4643	0.843413	122.93636	-30.231
		2	-13.174	-2.299	0.910	-6.623	-19.4872	-11.0376	-12.6756	-17.8173	-5.8959	-14.6877	-16.5987	-22.5973	-8.68901	-5.8959	-22.597313
		4	-7.167	-1.961	74.470	-56.874	-11.738	60.5727	-73.4733	-57.6369	44.7363	69.12386	-87.2631	-68.7873	50.64806	69.123863	-87.263138
	875	0	-7.262	-1.857	-74.535	-57.258	-11.6856	-73.8173	60.5457	-58.068	44.9864	-87.3492	69.1743	-69.2084	51.03341	69.174263	-87.349238
		2	-13.200	-2.308	-0.627	-6.626	-19.5328	-12.4443	-11.3157	-17.8434	-5.9166	-16.3359	-15.0192	-22.6349	-8.72025	-5.9166	-22.63485
		4	39.102	7.042	73.281	44.007	58.1896	101.1447	-30.7611	74.7981	-4.4145	123.5477	-30.3424	92.81	0.395325	123.54773	-30.7611
	876	0	19.067	3.231	-75.868	-11.544	28.05	-51.1209	85.4415	6.7707	27.5499	-57.0966	102.226	10.4436	34.68596	102.22616	-57.096638
		2	-7.039	-1.114	-0.074	1.739	-10.228	-6.4008	-6.2676	-4.7691	-7.8993	-8.34488	-8.18948	-6.44123	-10.0931	-4.7691	-10.228
		4	25.098	4.341	75.721	15.022	37.0632	90.7371	-45.5607	36.108	9.0684	109.2785	-49.7356	45.5445	13.99834	109.27849	-49.735613
	877	0	20.552	3.505	-75.110	-5.404	30.2704	-49.1022	86.0958	13.6332	23.3604	-54.5257	103.205	18.6656	30.01399	103.20529	-54.525713
		2	-8.942	-1.483	0.193	1.827	-13.1032	-7.8741	-8.2215	-6.4035	-9.6921	-10.3543	-10.7596	-8.63861	-12.4753	-6.4035	-13.1032
		4	19.803	3.329	75.496	9.059	29.09	85.7691	-50.1237	25.9758	9.6696	102.6855	-55.8561	32.9267	13.90279	102.68554	-55.856063
	878	0	19.505	3.287	-75.393	1.964	28.6652	-50.2992	85.4082	19.3221	15.7869	-56.0939	102.231	25.131	21.00656	102.23141	-56.093888
		2	-9.615	-1.613	0.053	1.972	-14.1188	-8.6058	-8.7012	-6.8787	-10.4283	-11.3103	-11.4216	-9.29539	-13.4366	-6.8787	-14.1188
		4	19.506	3.287	75.499	1.981	28.6664	85.5045	-50.3937	19.3383	15.7725	102.3438	-56.2041	25.1499	20.98976	102.34376	-56.204138
	879	0	19.802	3.329	-75.986	9.039	29.0888	-50.5656	86.2092	25.9569	9.6867	-56.3716	103.199	32.9046	13.92274	103.19899	-56.371613
		2	-8.943	-1.483	-0.087	1.826	-13.1044	-8.127	-7.9704	-6.4053	-9.6921	-10.6494	-10.4667	-8.64071	-12.4753	-6.4053	-13.1044
		4	20.553	3.505	75.813	-5.386	30.2716	86.7294	-49.734	13.6503	23.3451	103.9445	-55.2628	18.6855	29.99614	103.94449	-55.262813
	880	0	25.096	4.340	-76.820	14.993	37.0592	-46.5516	91.7244	36.0801	9.0927	-50.8925	110.43	45.5112	14.0259	110.42955	-50.89245
		2	-7.038	-1.114	0.178	1.737	-10.228	-6.174	-6.4944	-4.7709	-7.8975	-8.08028	-8.45408	-6.44333	-10.091	-4.7709	-10.228
		4	19.068	3.231	77.175	-11.520	28.0512	86.6187	-52.2963	6.7932	27.5292	103.5996	-58.4679	10.4698	34.66181	103.59956	-58.467936
	881	0	39.099	7.041	-75.028	44.025	58.1644	-32.3361	102.714	74.8116	-4.4334	-32.1807	125.378	92.825	0.372487	125.37814	-32.3361
		2	-13.199	-2.308	0.756	-6.628	-19.5316	-11.1987	-12.5595	-17.8443	-5.9139	-14.8827	-16.4703	-22.6359	-8.7171	-5.9139	-22.6359
		4	-7.258	-1.856	76.540	-57.281	-11.6792	62.3538	-75.4182	-58.0851	45.0207	71.2845	-89.4495	-69.2276	51.06255	71.2845	-89.4495
	882	0	-7.164	-1.961	-76.861	-56.894	-11.7344	-75.6225	62.7273	-57.6522	44.757	-89.7705	71.6376	-68.8052	50.67221	71.637563	-89.770538
		2	-13.173	-2.299	-0.798	-6.625	-19.486	-12.5739	-11.1375	-17.8182	-5.8932	-16.48	-14.8042	-22.5984	-8.68586	-5.8932	-22.598363
		4	39.057	7.163	75.266	43.643	58.3292	102.8907	-32.5881	74.43	-4.1274	125.68	-32.3786	92.4759	0.825563	125.68001	-32.5881

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LTI	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
9	883	0	19.353	3.203	-78.621	-16.879	28.3484	-53.3412	88.1766	2.2266	32.6088	-59.709	105.395	5.12006	40.56596	105.39506	-59.709038
		2	-6.828	-0.986	0.273	1.514	-9.7712	-5.8995	-6.3909	-4.7826	-7.5078	-7.65923	-8.23253	-6.35618	-9.53558	-4.7826	-9.7712
		4	25.231	4.625	79.167	19.907	37.6772	93.9582	-48.5424	40.6242	4.7916	113.2601	-52.9906	51.0371	9.232388	113.26009	-52.990613
	884	0	22.318	4.422	-74.166	-11.268	33.8568	-46.6632	86.8356	9.945	30.2274	-50.9581	104.791	15.0848	38.74763	104.79053	-50.958075
		2	-8.223	-0.891	6.028	1.640	-11.2932	-1.9755	-12.8259	-5.9247	-8.8767	-3.00641	-15.6652	-7.61381	-11.0578	-1.9755	-15.665213
		4	19.476	3.595	86.221	14.549	29.1232	95.1273	-60.0705	30.6225	4.4343	113.8129	-67.2512	38.5573	8.004413	113.81291	-67.251188
	885	0	24.845	7.731	-29.324	-4.787	42.1836	-4.0311	48.7521	18.0522	26.6688	1.385213	62.9656	27.1491	37.20176	62.965613	-4.0311
		2	-12.302	-2.070	10.160	1.535	-18.0744	-1.9278	-20.2158	-9.6903	-12.4533	-3.87923	-25.2152	-12.9355	-16.159	-1.9278	-25.215225
		4	8.792	-2.072	49.645	7.856	7.2352	52.5933	-36.7677	14.9832	0.8424	59.72715	-44.5274	15.8487	-0.6489	59.72715	-44.52735
10	916	0	3.325	-1.599	5.561	7.773	1.4316	7.9974	-2.0124	9.9882	-4.0032	8.071088	-3.60701	10.3937	-5.92961	10.393688	-5.9296125
		2	-6.754	-0.654	-6.541	1.487	-9.1512	-11.9655	-0.1917	-4.7403	-7.4169	-14.4748	-0.73867	-6.04538	-9.16808	-0.1917	-14.474775
		4	13.326	4.215	-18.643	-4.799	22.7352	-4.7853	28.7721	7.6743	16.3125	-2.26354	36.8868	12.2727	22.35056	36.886763	-4.7853
	917	0	10.607	2.163	-38.868	14.036	16.1892	-25.4349	44.5275	22.1787	-3.0861	-27.9707	53.6521	27.5785	-1.89709	53.652113	-27.970688
		2	-3.443	0.212	-8.622	1.413	-3.7924	-10.8585	4.6611	-1.827	-4.3704	-12.5013	5.6049	-1.96455	-4.93185	5.6049	-12.5013
		4	12.668	2.185	21.623	-11.210	18.6976	30.8619	-8.0595	1.3122	21.4902	37.72624	-7.68206	3.25159	26.79259	37.726238	-8.0595
	918	0	13.888	2.340	-24.377	17.306	20.4096	-9.4401	34.4385	28.0746	-3.0762	-9.1707	42.021	34.5965	-1.74615	42.021	-9.4401
		2	-0.723	0.277	0.300	0.147	-0.4244	-0.3807	-0.9207	-0.5184	-0.783	-0.22601	-0.85601	-0.38666	-0.69536	-0.226013	-0.9207
		4	14.825	2.138	24.977	-17.012	21.2108	35.8218	-9.1368	-1.9683	28.6533	43.47578	-8.97593	-0.61268	35.11253	43.475775	-9.1368
	919	0	24.504	4.184	-22.776	35.024	36.0992	1.5552	42.552	53.5752	-9.468	5.1093	52.9389	65.7993	-7.7511	65.7993	-9.468
		2	-9.888	-1.586	0.945	-8.930	-14.4032	-8.0487	-9.7497	-16.9362	-0.8622	-10.6391	-12.6236	-21.0079	-2.25488	-0.8622	-21.007875
		4	-14.121	-3.432	24.665	-52.885	-22.4364	9.4896	-34.9074	-60.3054	34.8876	8.3685	-43.428	-73.059	37.9995	37.9995	-73.059
	920	0	-14.202	-3.315	-24.850	-53.196	22.3464	-35.1468	9.5832	-60.6582	35.0946	-43.6152	8.56984	-73.3785	38.33314	38.333138	-73.378163
		2	-9.910	-1.590	-0.593	-8.934	-14.436	-9.4527	-8.3853	-16.9596	-0.8784	-12.2803	-11.035	-21.0383	-2.27693	-0.8784	-21.038325
		4	24.542	4.058	23.665	35.328	35.9432	43.3863	0.7893	53.883	-9.7074	53.81303	4.11653	66.0592	-8.12963	66.059175	-9.7074
	921	0	14.641	2.209	-26.204	-11.577	21.1036	-10.4067	36.7605	2.7576	23.5962	-10.4016	44.6268	4.95679	29.26849	44.626838	-10.4067
		2	-1.001	0.120	-0.154	0.365	-1.0092	-1.0395	-0.7623	-0.5724	-1.2294	-1.11825	-0.79485	-0.5733	-1.3398	-0.5724	-1.3398
		4	13.517	1.955	25.895	12.307	19.3484	35.4708	-11.1402	23.2416	1.089	42.92216	-11.4573	28.8548	2.810063	42.922163	-11.457338
	922	0	11.345	1.581	-25.359	-5.305	16.1436	-12.6126	33.0336	5.436	14.985	-13.4697	39.7842	7.58704	18.72754	39.784238	-13.469663
		2	-4.244	-0.498	0.305	1.579	-5.8896	-3.5451	-4.0941	-2.3985	-5.2407	-4.52813	-5.16863	-3.19043	-6.50633	-2.3985	-6.506325
		4	10.327	1.347	25.968	8.463	14.5476	32.6655	-14.0769	16.911	1.6776	39.17051	-15.3623	20.7903	3.017963	39.170513	-15.362288
	923	0	10.178	1.334	-26.076	1.849	14.348	-14.3082	32.6286	10.8243	7.4961	-15.6424	39.1172	13.6789	9.795975	39.117225	-15.642375
		2	4.902	-0.627	0.073	1.858	-6.8856	-4.3461	-4.4775	-2.7396	-6.084	-5.56421	-5.71751	-3.68996	-7.59176	-2.7396	-7.5917625
		4	10.179	1.335	26.222	1.868	14.3508	32.7609	-14.4367	10.8423	7.4799	39.27236	-15.7938	13.7007	9.777883	39.272363	-15.793838

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
10	924	0	10.327	1.347	-26.650	8.441	14.5476	-14.6907	33.2793	16.8912	1.6974	-16.0784	39.8866	20.7672	3.041063	39.886613	16.078388
		2	-4.244	-0.498	-0.153	1.578	-5.8896	-3.9573	-3.6819	-2.3994	-5.2398	-5.00903	-4.68773	-3.19148	-6.50528	-2.3994	-6.505275
		4	11.345	1.581	26.343	-5.285	16.1436	33.9192	-13.4982	5.454	14.967	40.81744	-14.5029	7.60804	18.70654	40.817438	-14.502863
	925	0	13.516	1.955	-27.414	12.278	19.3472	-12.5082	36.837	23.2146	1.1142	-13.0533	44.5161	28.6233	2.839463	44.516063	-13.053338
		2	-1.001	0.120	0.288	0.363	-1.0092	-0.6417	-1.1601	-0.5742	-1.2276	-0.65415	-1.25895	-0.5754	-1.3377	-0.5742	-1.3377
		4	14.641	2.209	27.991	-11.553	21.1036	38.3688	-12.015	2.7792	23.5746	46.50319	-12.2779	4.98199	29.24329	46.503188	-12.277913
	926	0	24.539	4.057	-26.100	35.341	35.938	-1.4049	45.5751	53.892	-9.7218	1.555838	56.3658	66.0689	-8.14721	66.068888	-9.7218
		2	-9.910	-1.590	0.809	-8.937	-14.436	-8.1909	-9.6471	-16.9623	-0.8757	-10.8082	-12.5071	-21.0415	-2.27378	-0.8757	-21.041475
		4	-14.198	-3.314	27.719	-53.216	-22.34	12.1689	-37.7253	-60.6726	35.1162	11.58728	-46.6226	-73.3945	38.35913	38.359125	-73.394475
	927	0	-14.118	-3.431	-28.110	-52.903	-22.4312	-38.0052	12.5928	-60.3189	34.9065	-47.0413	11.9897	-73.074	38.02234	38.022338	-73.073963
		2	-9.888	-1.586	-0.816	-8.934	-14.4032	-9.6336	-8.1648	-16.9398	-0.8586	-12.4882	-10.7746	-21.0121	-2.25068	-0.8586	-21.012075
		4	24.502	4.184	26.478	35.035	36.0968	45.882	-1.7784	53.5833	-9.4797	56.8239	1.2201	65.8088	-7.76475	65.80875	-9.4797
	928	0	14.825	2.138	-29.320	-16.992	21.2108	-13.0455	39.7305	-1.9503	28.8353	-13.5361	48.0359	-0.59168	35.09153	48.035925	-13.536075
		2	-0.723	0.277	-0.073	0.144	-0.4244	-0.7164	-0.585	-0.5211	-0.7803	-0.61766	-0.46436	-0.38981	-0.69221	-0.389813	-0.7803
		4	13.888	2.340	29.174	17.279	20.4096	38.7558	-13.7574	28.0503	-3.0519	47.05785	-14.2076	34.5681	-1.7178	47.05785	-14.20755
	929	0	12.668	2.185	-27.065	-11.198	18.6976	-12.9573	35.7597	1.323	21.4794	-13.3962	43.4403	3.26419	26.77999	43.440338	-13.396163
		2	-3.443	0.212	8.465	1.411	-3.7924	4.5198	-10.7172	-1.8288	-4.3686	5.44005	-12.3365	-1.96665	-4.92975	5.44005	-12.33645
		4	10.607	2.163	43.995	14.020	16.1892	49.1418	-30.0492	22.1643	-3.0717	59.03546	-33.354	27.5617	-1.88029	59.035463	-33.354038
	930	0	13.326	4.215	10.151	-4.794	22.7352	21.1293	2.8575	7.6788	16.308	27.97016	6.65306	12.2779	22.34531	27.970163	2.8575
		2	-6.754	-0.654	8.438	1.485	-9.1512	1.5156	-13.6728	-4.7421	-7.4151	1.253175	-16.4666	-6.04748	-9.16598	1.5156	-16.466625
		4	3.325	-1.599	6.725	7.765	1.4316	9.045	-3.06	9.981	-3.996	9.293288	-4.82921	10.3853	-5.92121	10.385288	-5.9212125
BAL. PON	1281	0	8.662	0.022	-217.838	-0.469	10.4296	-188.2584	203.85	7.3737	8.2179	-219.617	237.842	8.61998	9.604875	237.84233	-219.61748
		2	-5.390	0.021	-6.782	0.066	-6.4344	-10.9548	1.2528	-4.7916	-4.9104	-12.7641	1.47814	-5.57366	-5.71226	1.4781375	-12.764063
		4	10.694	0.021	204.274	0.601	12.8664	193.4712	-174.222	10.1655	9.0837	225.7329	-203.242	11.8763	10.61419	225.73294	-203.24246
	1282	0	10.107	-0.042	-191.445	-0.956	12.0612	-163.2042	181.397	8.2359	9.9567	-190.438	211.597	9.57548	11.58308	211.59653	-190.43798
		2	-5.013	-0.011	0.325	0.112	-6.0332	-4.2192	-4.9042	-4.4109	-4.6125	-4.93106	-5.61356	-5.15471	-5.38991	-4.2192	-6.0332
		4	10.003	0.021	192.094	1.180	12.0372	181.8873	-163.882	10.0647	7.9407	212.2184	-191.179	11.7587	9.280688	212.21839	-191.17901
	1283	0	10.147	0.015	-192.554	-2.153	12.2004	-164.1663	182.431	7.1946	11.07	-191.516	212.848	8.40551	12.92681	212.94786	-191.51554
		2	-5.062	-0.007	-0.093	0.375	-6.0856	-4.6395	-4.4721	-4.2183	-4.8933	-5.41826	-5.22296	-4.92686	-5.71436	-4.2183	-6.0856
		4	9.865	-0.030	192.368	2.904	11.79	182.0097	-164.253	11.4921	6.2649	212.321	-191.652	13.3838	7.285425	212.32103	-191.65178
	1284	0	10.221	0.029	-193.705	-2.470	12.3116	-165.1356	183.533	6.9759	11.4219	-192.635	214.145	8.16139	13.34839	214.14514	192.63536
		2	-4.981	0.008	0.766	-0.593	-5.9644	-3.7835	-5.1723	-5.0166	-3.9492	-4.41945	-6.02805	-5.8464	-4.6011	-3.7935	-6.02805
		4	9.953	-0.013	195.238	1.285	11.9228	184.6719	-166.757	10.1142	7.8012	215.4403	-194.559	11.7897	9.091163	215.44031	-194.55949

Tabel 5.9 Momen Rencana Balok Portal As-3

LANT	ELM	SECT	B. MATI	B. HIDUP	GEMPA X	GEMPA Y	1,2MD+1,6ML	0,9(MD+ME)				1,05(MD+0,75ML+ME)				Mmax	Mmin
		(m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan	Exkiri	Exkanan	Eykiri	Eykanan		
BAL. PON	1285	0	9.972	-0.018	-195.121	1.072	11.9376	-166.6341	184.584	9.9396	8.01	-194.421	215.333	11.582	9.330825	215.33348	-194.42063
		2	-4.981	0.008	-0.825	-0.587	-5.9644	-5.2254	-3.7404	-5.0112	-3.9546	-6.09	-4.3575	-5.8401	-4.6074	-3.7404	-6.09
		4	10.203	0.034	193.471	-2.246	12.298	183.3066	-164.941	7.1613	11.2041	213.8845	-192.405	8.38163	13.09823	213.88448	-192.40463
	1286	0	9.880	-0.035	-191.900	2.649	11.8	-163.818	181.602	11.2761	6.5079	-191.149	211.841	13.1279	7.564988	211.84144	-191.14856
		2	-5.061	-0.008	0.034	0.386	-6.086	-4.5243	-4.5855	-4.2075	-4.9023	-5.28485	-5.35605	-4.91505	-5.72565	-4.2075	-6.086
		4	10.135	0.020	191.969	-1.877	12.194	181.8936	-163.651	7.4322	10.8108	212.225	-190.91	8.68665	12.62835	212.22495	-190.90995
	1287	0	10.035	-0.004	-191.982	0.856	12.0356	-163.7523	181.815	9.8019	8.2611	-191.048	212.115	11.4324	9.6348	212.1147	-191.0475
		2	-5.025	-0.001	-0.028	0.125	-6.0316	-4.5477	-4.4973	-4.41	-4.635	-5.30644	-5.24764	-5.14579	-5.40829	-4.41	-6.0316
		4	10.053	0.002	191.927	-0.606	12.0668	181.782	-163.687	8.5023	9.5931	212.0806	-190.966	9.92093	11.19353	212.08058	-190.96613
	1288	0	10.044	0.000	-191.823	0.119	12.0528	-163.6011	181.68	9.1467	8.9325	-190.868	211.96	10.6712	10.42125	211.96035	-190.86795
		2	-5.024	0.000	-0.025	0.119	-6.0288	-4.5441	-4.4991	-4.4145	-4.6287	-5.30145	-5.24895	-5.15025	-5.40015	-4.4145	-6.0288
		4	10.045	0.000	191.772	0.118	12.054	181.6353	-163.554	9.1467	8.9343	211.9079	-190.813	10.6712	10.42335	211.90785	-190.81335
	1289	0	10.052	0.002	-191.677	-0.605	12.0656	-163.4625	181.556	8.5023	9.5913	-190.705	211.817	9.92093	11.19143	211.81703	-190.70468
		2	-5.025	-0.001	-0.023	0.125	-6.0316	-4.5432	-4.5018	-4.41	-4.635	-5.30119	-5.25289	-5.14579	-5.40829	-4.41	-6.0316
		4	10.035	-0.003	191.632	0.856	12.0372	181.5003	-163.437	9.8019	8.2611	211.748	-190.679	11.4332	9.635588	211.74799	-190.67921
	1290	0	10.134	0.019	-191.420	-1.877	12.1912	-163.1574	181.399	7.4313	10.8099	-190.335	211.647	8.68481	12.62651	211.64666	-190.33534
		2	-5.061	-0.008	-0.084	0.386	-6.086	-4.6305	-4.4793	-4.2075	-4.9023	-5.40855	-5.23215	-4.91505	-5.72565	-4.2075	-6.086
		4	9.881	-0.035	191.252	2.649	11.8012	181.0197	-163.234	11.277	6.5088	211.1621	-190.467	13.1289	7.566038	211.16209	-190.46711
	1291	0	10.202	0.034	-192.617	-2.246	12.2968	-164.1735	182.537	7.1604	11.2032	-191.509	212.987	8.38058	13.09718	212.98673	-191.50898
		2	-4.981	0.008	0.772	-0.588	-5.9644	-3.7881	-5.1777	-5.0121	-3.9537	-4.41315	-6.03435	-5.84115	-4.60635	-3.7881	-6.03435
		4	9.973	-0.018	194.161	1.071	11.9388	183.7206	-165.769	9.9396	8.0118	214.3265	-193.412	11.582	9.332925	214.32653	-193.41158
	1292	0	9.952	-0.013	-194.081	1.286	11.9216	-165.7161	183.63	10.1142	7.7994	-193.346	214.224	11.7897	9.089063	214.22441	-193.34569
		2	-4.981	0.008	-0.812	-0.593	-5.9644	-5.2137	-3.7521	-5.0166	-3.9492	-6.07635	-4.37115	-5.8464	-4.6011	-3.7521	-6.07635
		4	10.222	0.029	192.457	-2.471	12.3128	182.4111	-164.012	6.9759	11.4237	212.8358	-191.324	8.16139	13.35049	212.83579	-191.32391
	1293	0	9.865	-0.030	-190.933	2.905	11.79	-162.9612	180.718	11.493	6.264	-190.145	210.814	13.3849	7.284375	210.81428	-190.14503
		2	-5.062	-0.007	0.044	0.376	-6.0856	-4.5162	-4.5954	-4.2174	-4.8942	-5.27441	-5.36681	-4.92581	-5.71541	-4.2174	-6.0856
		4	10.148	0.015	191.021	-2.154	12.2016	181.0521	-162.786	7.1946	11.0718	211.2393	-189.905	8.40551	12.92891	211.23926	-189.90484
	1294	0	10.002	0.021	-190.376	1.161	12.036	-162.3366	180.34	10.0647	7.9389	-189.376	210.413	11.7587	9.278588	210.41344	-189.37616
		2	-5.013	-0.011	-0.369	0.112	-6.0332	-4.8438	-4.1796	-4.4109	-4.6125	-5.65976	-4.88486	-5.15471	-5.38991	-4.1796	-6.0332
		4	10.108	-0.042	189.639	-0.957	12.0624	179.7723	-161.578	8.2359	9.9585	209.7013	-188.541	9.57548	11.58518	209.70128	-188.54063
	1295	0	10.693	0.021	-202.144	0.601	12.8652	-172.3059	191.553	10.1646	9.0828	-201.007	223.495	11.8752	10.61314	223.49539	-201.00701
		2	-5.390	0.021	6.663	0.066	-6.4344	1.1457	-10.8477	-4.7916	-4.9104	1.353188	-12.6391	-5.57366	-5.71226	1.3531875	-12.639113
		4	8.663	0.022	215.471	-0.469	10.4308	201.7206	-186.127	7.3746	8.2188	235.358	-217.131	8.62103	9.605925	235.35803	-217.13108

abel 5.10 Mom tump balok portal as-A

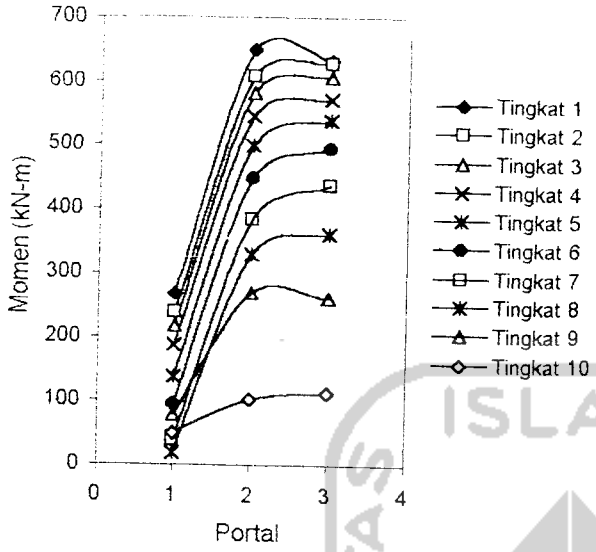
Lant	Portal	Kekakuan balok pondasi			
		1E10	1E6	5E5	0
1	1	267.49	530 248	549.536	579.471
	2	649.237	898.872	916.2	940.139
	3	632.319	899.021	918.393	934.299
2	1	237.149	283.426	286.789	286.193
	2	607.99	657.724	658.415	658.617
	3	628.241	676.908	677.286	678.503
3	1	216.534	228.541	226.04	222.875
	2	580.706	592.163	589.719	586.597
	3	606.048	617.903	615.421	612.405
4	1	186.262	192.215	189.593	186.272
	2	544.562	550.345	547.838	544.644
	3	571.311	577.09	574.486	571.375
5	1	137.519	143.903	141.772	139.054
	2	498.812	504.959	502.905	500.269
	3	538.65	544.86	542.747	540.239
6	1	94.252	101.194	99.548	97.43
	2	447.751	454.286	452.728	450.705
	3	493.502	500.28	498.651	496.73
7	1	38.021	44.758	43.574	42.028
	2	383.975	390.125	389.043	387.608
	3	437.144	443.727	442.558	441.198
8	1	17.71	12.112	12.901	13.952
	2	329.181	334.4	333.665	332.663
	3	360.196	365.655	364.88	363.997
9	1	76.734	73.084	73.512	74.112
	2	267.989	271.53	271.112	270.505
	3	260.413	263.936	263.521	263.075
10	1	48.805	47.261	47.423	47.669
	2	101.554	103.029	102.873	102.603
	3	111.398	112.859	112.706	112.56

Tabel 5.11 Mom tump balok portal as-E

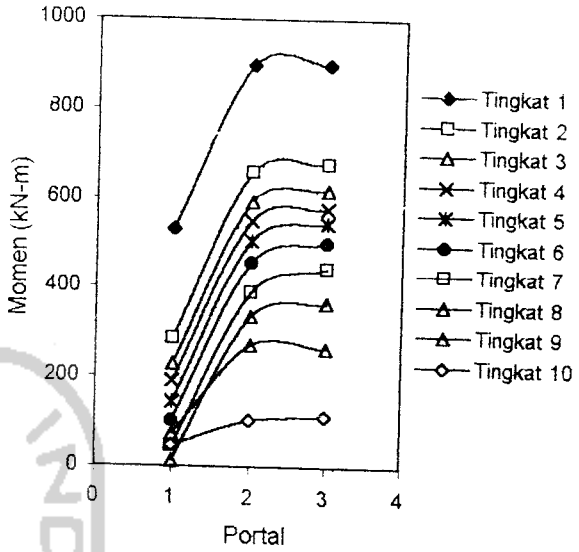
Lant	Portal	Kekakuan balok pondasi			
		1E10	1E6	5E5	0
1	1	298.284	889.286	908.026	939.522
	2	610.487	1358.357	1385.945	1422.582
	3	509.138	1109.499	1128.45	1141.118
2	1	401.572	890.192	913.121	938.825
	2	713.335	1265.215	1290.648	1319.737
	3	628.559	1116.197	1139.105	1166.795
3	1	427.556	740.34	756.694	775.779
	2	757.647	1121.439	1140.381	1162.464
	3	643.805	956.544	972.897	992.075
4	1	413.31	603.923	615.453	628.933
	2	758.355	990.931	1004.882	1021.186
	3	615.169	805.721	817.251	830.854
5	1	400.089	525.006	533.787	544.074
	2	741.824	893.149	903.699	916.057
	3	603.964	728.819	737.599	748.013
6	1	356.906	434.798	441.23	448.779
	2	699.951	795.997	803.872	813.114
	3	552.355	630.19	636.62	644.286
7	1	307.192	355.437	360.181	365.755
	2	648.927	710.254	716.216	723.22
	3	495.011	543.202	547.945	553.628
8	1	248.595	279.665	283.183	287.319
	2	593.281	634.546	639.193	644.653
	3	418.228	449.249	452.767	457
9	1	202.591	224.138	226.835	230.003
	2	548.361	579.271	583.103	587.604
	3	340.96	362.465	365.161	368.416
10	1	137.93	150.277	151.869	153.739
	2	408.254	432.88	436.016	439.698
	3	187.494	199.815	201.407	203.33

Tabel 5.12 Mom tump balok portal as-H

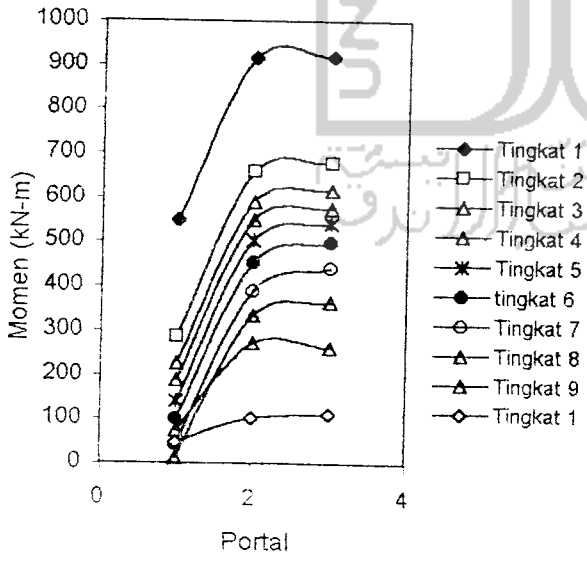
Lant	Portal	Kekakuan balok pondasi			
		1E10	1E6	5E5	0
1	1	155,692	401,934	417,854	449,328
	2	694,572	930,355	944,592	967,532
	3	658.157	916.234	932.34	938.599
2	1	120.51	178.04	177.779	175.86
	2	649.996	707.327	707.375	706.537
	3	663.944	720.097	719.813	720.826
3	1	157.501	150.123	150.845	151.737
	2	644.15	668.745	666.333	663.36
	3	373.379	380.467	379.762	378.85
4	1	80.584	100.491	98.331	95.617
	2	593.725	612.857	610.791	608.182
	3	612.739	632.589	630.428	627.836
5	1	35.037	54.922	53.423	51.514
	2	551.005	570.13	568.685	566.834
	3	587.865	607.693	606.193	604.406
6	1	2.027	17.174	16.223	14.986
	2	505.035	523.111	522.207	521.02
	3	547.17	566.319	565.367	564.243
7	1	52.078	35.124	35.644	36.353
	2	446.56	462.009	461.533	460.87
	3	495.793	512.697	512.176	511.574
8	1	98.489	85.264	85.51	85.876
	2	397.745	410.039	409.81	409.454
	3	419.861	433.04	432.794	432.525
9	1	145.592	137.392	137.471	137.624
	2	343.889	351.823	351.744	351.578
	3	317.906	326.064	325.985	325.92
10	1	82.412	79.05	79.065	79.118
	2	144.087	147.248	147.232	147.159
	3	140.811	144.146	144.13	144.135



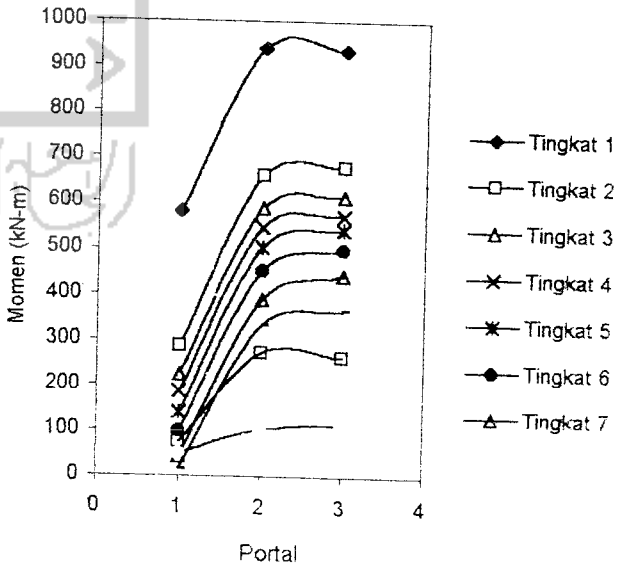
Gambar 5.10 Momen tumpuan balok portal as-A (1E10)



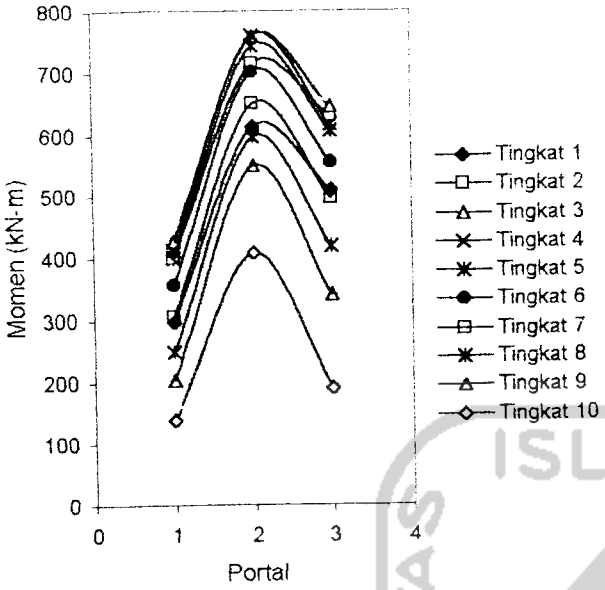
Gambar 5.11 Momen tumpuan balok portal as-A (1E6)



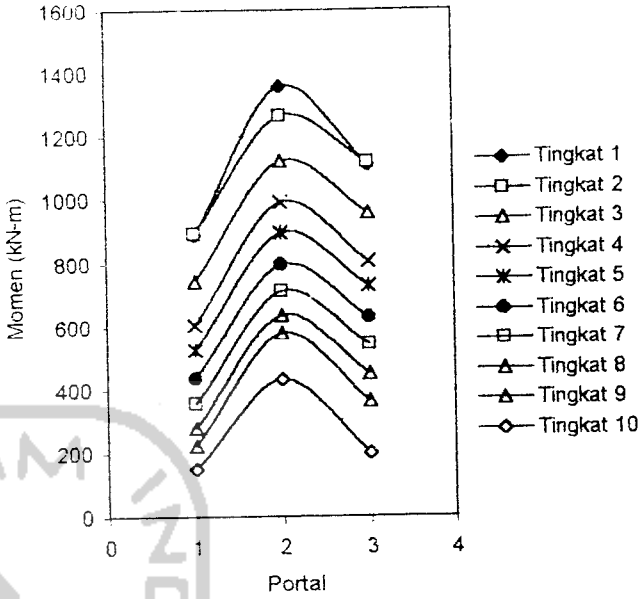
Gambar 5.12 Momen tumpuan balok portal as-A (5E5)



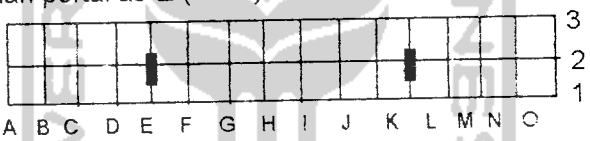
Gambar 5.13 Momen tumpuan balok portal as-A (E=0)

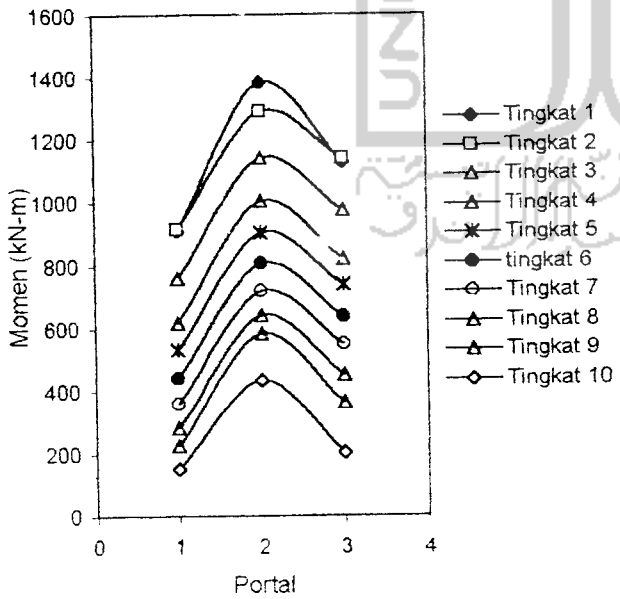


Gambar 5.14 Momen balok tumpuan portal as-E (1E10)

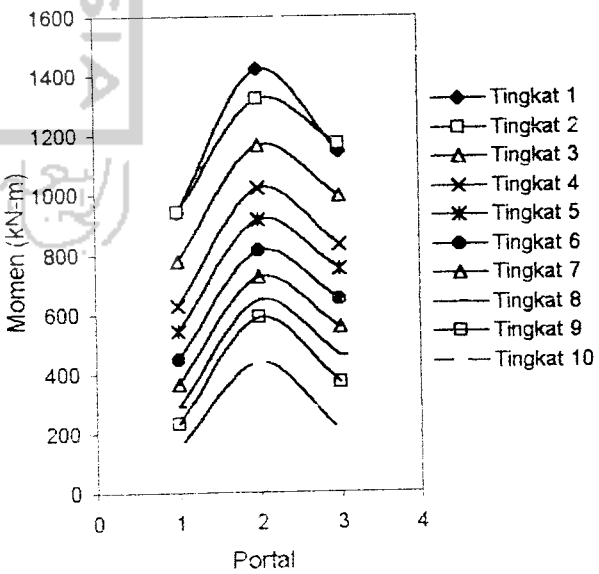


Gambar 5.15 Momen tumpuan balok portal as-E (1E6)

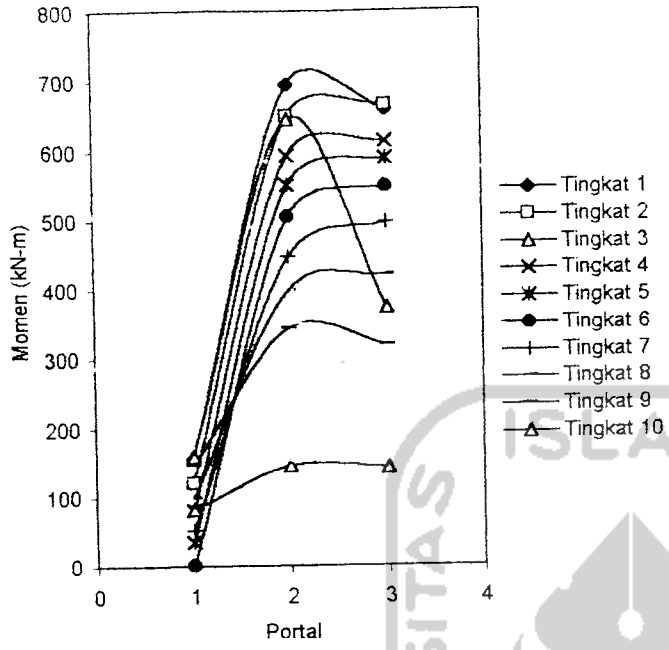




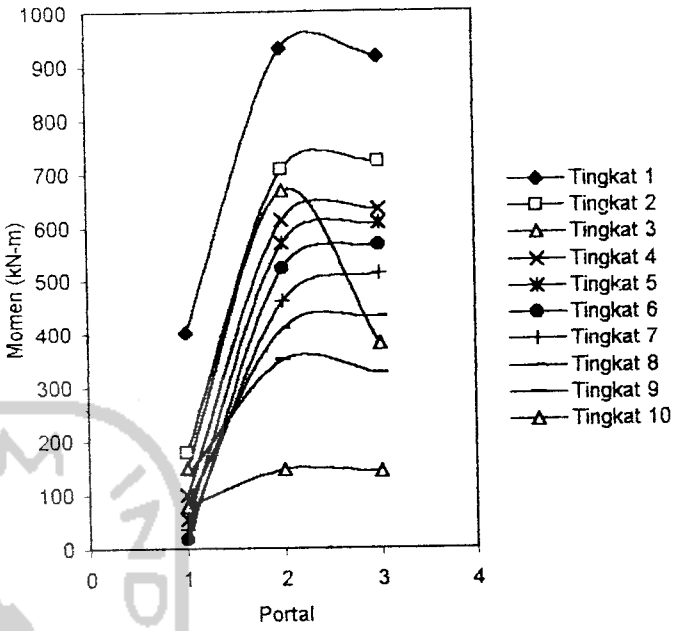
Gambar 5.16 Momen tumpuan balok portal as-E (5E5)



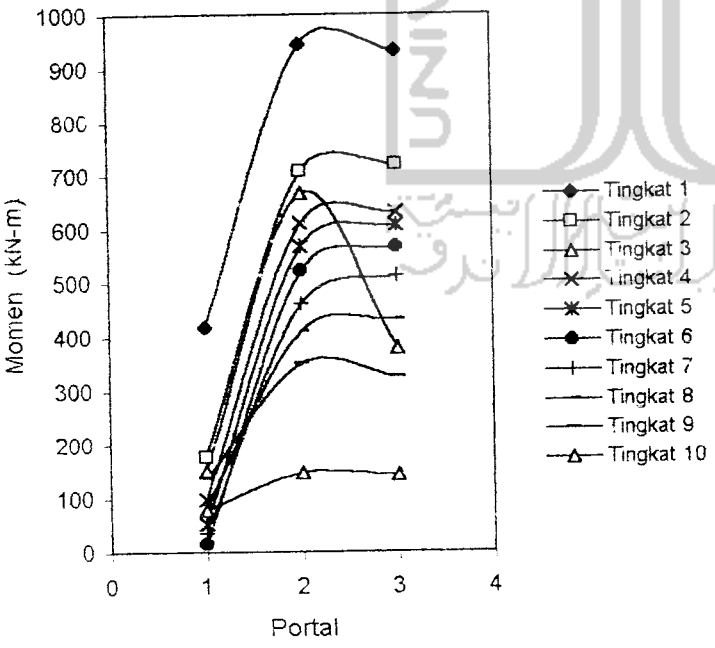
Gambar 5.17 Momen tumpuan balok portal as-E (E=0)



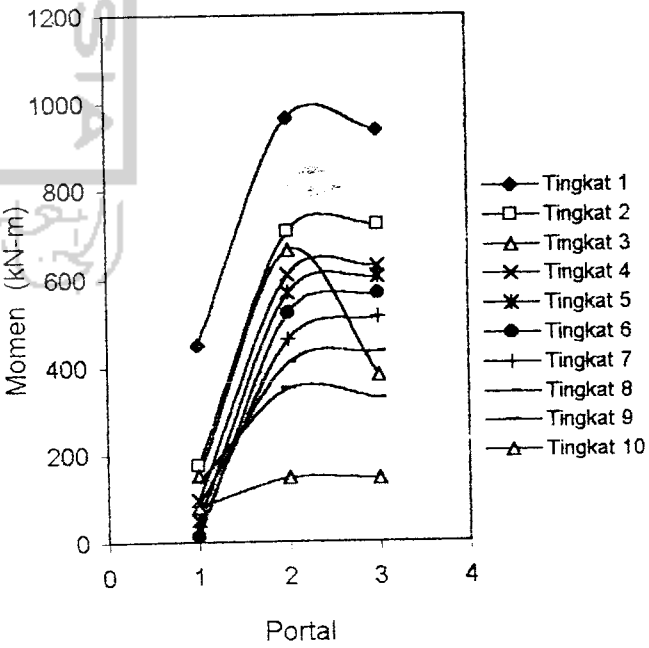
Gambar 5.18 Momen tumpuan balok portal as-H (1E10)



Gambar 5.19 Momen tumpuan balok portal as-H (1E6)



Gambar 5.20 Momen tumpuan balok portal as-H (5E5)



Gambar 5.21 Momen tumpuan balok portal as-H (E=0)

Tabel 5.13 Momen tumpuan balok portal as-1 dengan E=1E10 (jepit)

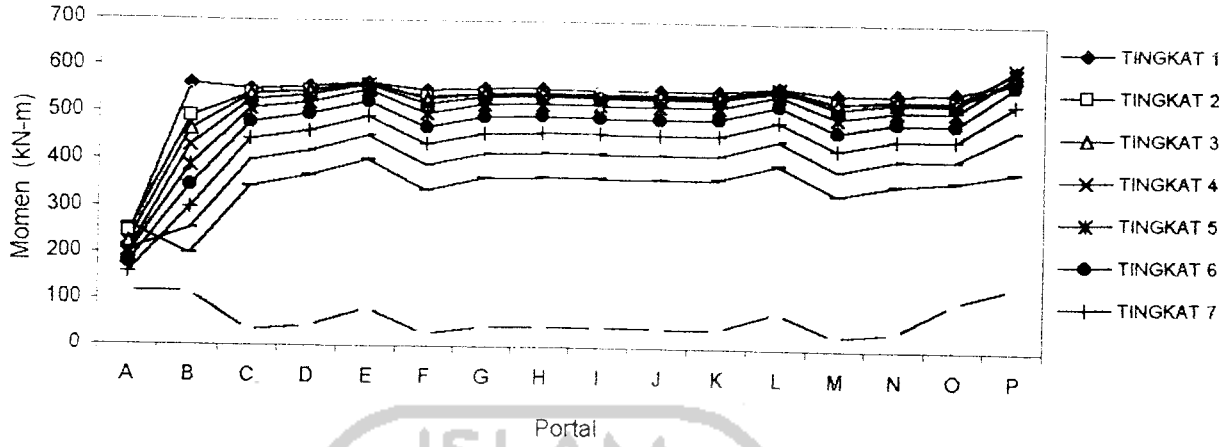
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	233.564	241.536	221.981	201.637	194.564	176.457	156.078	204.85	257.571	114.773
B	562.243	492.498	463.49	429.994	388.012	344.997	297.705	251.813	196.872	116.514
C	549.799	541.958	538.913	528.657	509.99	480.566	443.206	398.325	341.327	33.789
D	556.762	547.098	547.454	539.755	524.252	497.822	463.256	419.932	367.212	42.683
E	565.622	559.67	565.437	562.537	550.017	526.515	493.955	452.111	399.911	81.214
F	550.737	535.822	533.459	521.867	501.64	472.024	434.364	389.699	336.176	28.042
G	553.954	542.677	544.451	536.865	520.294	493.65	458.343	415.07	362.946	42.897
H	554.103	542.549	545.045	537.888	521.557	495.303	460.301	417.244	365.5	44.821
I	553.28	541.225	543.89	536.73	520.223	493.941	458.847	415.812	364.266	44.024
J	552.654	540.013	542.795	535.566	518.846	492.485	457.235	414.108	362.477	42.454
K	551.638	539.793	542.626	535.471	519.158	492.947	457.907	414.688	363.599	41.765
L	561.689	552.927	560.89	558.588	545.449	522.271	489.497	447.949	397.544	80.13
M	547.418	530.098	529.555	518.587	497.838	468.506	430.655	386.134	334.011	27.232
N	550.967	536.984	540.098	532.726	515.309	488.57	452.648	409.104	355.663	39.393
O	555.987	535.704	537.787	529.923	513.305	487.169	452.357	409.001	363.976	104.502
P	579.691	582.233	602.461	606.391	596.921	570.77	530.462	473.363	384.516	138.285

Tabel 5.14 Momen tumpuan balok portal as-1 dengan E=1E7

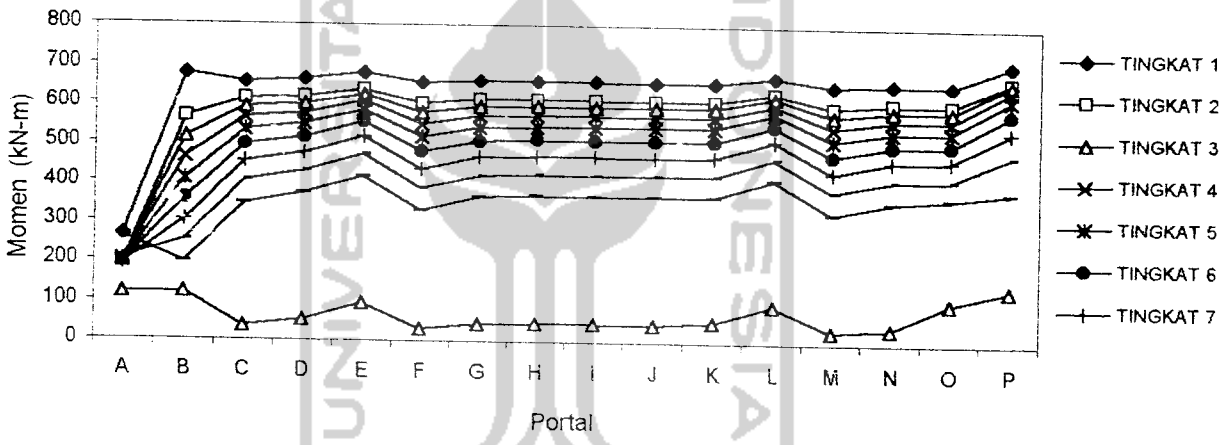
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	262.923	191.096	196.156	197.75	194.479	193.153	190.503	203.598	259.096	116.571
B	675.513	563.065	512.35	461.409	406.495	354.58	301.354	251.816	194.589	119.259
C	654.003	610.406	588.045	582.199	531.954	494.224	451.152	402.557	343.155	34.019
D	661.739	615.532	596.85	573.7	546.957	512.48	472.465	425.479	370.489	50.849
E	676.184	635.389	622.654	605.234	582.135	551.192	513.683	468.613	414.442	93.456
F	653.602	599.357	576.164	547.756	514.993	476.594	432.934	384.611	328.728	29.829
G	658.16	609.837	591.864	568.244	539.664	504.504	463.348	416.396	361.941	41.531
H	658.68	610.58	593.578	570.072	542.66	508.135	467.505	420.863	366.897	44.997
I	658.11	609.444	592.745	569.898	541.78	507.266	466.57	419.946	366.158	44.494
J	657.292	608.46	591.806	568.916	540.605	506.016	465.152	418.398	364.459	42.77
K	656.555	608.057	591.873	569.229	541.639	507.359	466.856	419.977	366.664	49.931
L	672.131	628.535	617.984	601.13	577.39	546.758	509.034	464.272	411.969	92.343
M	650.349	593.482	572.151	544.335	511.046	472.914	429.064	380.892	326.493	29.076
N	654.748	604.128	587.388	563.964	534.557	499.313	457.581	410.392	354.762	38.191
O	652.631	602.874	586.194	562.913	534.884	500.524	460.084	413.161	366.03	101.954
P	707.593	664.467	659.96	643.896	619.098	582.519	535.221	473.841	382.431	136.288

Tabel 5.15 Momen tumpuan balok portal as-1 dengan E=1E6

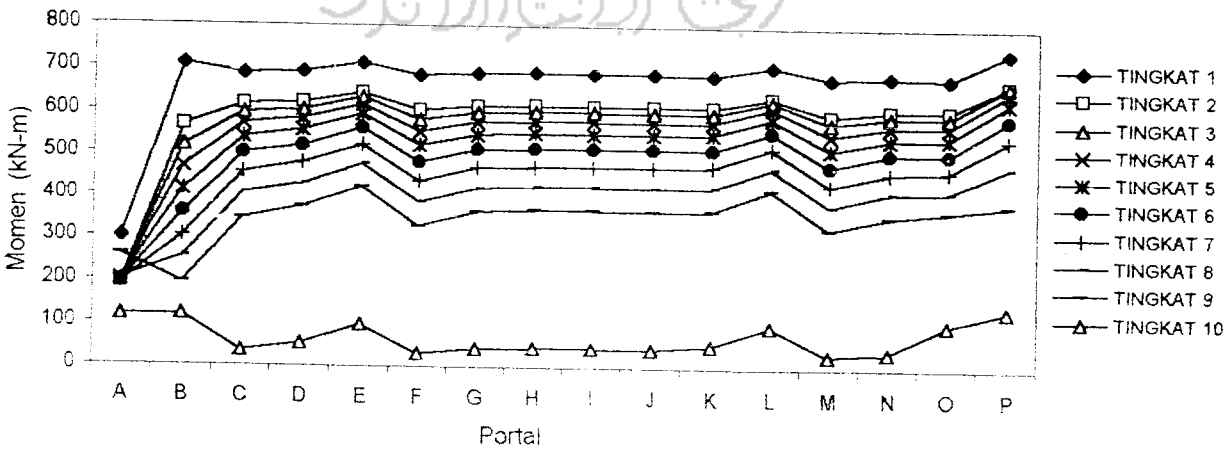
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	300.377	190.915	196.816	198.453	195.116	193.688	190.92	201.603	258.348	116.496
B	707.105	564.173	516.764	467.144	411.639	358.471	303.881	253.162	194.888	119.626
C	685.058	612.442	592.969	568.407	537.775	498.952	454.651	404.934	344.543	34.424
D	691.173	617.983	601.904	580.214	553.217	517.726	476.549	428.449	372.499	53.267
E	711.692	640.087	630.337	614.336	590.965	559.045	520.422	474.308	419.224	97.177
F	683.997	600.589	579.318	551.826	518.35	478.684	433.686	384.25	327.387	30.638
G	688.757	611.808	596.32	573.83	544.727	508.388	465.938	417.865	362.435	41.445
H	689.725	612.686	598.349	576.647	548.203	512.568	470.706	422.968	368.053	45.336
I	688.879	611.695	597.628	576.027	547.5	511.889	469.967	422.242	367.496	44.939
J	688.789	610.611	596.774	575.115	546.422	510.748	468.667	420.803	365.893	43.19
K	685.989	610.638	596.939	575.715	547.864	512.566	470.897	422.907	368.649	52.364
L	707.79	633.173	625.656	610.204	586.191	554.58	515.745	469.942	416.749	96.074
M	680.59	594.592	575.27	548.39	514.386	474.984	429.797	380.514	325.162	29.909
N	685.844	605.672	591.804	569.531	539.607	503.187	460.171	411.87	355.304	38.158
O	681.724	604.99	590.874	568.911	540.477	505.034	463.392	415.402	367.385	101.67
P	743	665.192	665.547	650.858	625.302	587.24	538.335	475.59	382.999	136.299



Gambar 5.22 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E10)



Gambar 5.23 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E7)



Gambar 5.24 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E6)

Tabel 5.16 Momen tumpuan balok portal as-1 dengan E=5E5

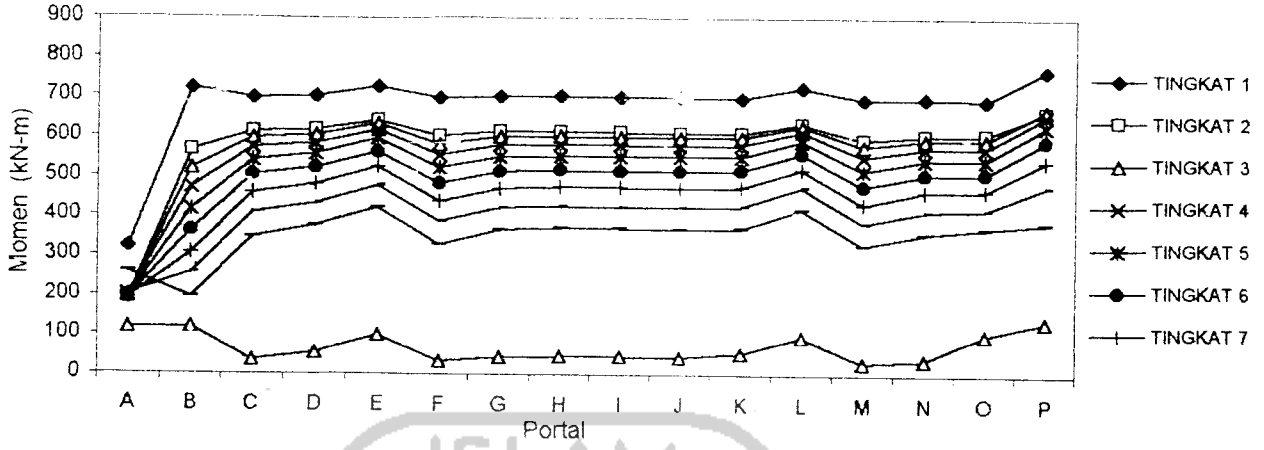
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	321.971	190.166	197.023	198.665	195.348	193.896	191.09	200.705	257.962	116.413
B	720.66	561.777	516.843	468.677	413.417	359.989	304.955	253.791	195.087	119.725
C	695.113	611.056	593.408	570.196	539.837	500.797	456.103	405.968	345.18	34.653
D	700.977	616.528	602.353	582.055	555.375	519.691	478.136	429.626	373.284	53.705
E	725.669	638.892	631.356	616.586	593.45	561.296	522.276	475.747	420.27	97.834
F	695.18	598.886	579.552	553.294	520.038	480.124	434.713	384.861	327.601	30.967
G	699.002	610.164	596.752	575.547	546.715	510.153	467.304	418.816	362.988	41.633
H	700.222	610.96	598.804	578.383	550.222	514.375	472.123	423.976	368.667	45.562
I	699.273	609.997	598.095	577.782	549.537	513.714	471.402	423.264	368.121	45.17
J	699.423	608.878	597.255	576.876	548.471	512.588	470.119	421.843	366.537	43.411
K	695.635	609.151	597.42	577.554	550.017	514.522	472.474	424.073	369.422	52.803
L	721.783	631.929	626.679	612.447	588.67	556.824	517.593	471.376	417.794	96.731
M	691.733	592.929	575.477	549.859	516.071	476.42	430.822	381.123	325.376	30.247
N	696.52	603.938	592.194	571.236	541.592	504.951	461.541	412.827	355.873	38.356
O	690.018	604.034	591.242	570.72	542.55	506.903	464.881	416.492	368.1	101.583
P	764.248	661.275	666.014	652.787	627.514	589.14	539.713	476.453	383.36	136.372

Tabel 5.17 Momen tumpuan balok portal as-1 dengan E=1E5

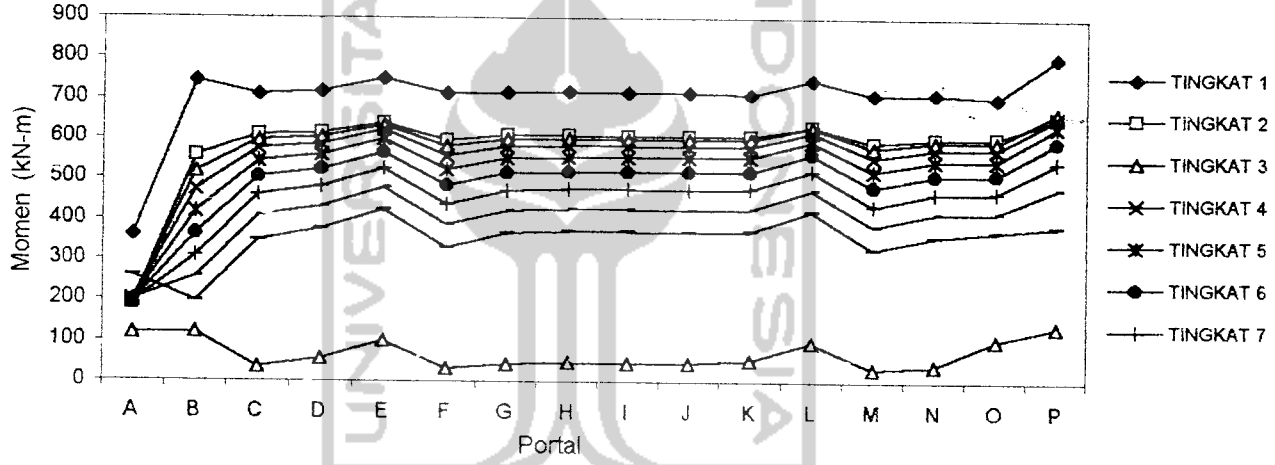
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	361.028	188.685	197.344	198.989	195.726	194.239	191.372	199.195	257.301	116.263
B	744.224	556.8	516.372	470.932	416.243	362.47	306.74	254.851	195.434	119.877
C	710.707	608.088	593.593	572.909	543.149	503.827	458.516	407.702	346.258	35.052
D	716.466	613.31	602.548	584.828	558.818	522.887	480.741	431.564	374.574	54.238
E	748.785	635.851	632.317	619.31	597.18	564.694	525.037	477.824	421.688	98.622
F	713.454	595.299	579.588	555.668	522.949	482.715	436.667	386.139	328.219	31.516
G	715	606.619	597	578.207	549.991	513.147	469.68	420.518	364.031	42.023
H	716.532	607.235	599.057	581.028	553.492	517.375	474.517	425.703	369.74	45.969
I	715.441	606.296	598.354	580.439	552.816	516.72	473.798	424.99	369.188	45.572
J	715.913	605.143	597.527	579.534	551.759	515.607	472.533	423.588	367.625	43.796
K	710.815	605.811	597.681	580.323	553.45	517.704	475.062	425.993	370.69	53.338
L	744.895	628.797	627.654	615.662	592.395	560.216	520.347	473.447	419.208	97.516
M	709.989	589.455	575.463	552.236	518.98	479.009	432.773	382.397	325.995	30.811
N	713.215	600.354	592.363	573.877	544.866	507.949	463.928	414.543	356.944	38.762
O	702.878	601.883	591.335	573.512	545.925	510.021	467.407	418.366	369.349	101.441
P	802.955	653.301	666.162	655.666	631.066	592.275	542.029	477.929	383.996	136.513

Tabel 5.18 Momen tumpuan balok portal as-1 dengan E=1E4

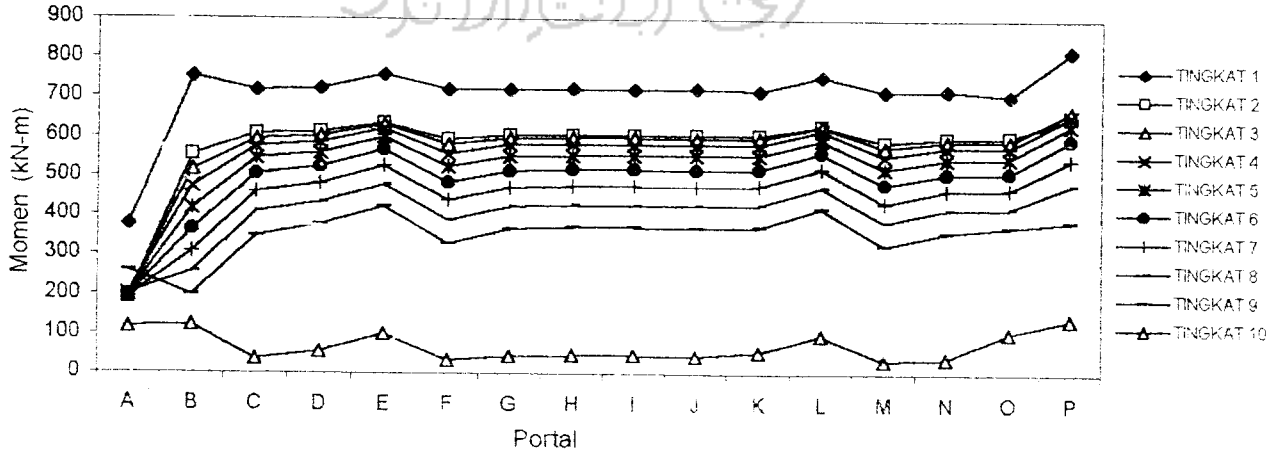
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	376.374	188.084	197.462	199.107	195.867	194.368	191.478	198.622	257.049	116.204
B	753.354	554.732	516.081	471.728	417.287	363.4	307.415	255.254	195.568	119.932
C	716.404	606.844	593.561	573.886	544.378	504.964	459.428	408.36	346.669	35.207
D	722.177	611.946	602.519	585.823	560.092	524.082	481.72	432.294	375.059	54.407
E	757.496	634.51	632.548	620.936	598.521	565.92	526.027	478.556	422.171	98.87
F	720.305	593.799	579.532	556.547	524.063	483.726	437.446	386.666	328.496	31.724
G	720.846	605.127	597.004	579.174	551.221	514.287	470.596	421.182	364.445	42.184
H	722.463	605.669	599.058	581.982	554.71	518.507	475.428	426.364	370.154	46.128
I	721.32	604.735	598.355	581.394	554.034	517.851	474.705	425.647	369.596	45.726
J	721.905	603.573	597.531	580.488	552.979	516.74	473.445	424.25	368.039	43.944
K	716.398	604.386	597.679	581.316	554.72	518.894	476.033	426.715	371.166	53.508
L	753.599	627.42	627.891	616.786	593.734	561.44	521.335	474.178	419.69	97.763
M	716.844	588.008	575.388	553.116	520.093	480.019	433.551	382.923	326.272	31.026
N	719.327	598.871	592.336	574.838	546.096	509.091	464.849	415.213	357.369	38.929
O	707.611	600.963	591.273	574.525	547.186	511.2	468.369	419.085	369.831	101.388
P	818.209	650.022	666.099	656.692	632.384	593.455	542.908	478.494	384.242	136.57



Gambar 5.25 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=5E5)



Gambar 5.26 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E5)



Gambar 5.27 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E4)

Tabel 5.19 Momen tumpuan balok portal as-1 dengan E=0 (sendi)

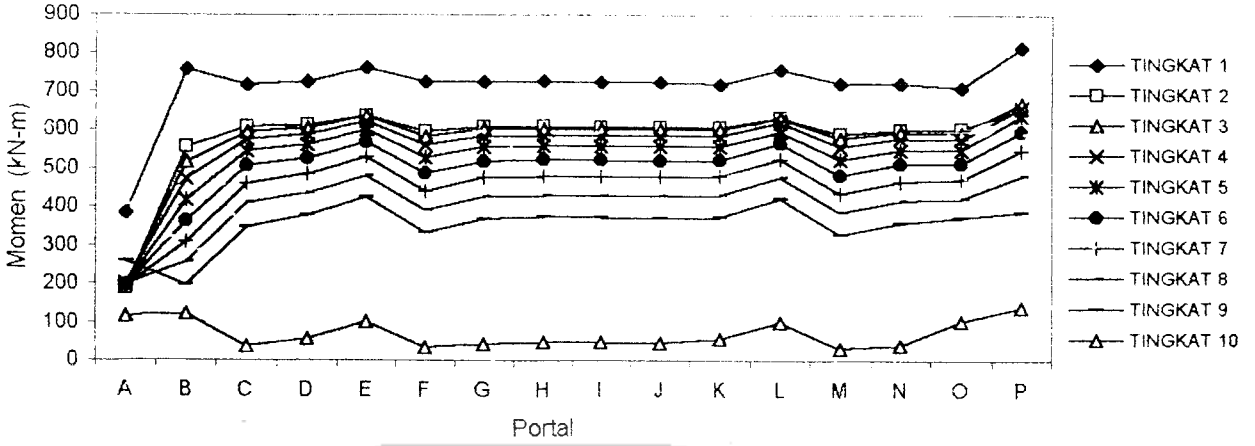
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	383.588	187.79	197.515	199.121	195.888	194.387	191.494	198.586	257.05	116.217
B	756.44	554.649	515.98	471.772	417.365	363.469	307.456	255.265	195.548	119.967
C	717.106	607.092	593.578	574.031	544.548	505.12	459.553	400.45	346.728	35.231
D	723.094	612.019	602.527	585.949	560.254	524.235	481.845	432.388	375.123	54.428
E	758.703	634.538	632.586	621.077	598.689	566.073	526.15	478.647	422.23	98.901
F	721.257	593.755	579.54	556.661	524.207	483.856	437.547	386.734	328.533	31.75
G	721.631	605.026	597.012	579.296	551.377	514.433	470.713	421.267	364.499	42.205
H	723.231	605.508	599.061	582.102	554.865	518.65	475.543	426.448	370.207	46.149
I	722.055	604.523	598.351	581.514	554.188	517.994	474.821	425.731	369.648	45.746
J	722.626	603.309	597.522	580.607	553.133	516.884	473.561	424.334	368.092	43.964
K	717.045	604.09	597.666	581.441	554.881	519.045	476.156	426.807	371.226	53.529
L	754.607	627.069	627.898	616.922	593.899	561.592	521.458	474.269	419.749	97.793
M	717.602	587.591	575.365	553.226	520.236	480.149	433.652	382.991	326.309	31.051
N	719.817	598.438	592.316	574.963	546.254	509.238	464.967	415.299	357.423	38.951
O	708.695	600.275	591.255	574.614	547.321	511.328	468.474	419.16	369.878	101.41
P	814.912	649.847	666.073	656.379	632.598	593.648	543.059	478.603	384.308	136.598

Tabel 5.20 Momen tumpuan balok portal as-2 dengan E=1E10 (jepit)

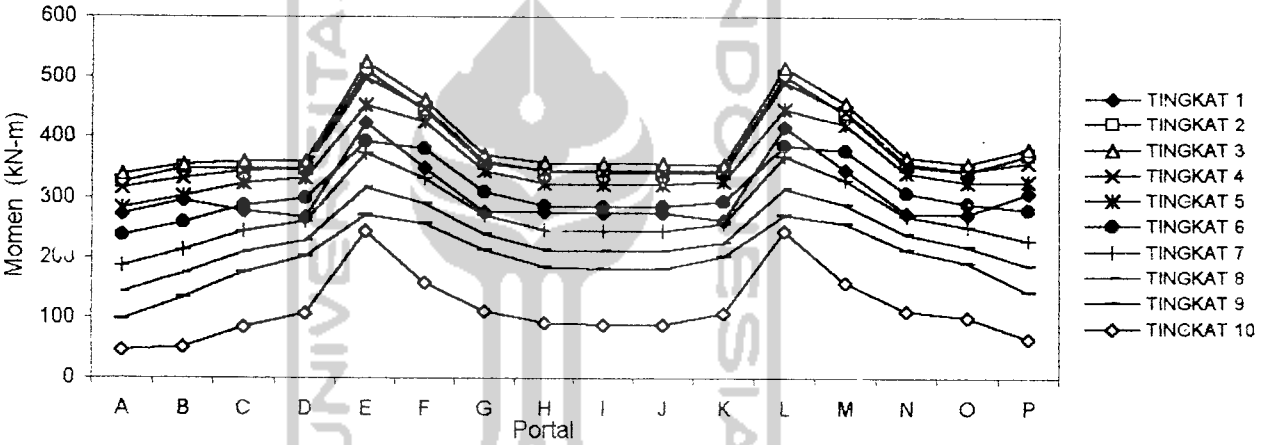
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	270.416	323.728	337.106	315.668	281.45	235.794	185.504	142.288	96.292	45.784
B	294.261	348.959	353.796	330.966	300.976	258.002	212.033	173.897	133.531	49.986
C	275.694	347.188	357.838	342.829	322.371	284.724	243.322	208.643	175.037	84.371
D	266.269	347.745	358.499	346.351	331.276	296.805	258.827	228.13	201.301	106.022
E	423.721	510.229	524.227	498.602	453.126	391.466	372.808	315.742	270.229	243.223
F	348.779	444.698	461.742	447.384	424.366	380.077	330.947	288.088	255.024	156.65
G	274.613	355.745	369.499	358.329	343.104	308.399	269.589	237.97	212.001	110.588
H	273.899	345.307	356.939	342.393	322.522	285.853	245.381	211.98	183.122	90.521
I	272.537	343.399	354.974	340.252	320.059	283.227	242.634	209.205	180.379	88.321
J	272.753	343.682	354.782	339.864	319.799	282.944	242.438	209.149	181.026	87.896
K	261.276	342.774	353.513	341.344	326.239	292.085	254.569	224.73	201.017	107.445
L	416.748	502.068	516.149	490.782	445.592	384.583	368	312.932	269.834	243.92
M	344.493	438.812	456.317	443.063	419.633	375.921	327.707	286.122	254.559	156.719
N	272.413	351.122	365.696	355.128	340.008	305.881	267.828	237.06	211.354	110.23
O	270.719	341.515	355.029	342.602	323.855	288.749	250.005	217.779	190.509	99.145
P	305.772	368.681	379.584	357.371	325.252	278.756	227.85	184.726	141.945	63.918

Tabel 5.21 Momen tumpuan balok portal as-2 dengan E=1E7

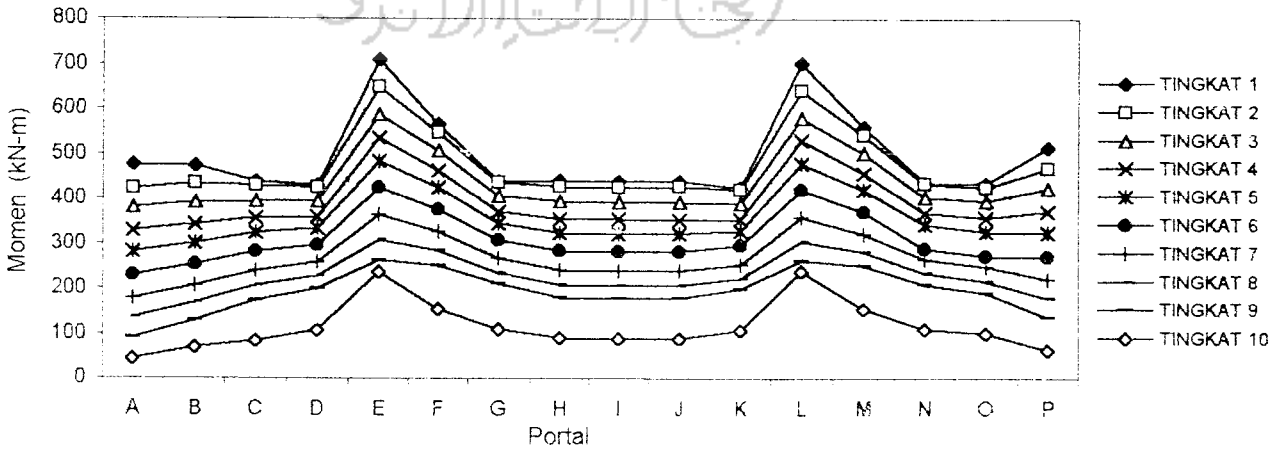
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	474.647	421.017	379.248	327.448	279.522	228.737	177.307	134.501	89.281	42.002
B	473.047	434.087	389.856	340.41	298.624	251.296	204.466	166.763	127.162	68.912
C	438.497	428.823	393.874	354.429	323.004	281.066	238.577	204.078	171.068	82.232
D	427.836	424.357	393.369	358.146	332.927	294.419	255.352	224.724	198.259	105.051
E	707.941	646.925	585.567	534.998	483.515	423.749	362.433	306.179	261.882	236.215
F	565.792	545.796	504.817	460.291	423.114	373.762	323.694	281.443	249.221	152.773
G	438.553	435.959	405.557	370.398	344.483	305.54	265.595	234.078	208.53	108.941
H	438.898	426.653	392.887	353.876	323.163	282.333	240.893	207.759	179.484	88.668
I	437.905	424.641	391.115	351.839	320.728	279.671	238.056	204.855	176.581	86.359
J	437.226	425.34	390.622	351.19	320.26	279.254	237.81	204.821	177.313	85.905
K	422.978	419.523	388.474	353.139	327.842	294.676	251.03	221.267	197.887	106.403
L	700.822	639.493	578.78	528.358	476.968	417.761	357.64	303.373	261.502	236.927
M	561.161	540.624	500.018	455.752	418.565	369.676	320.473	279.48	248.774	152.855
N	435.717	432.1	402.34	367.584	341.623	295.977	263.954	233.289	208.059	108.755
O	431.974	423.163	391.873	355.184	325.439	271.708	246.073	213.96	187.24	97.937
P	512.141	466.36	422.23	369.415	323.422	269.125	219.63	176.91	134.909	60.121



Gambar 5.28 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=0)



Gambar 5.29 Momen tumpuan balok portal as-2 (E=1E10)



Gambar 5.30 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E7)

Tabel 5.22 Momen tumpuan balok portal as-2 dengan E=1E6

Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	511.181	488.294	423.502	351.242	291.734	234.141	178.859	134.244	88.193	41.093
B	504.654	492.729	428.138	360.637	308.759	255.465	205.296	166.057	125.777	70.056
C	476.39	484.977	431.244	375.346	334.802	287.266	241.569	205.551	171.882	82.434
D	445.427	484.326	429.709	379.461	345.815	301.989	259.812	227.723	200.577	106.726
E	848.859	753.273	648.667	570.911	502.811	433.157	366.37	307.421	261.998	235.953
F	633.765	626.282	550.497	485.651	436.552	380.008	325.96	281.846	248.842	151.979
G	470.365	497.179	443.64	392.441	357.632	313.101	269.893	236.82	210.545	110.218
H	475.644	485.525	430.403	374.894	335.118	288.743	244.15	209.553	180.624	89.204
I	472.313	483.616	428.715	372.948	332.699	286.047	241.222	206.514	177.542	86.779
J	476.888	484.217	428.065	372.014	332.006	285.436	240.841	206.396	178.254	86.155
K	441.582	480.85	424.866	374.425	340.712	297.177	255.458	224.232	200.158	108.041
L	842.115	746.253	641.95	564.329	496.285	427.174	361.575	304.61	261.616	236.665
M	628.882	620.502	545.738	481.169	432.025	375.93	322.738	279.878	248.391	152.058
N	467.36	491.694	440.455	389.705	354.812	310.775	268.303	236.088	210.16	110.094
O	465.934	478.769	429.3	376.547	337.811	292.841	249.767	216.148	188.749	99.085
P	551.341	533.608	466.528	393.227	335.635	277.102	221.168	176.64	133.809	59.204

Tabel 5.23 Momen tumpuan balok portal as-2 dengan E=5E5

Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	532.56	518.158	444.352	362.847	298.003	237.142	179.94	134.386	87.878	40.753
B	519.11	519.396	446.07	370.513	313.969	257.808	205.971	165.932	125.275	70.73
C	489.651	511.15	448.851	385.643	340.87	290.638	243.334	206.528	172.493	82.649
D	542.665	523.215	446.865	389.878	352.348	305.968	262.245	229.405	201.897	107.626
E	911.601	801.875	678.612	588.621	512.792	438.366	368.833	308.467	262.415	236.12
F	664.803	662.82	572.159	498.138	443.504	383.484	327.433	282.339	248.897	151.739
G	482.413	525.206	461.609	403.223	364.307	317.092	272.26	238.386	211.721	110.937
H	489.325	512.464	448.123	385.21	341.241	292.196	246.025	210.664	181.375	89.567
I	485.449	510.462	446.451	383.274	338.806	289.463	243.037	207.548	178.196	87.075
J	491.258	511.265	445.733	382.239	338.029	288.78	242.607	207.401	178.906	86.377
K	538.316	518.406	442.064	384.829	347.237	301.142	257.873	225.896	201.452	108.922
L	904.98	794.984	671.894	582.049	506.269	432.384	364.038	305.656	262.033	236.832
M	659.788	656.818	567.382	493.671	438.981	379.408	324.211	280.369	248.444	151.817
N	479.392	519.046	458.395	400.503	361.495	314.76	270.69	237.679	211.374	110.836
O	477.393	504.739	446.891	387.045	344.143	296.527	251.872	217.469	189.698	99.759
P	573.087	563.481	487.384	404.835	341.904	280.101	222.247	176.779	133.491	58.862

Tabel 5.24 Momen tumpuan balok portal as-2 dengan E=1E5

Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	571.93	568.584	479.854	382.726	308.827	242.379	181.876	134.695	87.39	40.193
B	545.319	564.6	476.573	387.431	322.962	261.902	207.196	165.771	124.454	43.476
C	511.873	555.785	478.846	403.323	351.365	296.521	246.451	208.276	173.602	83.051
D	596.231	557.988	476.112	407.739	363.619	312.872	266.491	232.352	204.214	109.193
E	1018.02	884.222	729.714	619.037	530.067	447.476	373.213	310.389	263.237	236.492
F	718.625	724.621	609.127	519.582	455.538	389.57	330.067	283.271	249.062	151.373
G	503.166	572.708	492.23	421.712	375.82	324.016	276.392	241.132	213.79	112.194
H	512.289	558.184	478.329	402.915	351.822	298.21	249.323	212.64	182.72	90.219
I	507.62	555.978	476.676	400.985	349.351	295.409	246.229	209.386	179.371	87.609
J	515.204	557.201	475.844	399.791	348.441	294.61	245.719	209.194	180.082	86.79
K	592.241	580.197	471.385	402.664	358.489	308.019	262.085	228.808	203.723	110.454
L	1011.57	877.526	722.982	612.478	523.547	441.496	368.419	307.578	262.856	237.206
M	713.395	718.245	604.309	515.134	451.019	385.496	326.845	281.296	248.606	151.447
N	500.034	565.501	488.949	419.013	373.021	321.728	274.86	240.471	213.512	112.135
O	496.869	549.01	476.855	405.067	355.088	302.947	255.568	219.811	191.388	100.952
P	612.799	613.918	522.892	424.717	352.728	285.338	224.18	177.086	133.001	58.301

BAB VI

DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG

6.1 Desain Struktur 10 Lantai

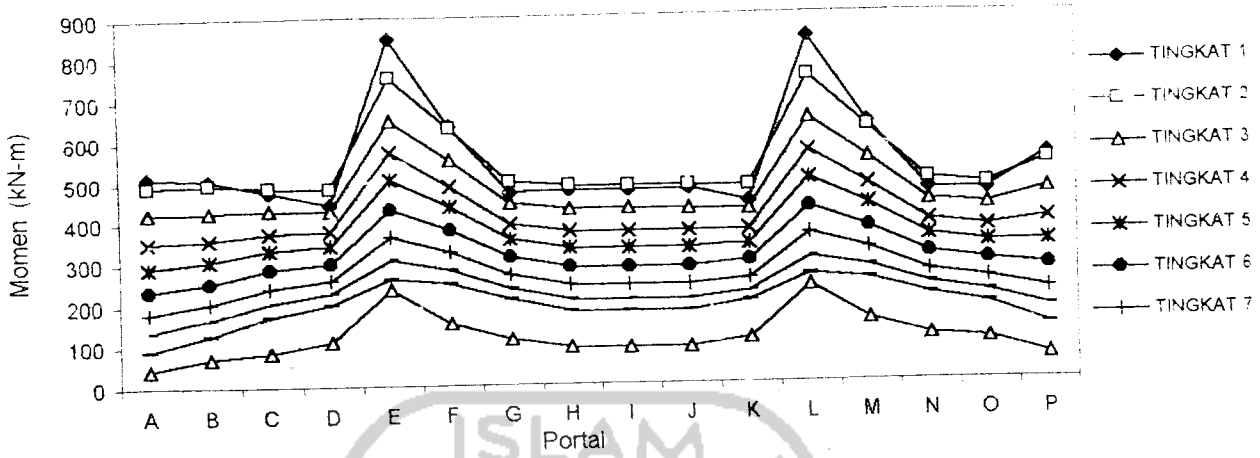
6.1.1 Desain Balok

1. Momen Rencana Balok di as kolom

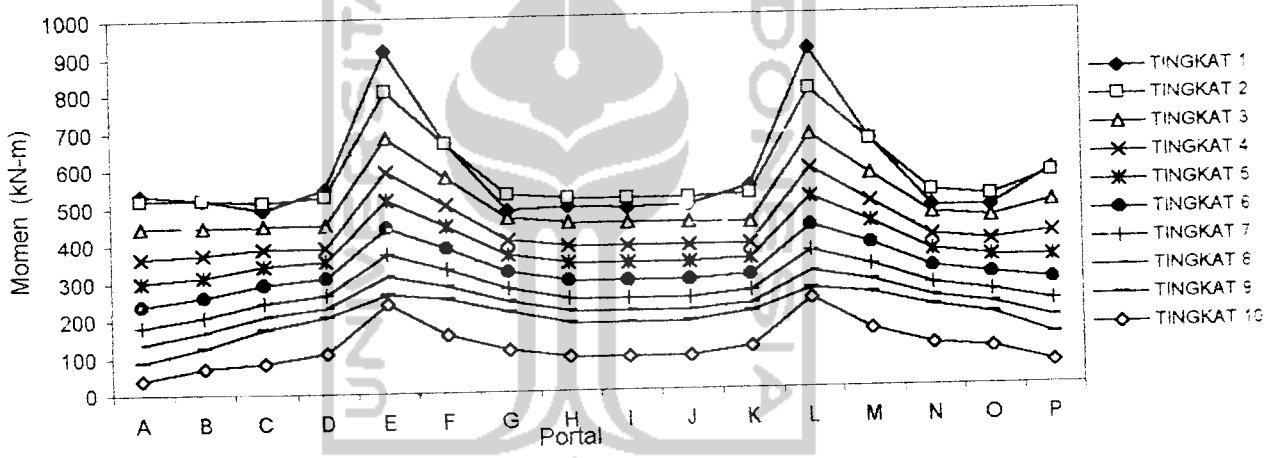
Momen rencana balok diambil pada ujung balok atau as kolom yang merupakan superposisi dari kombinasi antara beban mati, beban hidup, serta gaya gempa. Momen hasil dari perhitungan *SAP90* merupakan momen pada as kolom elemen struktur. Karena gaya gempa yang bekerja pada sisi kanan maupun sisi kiri dari sebuah bangunan adalah sama dan memiliki dimensi yang sama antara balok kanan dan kiri, maka perencanaan balok pada struktur sepuluh lantai cukup direncanakan satu kali yaitu sebelah kiri atau kanan saja.

2. Hitungan Tulangan Longitudinal

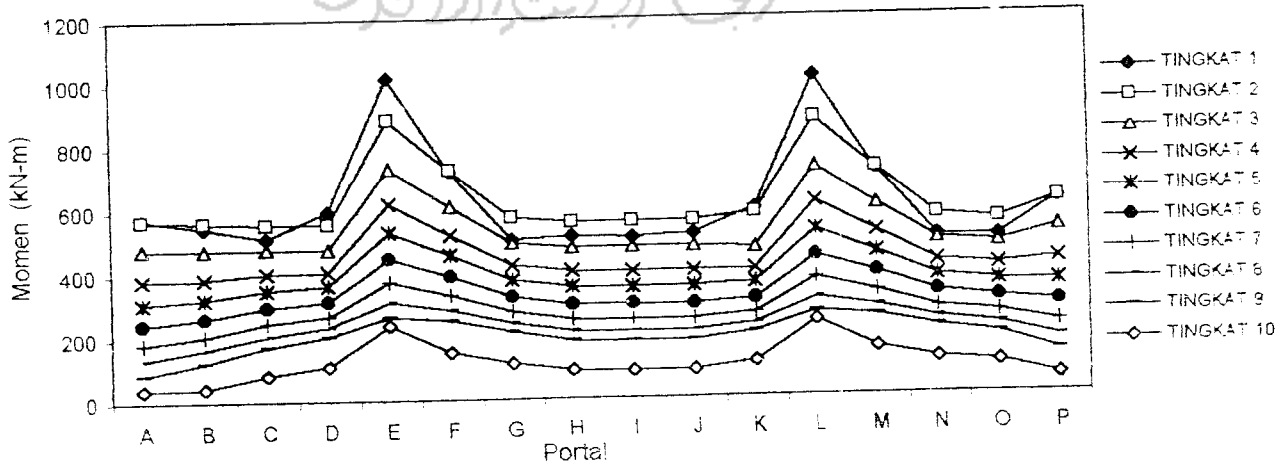
Perhitungan tulangan *longitudinal* balok didasarkan pada momen perlu maksimum $M_{u,maks}$ yang bekerja pada balok yang ditinjau. Sebagai contoh hitungan digunakan momen rencana balok portal F tingkat 1, seperti berikut ini :



Gambar 5.31 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E6)



Gambar 5.32 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=5E5)



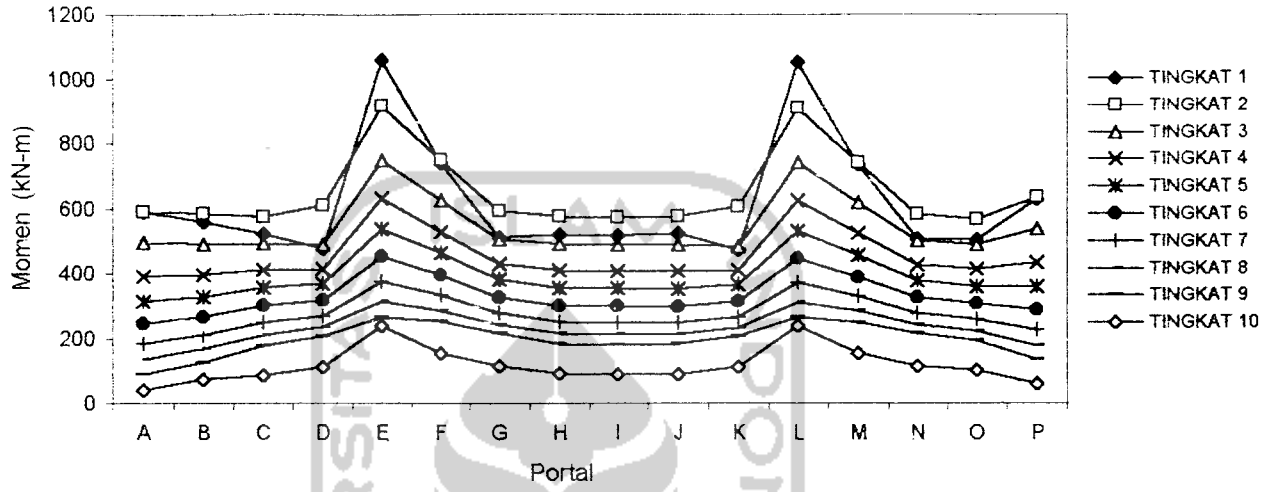
Gambar 5.33 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E5)

Tabel 5.25 Momen tumpuan balok portal as-2 dengan E=1E4

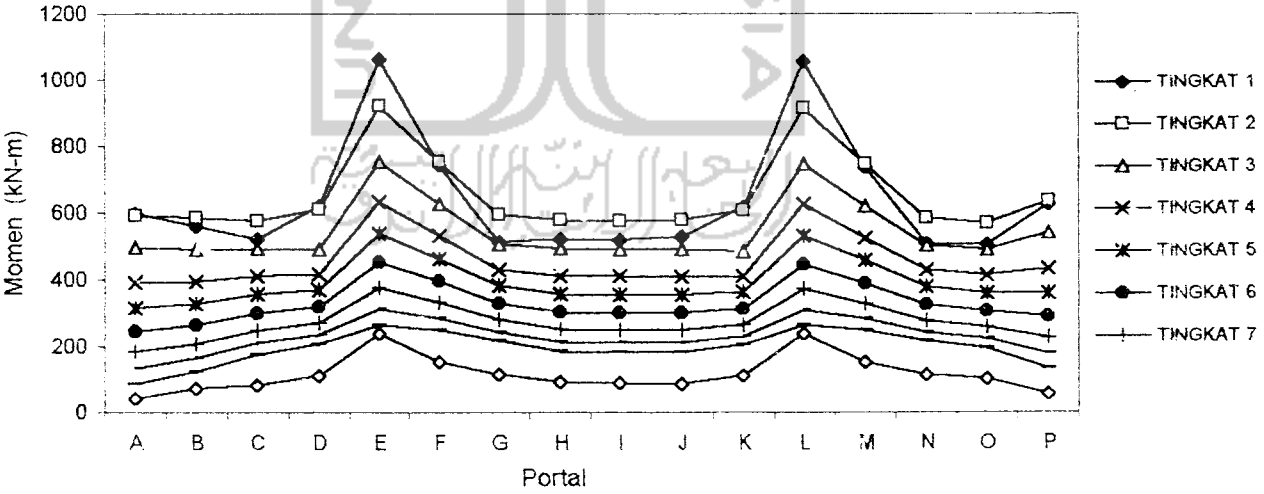
Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	597.53	587.788	493.421	390.345	312.99	244.404	182.633	134.826	87.212	39.982
B	555.683	581.842	488.226	393.914	326.422	263.485	207.677	165.718	124.146	72.386
C	529.368	572.855	490.312	410.107	355.405	298.794	247.662	208.96	174.038	83.211
D	473.273	608.027	487.296	414.588	367.953	315.534	268.132	233.493	205.113	109.798
E	1058.63	915.62	749.266	630.71	536.72	451.002	374.921	311.15	263.571	236.651
F	739.394	748.156	623.271	527.811	460.174	391.926	331.097	283.644	249.139	151.241
G	511.183	590.821	503.938	428.801	380.247	326.686	277.99	242.197	214.593	112.681
H	521.033	575.631	489.879	409.707	355.895	300.533	250.602	213.41	183.246	90.474
I	516.077	573.341	488.233	407.777	353.408	297.705	247.467	210.103	179.832	87.819
J	524.299	574.735	487.358	406.525	352.449	296.862	246.927	209.895	180.544	86.954
K	470.279	603.732	482.597	409.502	362.816	310.67	263.713	229.935	204.602	111.045
L	1052.24	908.993	742.527	624.154	530.202	445.023	370.128	308.339	263.191	237.365
M	734.084	741.648	618.435	523.369	455.656	387.853	327.875	281.668	248.682	151.314
N	507.997	583.236	500.628	426.111	377.453	324.408	276.473	241.553	214.341	112.637
O	504.387	565.937	488.309	411.991	359.3	305.426	257.002	220.723	192.048	101.416
P	628.484	633.126	536.461	432.337	356.892	287.362	224.937	177.217	132.823	58.09

Tabel 5.26 Momen tumpuan balok portal as-2 dengan E=0 (sendi)

Portal	Lantai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	595.472	589.845	495.21	391.307	313.506	244.639	182.704	134.818	87.166	39.942
B	559.223	584.169	489.68	394.734	326.84	263.659	207.709	165.084	124.081	72.462
C	521.369	575.392	491.809	411.025	355.953	299.106	247.832	209.06	174.106	83.243
D	619.498	611.083	488.754	415.487	368.517	315.877	268.341	233.638	205.227	109.879
E	1063.69	919.667	751.892	632.296	537.636	451.5	375.179	311.283	263.648	236.703
F	742.094	751.261	625.174	528.933	460.817	392.265	331.26	283.72	249.176	151.246
G	512.208	593.157	505.457	429.724	380.825	327.037	278.202	242.341	214.705	112.749
H	522.146	577.864	491.361	410.578	356.417	300.831	250.766	213.509	183.313	90.507
I	517.153	575.547	489.701	408.641	353.925	297.998	247.625	210.195	179.891	87.846
J	525.454	576.946	488.806	407.374	352.956	297.149	247.083	209.986	180.604	86.977
K	615.636	606.611	484	410.359	363.359	311.004	263.918	230.076	204.711	111.122
L	1057.37	912.849	744.993	625.644	531.077	445.512	370.389	308.478	263.273	237.421
M	736.768	744.543	620.23	524.426	456.273	388.187	328.04	281.749	248.723	151.321
N	508.782	585.335	502.087	426.999	378.015	324.756	276.687	241.701	214.456	112.709
O	505.927	567.549	489.758	412.797	359.799	305.716	257.165	220.822	192.115	101.459
P	624.552	635.95_	538.125	433.315	357.437	287.645	225.059	177.258	132.824	58.077



Gambar 5.34 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=1E4)



Gambar 5.35 Momen tumpuan balok portal as-1 (E=0)

a. Tulangan Tumpuan

Hitungan ditinjau pada balok kiri lantai 1, dengan kombinasi momen pada as kolom.

fc' = 30 Mpa, fy = 400 Mpa

$$\rho_b = \frac{0{,}85.f'_c.\beta_1}{f_y}\frac{600}{600+f_y} = \frac{0{,}85.30.0{,}85}{400}\frac{600}{600+400} = 0{,}0325$$

$$\rho_{max} = 0{,}75.\rho_b = 0{,}75.\ 0{,}0325 = 0{,}0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{f_y} = \frac{1{,}4}{400} = 0{,}0035$$

Anggap bahwa, d = h – 100 = 650 – 100 = 550 mm, jarak pusat berat tulangan baja tarik terhadap tepi beton dengan memperhitungkan kemungkinan penggunaan dua lapis tulangan baja tarik.

Mu^{-} = 847,3453 kNm

Dari Tabel A-29 (Istimawan, 1996), berdasarkan fc'=30 Mpa dan fy = 400 Mpa, di dapat k_{max} = 7,8866.

$M_R maks = \phi.b.d^2.k = 0{,}8.350.550^2.7{,}8866.10^{-6} = 667{,}995$ kNm

Karena $M_R maks < Mu^{-}$ = 847,3453 kNm, maka disimpulkan menggunakan balok dengan tulangan rangkap.

Perhitungan bahwa pasangan kopel gaya beton tekan dengan tulangan baja tarik mempunyai rasio penulangan kira-kira 90% dari ρ_{maks}

$$\rho = 0{,}9.0{,}0244 = 0{,}02196$$

dengan nilai tersebut dicari nilai k baru dari Tabel A-29, didapat k = 7,277.

Kuat momen tahanan atau kapasitas pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik adalah :

$M_{R1} = \phi.b.d^2.k = 0,8.350.550^2.7,277.10^{-6} = 616,3619$ kNm

Tentukan luas penampang tulangan tarik yang diperlukan untuk pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik.

$$A_{s1} = \rho.b.d = 0,02196.\ 350.\ 550 = 4227,3\ \text{mm}^2$$

Pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik ditentukan sedemikian rupa sehingga kuat momennya memenuhi keseimbangan terhadap momen rencana.

$M_{R2,\,perlu} = Mu^{-} - M_{R1} = 847,3453 - 616,3619 = 230,9834$ kNm

Berdasarkan pada pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik didapatkan :

$$M_{R2} = \phi.N_{D2}.(d\text{-}d')$$

$$N_{D2} = \frac{M_{R2}}{\phi.(d-d')} = \frac{230,9834}{0,8.(550-70)} = 601,5193\ \text{kN}$$

Karena $N_{D2} = A_s'.f_s'$, maka f_s' dihitung berdasarkan letak garis netral pasangan gaya kopel beton tekan dan tulangan baja tarik, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap regangan ε_s' pada tulangan baja tekan.

$$a = \frac{A_{s1}.f_y}{0,85.f_c'.b} = \frac{4227,3.400}{0,85.30.350} = 189,4588\ \text{mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{189,4588}{0,85} = 222,8927\ \text{mm}$$

Periksa regangan baja pada tulangan tekan

$$\varepsilon_s' = \frac{(c-d')}{c}.0,003 = \frac{(222,8927-70)}{222,8927}.0,003 = 0,00206$$

c. Pemeriksaan daktilitas

Pemeriksaan syarat daktilitas dengan membuktikan bahwa rasio penulangan pasangan kopel gaya beton desak dan baja tarik tidak melampaui nilai maksimum yaitu 0,75ρb. Untuk itu A_{s1} efektif yang berlaku dihitung ulang kembali berdasarkan keadaan bahwa tegangan pada tulangan baja desak (f_s') belum mencapai f_y.

Hitung ulang berapa sebenarnya A_{s1} efektif yang berlaku,

$N_{T2} = N_{D2}$

$$A_{s2} = \frac{A_s'.f_s'}{f_y} = \frac{2454,369.394,89}{400} = 2423,0144 \text{ mm}^2$$

Diperoleh $A_{s1} = A_s - A_{s2} = 5890,486 - 2423,0144 = 3467,4716 \text{ mm}^2$

Untuk pasangan kopel beton desak dengan tulangan baja tarik rasio penulangannya adalah :

$$\rho = \frac{A_{s1}}{b.d} = \frac{3467,4716}{350.562,5} = 0,0176$$

$\rho = 0,0176 < \rho_{max} = 0,0244$

$\rho = 0,0176 > \rho_{min} = 0,0035$

Luas tulangan beton yang digunakan memenuhi persyaratan daktilitas atau termasuk kategori balok dengan penulangan liat. Dalam hal ini penulangan yang dipakai pada balok memenuhi kapasitas momen tahanan ($M_R = \phi M_n$) untuk kondisi layan. Tetapi dalam perhitungan kuat momen rencana kolom bukan kapasitas momen tahanan yang digunakan, tetapi kuat lentur nominal aktual balok berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang (M_n) dengan memperhitungkan faktor *strain hardening* (ϕ_o). Untuk itu nilai M_n

a. Tulangan Tumpuan

Hitungan ditinjau pada balok kiri lantai 1, dengan kombinasi momen pada as kolom.

fc' = 30 Mpa, fy = 400 Mpa

$$\rho_b = \frac{0{,}85.f'_c.\beta_1}{f_y}\frac{600}{600+f_y} = \frac{0{,}85.30.0{,}85}{400}\frac{600}{600+400} = 0{,}0325$$

$$\rho_{max} = 0{,}75.\rho_b = 0{,}75.\ 0{,}0325 = 0{,}0244$$

$$\rho_{min} = \frac{1{,}4}{f_y} = \frac{1{,}4}{400} = 0{,}0035$$

Anggap bahwa, d = h – 100 = 650 – 100 = 550 mm, jarak pusat berat tulangan baja tarik terhadap tepi beton dengan memperhitungkan kemungkinan penggunaan dua lapis tulangan baja tarik.

$Mu^- = 847{,}3453$ kNm

Dari Tabel A-29 (Istimawan, 1996), berdasarkan fc'=30 Mpa dan fy = 400 Mpa, di dapat $k_{max} = 7{,}8866$.

$M_R maks = \phi.b.d^2.k = 0{,}8.350.550^2.7{,}8866.10^{-6} = 667{,}995$ kNm

Karena $M_R maks < Mu^- = 847{,}3453$ kNm, maka disimpulkan menggunakan balok dengan tulangan rangkap.

Perhitungan bahwa pasangan kopel gaya beton tekan dengan tulangan baja tarik mempunyai rasio penulangan kira-kira 90% dari ρ_{maks}

$$\rho = 0{,}9.0{,}0244 = 0{,}02196$$

dengan nilai tersebut dicari nilai k baru dari Tabel A-29, didapat k = 7,277.

Kuat momen tahanan atau kapasitas pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik adalah :

$$M_{R1} = \phi.b.d^2.k = 0,8.350.550^2.7,277.10^{-6} = 616,3619 \text{ kNm}$$

Tentukan luas penampang tulangan tarik yang diperlukan untuk pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik.

$$A_{s1} = \rho.b.d = 0,02196.\ 350.\ 550 = 4227,3 \text{ mm}^2$$

Pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik ditentukan sedemikian rupa sehingga kuat momennya memenuhi keseimbangan terhadap momen rencana.

$$M_{R2,\,perlu} = Mu^{+} - M_{R1} = 847,3453 - 616,3619 = 230,9834 \text{ kNm}$$

Berdasarkan pada pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik didapatkan :

$$M_{R2} = \phi.N_{D2}.(d\text{-}d')$$

$$N_{D2} = \frac{M_{R2}}{\phi.(d-d')} = \frac{230,9834}{0,8.(550-70)} = 601,5193 \text{ kN}$$

Karena $N_{D2} = A_s'.f_s'$, maka f_s' dihitung berdasarkan letak garis netral pasangan gaya kopel beton tekan dan tulangan baja tarik, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap regangan ε_s' pada tulangan baja tekan.

$$a = \frac{A_{s1}.f_y}{0,85.f_c'.b} = \frac{4227,3.400}{0,85.30.350} = 189,4588 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{189,4588}{0,85} = 222,8927 \text{ mm}$$

Periksa regangan baja pada tulangan tekan

$$\varepsilon_s' = \frac{(c-d')}{c}.0,003 = \frac{(222,8927-70)}{222,8927}.0,003 = 0,00206$$

c. Pemeriksaan daktilitas

Pemeriksaan syarat daktilitas dengan membuktikan bahwa rasio penulangan pasangan kopel gaya beton desak dan baja tarik tidak melampaui nilai maksimum yaitu 0,75ρb. Untuk itu A_{s1} efektif yang berlaku dihitung ulang kembali berdasarkan keadaan bahwa tegangan pada tulangan baja desak (f_s') belum mencapai f_y

Hitung ulang berapa sebenarnya A_{s1} efektif yang berlaku,

$N_{T2} = N_{D2}$

$$A_{s2} = \frac{A_s'.f_s'}{f_y} = \frac{2454,369.394,89}{400} = 2423,0144 \text{ mm}^2$$

Diperoleh $A_{s1} = A_s - A_{s2} = 5890,486 - 2423,0144 = 3467,4716 \text{ mm}^2$

Untuk pasangan kopel beton desak dengan tulangan baja tarik rasio penulangannya adalah :

$$\rho = \frac{A_{s1}}{b.d} = \frac{3467,4716}{350.562,5} = 0,0176$$

$\rho = 0,0176 < \rho_{max} = 0,0244$

$\rho = 0,0176 > \rho_{min} = 0,0035$

Luas tulangan beton yang digunakan memenuhi persyaratan daktilitas atau termasuk kategori balok dengan penulangan liat. Dalam hal ini penulangan yang dipakai pada balok memenuhi kapasitas momen tahanan ($M_R = \phi M_n$) untuk kondisi layan. Tetapi dalam perhitungan kuat momen rencana kolom bukan kapasitas momen tahanan yang digunakan, tetapi kuat lentur nominal aktual balok berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang (M_n) dengan memperhitungkan faktor *strain hardening* (ϕ_s). Untuk itu nilai M_n

tidak direduksi dengan faktor φ dan hal ini sesuai dengan prinsip *strong coloumn weak beam*, dimana sendi plastis dipaksa terjadi diujung-ujung balok.

Apabila dalam perhitungan kuat momen rencana untuk kolom, momen yang digunakan adalah momen tahanan (M_R), berarti masih tersisa kekuatan sebenarnya sebesar ± 25% dari kapasitas momen nominal aktual balok berdasarkan luas tulangan sebenarnya yang terpasang.

Tabel 6.1 Tulangan *longitudinal* portal F dan momen nak as kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	847,34	217,43	5731,3	$12D_{25}$	1504	$5D_{25}$	1157,01	484,6
	Lapangan	-	209,87	-	$2D_{25}$	521,21	$3D_{25}$		
	Kanan	790,91	319,85	5731,3	$12D_{25}$	1504	$5D_{25}$	1157,01	484,6
2	Kiri	687,01	159,67	5133,843	$11D_{25}$	1314,75	$5D_{25}$	947,1071	405,2
	Lapangan	-	192,02	-	$2D_{25}$	495,56	$3D_{25}$		
	Kanan	686,57	159,28	5130,645	$11D_{25}$	1311,49	$5D_{25}$	947,1071	405,2
3	Kiri	652,83	138,5	4885,442	$10D_{25}$	1061,75	$5D_{25}$	868,8519	375,4
	Lapangan	-	196,57	-	$2D_{25}$	489,56	$3D_{25}$		
	Kanan	652,38	138,11	4882,172	$10D_{25}$	1058,42	$5D_{25}$	868,8519	375,4
4	Kiri	620,12	118,34	4647,724	$10D_{25}$	819,63	$4D_{25}$	861,036	322,6
	Lapangan	-	201,1	-	$2D_{25}$	526,4	$3D_{25}$		
	Kanan	619,93	117,98	4646,343	$10D_{25}$	818,224	$4D_{25}$	861,036	322,6
5	Kiri	592,87	82,2	4429,528	$9D_{25}$	1156,57	$4D_{25}$	776,1959	319,8
	Lapangan	-	200,79	-	$2D_{25}$	457,84	$3D_{25}$		
	Kanan	592,45	81,83	4426,485	$9D_{25}$	1153,46	$4D_{25}$	776,1959	319,8
6	Kiri	534,97	50,78	4008,753	$9D_{25}$	727,992	$4D_{25}$	776,1959	319,8
	Lapangan	-	203,65	-	$2D_{25}$	451,895	$3D_{25}$		
	Kanan	534,79	50,43	4007,445	$9D_{25}$	726,660	$4D_{25}$	776,1959	319,8
7	Kiri	500,28	10,44	4170,338	$9D_{25}$	1304,58	$4D_{25}$	653,321	270,9
	Lapangan	-	206,08	-	$2D_{25}$	475,25	$3D_{25}$		
	Kanan	499,91	10,11	4167,296	$9D_{25}$	1301,28	$4D_{25}$	653,321	270,9
8	Kiri	435,67	-27,98	3639,006	$8D_{25}$	729,689	$3D_{25}$	581,2703	201,8
	Lapangan	-	212,08	-	$2D_{25}$	456,89	$3D_{25}$		
	Kanan	435,48	-27,58	3637,444	$8D_{25}$	727,999	$3D_{25}$	581,2703	201,8
9	Kiri	384,05	-71,12	3625,855	$8D_{25}$	1162,38	$3D_{25}$	473,535	164,6
	Lapangan	-	221,39	-	$2D_{25}$	431,658	$3D_{25}$		
	Kanan	383,85	-70,95	3623,961	$8D_{25}$	1160,15	$3D_{25}$	473,535	164,6
10	Kiri	173,17	-66,45	2799,714	$6D_{25}$	3078,37	$3D_{25}$	121,6885	102,7
	Lapangan	-	126,87	-	$2D_{25}$	425,564	$3D_{25}$		
	Kanan	172,76	-66,1	2792,595	$6D_{25}$	3063,01	$3D_{25}$	121,6885	102,7

Tabel 6.2 Tulangan *longitudinal* portal E dan momen nak as kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	1365,4	1038,3	7765,363	$11D_{29}$	2055,763	$5D_{29}$	1718,559	785,536
	Lapangan	-	341,36	-	$2D_{29}$	1125,36	$3D_{29}$		
	Kanan	1095,2	904,15	7765,363	$11D_{29}$	2055,763	$5D_{29}$	1718,559	785,536
2	Kiri	1264,7	975,73	7222,798	$10D_{29}$	1513,198	$5D_{29}$	1575,32	734,544
	Lapangan	-	316,17	-	$2D_{29}$	1059,65	$3D_{29}$		
	Kanan	1117,7	889,31	7222,798	$10D_{29}$	1513,198	$5D_{29}$	1575,32	734,544
3	Kiri	1121,6	828,17	6940,74	$10D_{29}$	1670,34	$5D_{29}$	1443,216	673,332
	Lapangan	-	280,41	-	$2D_{29}$	956,879	$3D_{29}$		
	Kanan	956,58	740,90	6940,74	$10D_{29}$	1670,34	$5D_{29}$	1443,216	673,332
4	Kiri	991,09	690,36	6130,282	$9D_{29}$	1518,682	$5D_{29}$	1303,048	654,704
	Lapangan	-	247,77	-	$2D_{29}$	759,412	$3D_{29}$		
	Kanan	805,77	604,41	6130,282	$9D_{29}$	1518,682	$5D_{29}$	1303,048	654,704
5	Kiri	893,31	593,23	5512,807	$8D_{29}$	1560,007	$4D_{29}$	1151,424	552,439
	Lapangan	-	223,33	-	$2D_{29}$	689,982	$2D_{29}$		
	Kanan	728,87	525,50	5512,807	$8D_{29}$	1560,007	$4D_{29}$	1151,424	552,439
6	Kiri	796,16	491,82	5367,214	$8D_{29}$	1743,814	$4D_{29}$	1045,741	502,217
	Lapangan	-	199,04	-	$2D_{29}$	642,129	$2D_{29}$		
	Kanan	630,23	435,29	5367,214	$8D_{29}$	1743,814	$4D_{29}$	1045,741	502,217
7	Kiri	710,40	401,69	4808,88	$7D_{29}$	1185,48	$4D_{29}$	925,3886	451,949
	Lapangan	-	177,55	-	$2D_{29}$	596,483	$2D_{29}$		
	Kanan	543,24	355,88	4808,88	$7D_{29}$	1185,48	$4D_{29}$	925,3886	451,949
8	Kiri	634,72	317,36	4733,68	$7D_{29}$	1439,68	$3D_{29}$	821,9326	337,324
	Lapangan	-	158,68	-	$2D_{29}$	564,329	$2D_{29}$		
	Kanan	449,28	317,36	4733,68	$7D_{29}$	1439,68	$3D_{29}$	821,9326	337,324
9	Kiri	579,22	289,61	4310,189	$6D_{29}$	1594,181	$3D_{29}$	697,2431	320,425
	Lapangan	-	146,18	-	$2D_{29}$	532,619	$2D_{29}$		
	Kanan	362,50	289,61	4310,189	$6D_{29}$	1594,181	$3D_{29}$	697,2431	320,425
10	Kiri	432,84	250,29	3606,368	$6D_{29}$	1228,978	$3D_{29}$	586,6362	271,053
	Lapangan	-	131,55	-	$2D_{29}$	459,659	$2D_{29}$		
	Kanan	200,78	250,29	3606,368	$6D_{29}$	1228,978	$3D_{29}$	586,6362	271,053

Tabel 6.3 Tulangan *longitudinal* portal 2 dan momen nak as kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	741,38	714,56	5508,83	$12D_{25}$	2255,85	$5D_{25}$	949,31	441,8
	Lapangan	-	92,093	-	$2D_{25}$	717,237	$3D_{25}$		
	Kanan	740,73	713,54	5504,1	$12D_{25}$	2251,04	$5D_{25}$	949,31	441,8
2	Kiri	516,0	515,89	4299,61	$9D_{25}$	1444,45	$5D_{25}$	658,81	310,1
	Lapangan	-	83,1	-	$2D_{25}$	644,13	$3D_{25}$		
	Kanan	515,0	498,45	4291,39	$9D_{25}$	1435,55	$5D_{25}$	658,81	310,1
3	Kiri	506,54	492,74	4221,82	$9D_{25}$	1360,28	$5D_{25}$	658,81	310,1
	Lapangan	-	78,95	-	$2D_{25}$	610,636	$3D_{25}$		
	Kanan	505,72	491,4	4215,08	$9D_{25}$	1352,98	$5D_{25}$	658,81	310,1
4	Kiri	493,12	474,12	4658,72	$11D_{25}$	1240,87	$5D_{25}$	642,79	301,5
	Lapangan	-	78,9	-	$2D_{25}$	610,233	$3D_{25}$		
	Kanan	492,18	472,67	4649,81	$11D_{25}$	1232,50	$5D_{25}$	642,79	301,5
5	Kiri	455,61	445,12	4305,34	$10D_{25}$	907,112	$5D_{25}$	584,62	300,9
	Lapangan	-	80,3	-	$2D_{25}$	621,515	$3D_{25}$		
	Kanan	454,65	443,65	4296,25	$10D_{25}$	898,569	$5D_{25}$	584,62	300,9
6	Kiri	415,1	405,08	3921,72	$9D_{25}$	546,662	$5D_{25}$	531,31	274
	Lapangan	-	81,55	-	$2D_{25}$	631,602	$3D_{25}$		
	Kanan	414,13	403,67	3912,53	$9D_{25}$	538,031	$5D_{25}$	531,31	274
7	Kiri	361,91	355,88	3970,87	$10D_{25}$	916,375	$5D_{25}$	452,07	232,8
	Lapangan	-	87,04	-	$2D_{25}$	676,07	$3D_{25}$		
	Kanan	360,97	354,56	3960,38	$10D_{25}$	905,931	$5D_{25}$	452,07	232,8
8	Kiri	296,45	288,59	3240,29	$8D_{25}$	1735,86	$5D_{25}$	367,87	183,9
	Lapangan	-	85,67	-	$2D_{25}$	664,948	$3D_{25}$		
	Kanan	295,56	287,96	3230,36	$8D_{25}$	1722,78	$5D_{25}$	367,87	183,9
9	Kiri	227,88	201,0	2963,49	$8D_{25}$	728,543	$4D_{25}$	260,58	112,7
	Lapangan	-	80,08	-	$2D_{25}$	619,741	$3D_{25}$		
	Kanan	227,36	200,97	2956,43	$8D_{25}$	720,904	$4D_{25}$	260,58	112,7
10	Kiri	140,65	128,86	1778,3	$6D_{25}$	206,338	$4D_{25}$	199,64	74,23
	Lapangan	-	55,82	-	$2D_{25}$	426,658	$3D_{25}$		
	Kanan	140,57	127,97	1777,22	$6D_{25}$	204,629	$4D_{25}$	199,64	74,23

Tabel 6.4 Tulangan *longitudinal* portal 3 dan momen nak as kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	603.16	633.16	5016.39	$10D_{25}$	2219.98	$5D_{25}$	777,6	392,699
	Lapangan	-	64.856	-	$2D_{25}$	717.237	$3D_{25}$		
	Kanan	488.9	546.19	4076,75	$10D_{25}$	2219.98	$5D_{25}$	777,6	392,699
2	Kiri	408.19	435.29	3413,02	$8D_{25}$	485,178	$4D_{25}$	586,99	243,839
	Lapangan	-	43.484	-	$2D_{25}$	644,13	$2D_{25}$		
	Kanan	333.32	390,1	2797,31	$8D_{25}$	485.178	$4D_{25}$	586,99	243,839
3	Kiri	377.18	401.73	3560,8	$8D_{25}$	1086,04	$4D_{25}$	477,66	196,64
	Lapangan	-	46.312	-	$2D_{25}$	610.636	$2D_{25}$		
	Kanan	294.92	353.42	2781,82	$8D_{25}$	1086,04	$4D_{25}$	477,66	196,64
4	Kiri	341.49	363,84	3222,83	$7D_{25}$	689,485	$4D_{25}$	422,03	168,978
	Lapangan	-	45.834	-	$2D_{25}$	610,233	$2D_{25}$		
	Kanan	258,56	318,69	2437,5	$7D_{25}$	689,485	$4D_{25}$	422,03	168,978
5	Kiri	294.18	315.15	2776,64	$7D_{25}$	681,293	$4D_{25}$	418,3	190,079
	Lapangan	-	42.38	-	$2D_{25}$	598,568	$2D_{25}$		
	Kanan	216,72	278,28	2043,12	$7D_{25}$	681,293	$4D_{25}$	418,3	190,079
6	Kiri	244.14	267.13	2656,47	$7D_{25}$	967,407	$4D_{25}$	323 15	142,789
	Lapangan	-	39.619	-	$2D_{25}$	586,234	$2D_{25}$		
	Kanan	210,96	233,77	2286,16	$7D_{25}$	967,407	$4D_{25}$	323,45	142,789
7	Kiri	236,12	185,38	2566,96	$7D_{25}$	849,591	$4D_{25}$	323,45	142,789
	Lapangan	-	35.638	-	$2D_{25}$	564.215	$2D_{25}$		
	Kanan	199,69	184,89	2160,38	$7D_{25}$	849,591	$4D_{25}$	323,45	142,789
8	Kiri	147,59	183,52	1872,6	$6D_{25}$	354,515	$4D_{25}$	199,64	74,2265
	Lapangan	-	31.562	-	$2D_{25}$	534,659	$2D_{25}$		
	Kanan	117,51	182,77	1463,9	$6D_{25}$	354.515	$4D_{25}$	199,64	74,2265
9	Kiri	89,771	125,38	1351,81	$6D_{25}$	728,543	$4D_{25}$	121,69	31,1762
	Lapangan	-	22.636	-	$2D_{25}$	315,256	$2D_{25}$		
	Kanan	89,449	123,55	1346,22	$6D_{25}$	720,904	$4D_{25}$	121,69	31,1762
10	Kiri	73,378	66,069	1067,21	$5D_{25}$	426,658	$3D_{25}$	103,43	16,3791
	Lapangan	-	21.038	-	$2D_{25}$	204,629	$2D_{25}$		
	Kanan	73,074	65,562	1061,94	$5D_{25}$	426,658	$3D_{25}$	103,43	16,3791

Tabel 6.5 Tulangan *longitudinal* portal F dan momen nak muka kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	758,61	217,43	5153,39	$11D_{25}$	1504	$5D_{25}$	1070,7	456,37
	Lapangan	-	209,87	-	$2D_{25}$	521,21	$3D_{25}$		
	Kanan	698,35	319,85	4761,08	$11D_{25}$	1504	$5D_{25}$	1070,7	456,37
2	Kiri	616,95	159,67	4624,69	$10D_{25}$	1314,75	$5D_{25}$	868,85	375,374
	Lapangan	-	192,02	-	$2D_{25}$	495,56	$3D_{25}$		
	Kanan	616,08	159,28	4618,36	$10D_{25}$	1311,49	$5D_{25}$	868,85	375,374
3	Kiri	586,88	138,5	4406,15	$9D_{25}$	1061,75	$5D_{25}$	788,34	341,09
	Lapangan	-	196,57	-	$2D_{25}$	489,56	$3D_{25}$		
	Kanan	586,78	138,11	4405,43	$9D_{25}$	1058,42	$5D_{25}$	788,34	341,09
4	Kiri	566,79	118,34	4260,15	$9D_{25}$	819,63	$4D_{25}$	783,14	296,541
	Lapangan	-	201,1	-	$2D_{25}$	526,4	$3D_{25}$		
	Kanan	566,62	117,98	4258,92	$9D_{25}$	818,224	$4D_{25}$	788,34	296,541
5	Kiri	544,12	82,2	4075,25	$9D_{25}$	1156,57	$4D_{25}$	776,2	319,807
	Lapangan	-	200,79	-	$2D_{25}$	457,84	$3D_{25}$		
	Kanan	543,95	81,83	4074,01	$9D_{25}$	1153,46	$4D_{25}$	776,2	319,807
6	Kiri	492,67	50,78	3701,34	$8D_{25}$	727,992	$4D_{25}$	697,45	290,1
	Lapangan	-	203,65	-	$2D_{25}$	451,895	$3D_{25}$		
	Kanan	492,52	50,43	3700,25	$8D_{25}$	726,660	$4D_{25}$	697,45	290,1
7	Kiri	466,23	10,44	3890,32	$8D_{25}$	1304,58	$4D_{25}$	586,99	243,839
	Lapangan	-	206,08	-	$2D_{25}$	475,25	$3D_{25}$		
	Kanan	466,1	10,11	3889,25	$8D_{25}$	1301,28	$4D_{25}$	586,99	243,839
8	Kiri	408,49	-27,98	3415,49	$7D_{25}$	729,689	$3D_{25}$	515,29	178,91
	Lapangan	-	212,08	-	$2D_{25}$	456,89	$3D_{25}$		
	Kanan	408,28	-27,58	3413,76	$7D_{25}$	727,999	$3D_{25}$	515,29	178,91
9	Kiri	366,67	-71,12	3461,27	$7D_{25}$	1162,38	$3D_{25}$	419,73	143,922
	Lapangan	-	221,39	-	$2D_{25}$	431,658	$3D_{25}$		
	Kanan	366,49	-70,95	3459,57	$7D_{25}$	1160,15	$3D_{25}$	419,73	143,922
10	Kiri	167,24	-66,45	2696,76	$6D_{25}$	3078,37	$3D_{25}$	121,69	102,674
	Lapangan	-	126,87	-	$2D_{25}$	425,564	$3D_{25}$		
	Kanan	167,02	-66,1	2692,94	$6D_{25}$	3063,61	$3D_{25}$	121,69	102,674

Tabel 6.6 Tulangan *longitudinal* portal E dan momen nak muka kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	1165.1	1038,3	6686,16	$10D_{29}$	976,5603	$4D_{29}$	1560,201	628,071
	Lapangan	-	341,29	-	$2D_{29}$	956,659	$3D_{29}$		
	Kanan	1165.1	904,15	6686,16	$-10D_{29}$	976,5603	$4D_{29}$	1560,201	628,071
2	Kiri	1077.9	975,73	6216,333	$9D_{29}$	506,7328	$4D_{29}$	1417,821	584,134
	Lapangan	-	316,17	-	$2D_{29}$	903,216	$3D_{29}$		
	Kanan	1077.9	889,31	6216,333	$9D_{29}$	506,7328	$4D_{29}$	1417,821	584,134
3	Kiri	958,97	828,17	5981,836	$9D_{29}$	711,4363	$4D_{29}$	1298,927	535,456
	Lapangan	-	280,41	-	$2D_{29}$	874,659	$3D_{29}$		
	Kanan	958,97	740,90	5981,836	$9D_{29}$	711,4363	$4D_{29}$	1298,927	535,456
4	Kiri	869,65	690,36	5414,244	$8D_{29}$	802,6439	$4D_{29}$	1158,914	518,718
	Lapangan	-	247,77	-	$2D_{29}$	821,659	$3D_{29}$		
	Kanan	869,65	604,41	5414,244	$8D_{29}$	802,6439	$4D_{29}$	1158,914	518,718
5	Kiri	785,95	593,23	4879,788	$7D_{29}$	926,9882	$3D_{29}$	1006,878	412,285
	Lapangan	-	223,33	-	$2D_{29}$	795,659	$2D_{29}$		
	Kanan	785,95	525,50	4879,788	$7D_{29}$	926,9882	$3D_{29}$	1006,878	412,285
6	Kiri	703,14	491,82	4761,615	$7D_{29}$	1138,215	$3D_{29}$	914,4054	374,805
	Lapangan	-	199,04	-	$2D_{29}$	762,023	$2D_{29}$		
	Kanan	703,14	435,29	4761,615	$7D_{29}$	1138,215	$3D_{29}$	914,4054	374,805
7	Kiri	636,27	401,69	4326,263	$6D_{29}$	702,8633	$3D_{29}$	794,7476	332,14
	Lapangan	-	177,55	-	$2D_{29}$	731,002	$2D_{29}$		
	Kanan	636,27	355,88	4326,263	$6D_{29}$	702,8633	$3D_{29}$	794,7476	332,14
8	Kiri	571,25	317,36	4272,416	$6D_{29}$	978,4157	$3D_{29}$	715,4852	298,926
	Lapangan	-	158,68	-	$2D_{29}$	683,291	$2D_{29}$		
	Kanan	571,25	317,36	4272,416	$6D_{29}$	978,4157	$3D_{29}$	715,4852	298,926
9	Kiri	530,95	289,61	3959,39	$6D_{29}$	1236,884	$3D_{29}$	697,2431	320,425
	Lapangan	-	146,18	-	$2D_{29}$	645,259	$2D_{29}$		
	Kanan	530,95	289,61	3959,39	$6D_{29}$	1236,884	$3D_{29}$	697,2431	320,425
10	Kiri	394,88	250,29	3294,197	$5D_{29}$	891,2176	$3D_{29}$	495,8392	228,076
	Lapangan	-	131,55	-	$2D_{29}$	619,325	$2D_{29}$		
	Kanan	394,88	250,29	3294,197	$5D_{29}$	891,2176	$3D_{29}$	495,8392	228,076

Pada tulangan tarik,

$$\varepsilon_s = \frac{(d-c)}{c}.0{,}003 = \frac{(500-222{,}8927)}{222{,}8927}.0{,}003 = 0{,}00373$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{Es} = \frac{400}{200000} = 0{,}002$$

Karena $\varepsilon_s > \varepsilon_y$ dan $\varepsilon_s' > \varepsilon_y$, terbukti tulangan baja tarik akan luluh sebelum regangan beton tekan mencapai 0,003 sehingga batas tegangan $f_y' = f_s$.

Tentukan jumlah tulangan baja tekan yang diperlukan.

$$A_s' \text{ perlu} = \frac{N_{D2}}{f_s'} = \frac{N_{D2}}{f_y} = \frac{601{,}5193.1000}{400} = 1504 \text{ mm}^2$$

Tentukan jumlah tulangan baja tarik yang diperlukan untuk pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik tambahan

$A_{s2} = A_s' = 1504 \text{ mm}^2$.

Tentukan luas tulangan baja tarik total yang diperlukan

$A_s \text{ total} = A_{s1} + A_{s2} = 4227{,}3 + 1504 = 5731{,}3 \text{ mm}^2$.

Digunakan tulangan tarik $12D_{25}$ dengan $A_s = 5890{,}486 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan tekan $5D_{25}$ dengan $A_s' = 2454{,}369 \text{ mm}^2$

b. Cek kapasitas momen tahanan (momen nominal aktual)

Untuk mengecek kapasitas momen tahanan digunakan luas tulangan yang diperoleh dari perhitungan pertama, sehingga apabila dalam perhitungan dibawah ini ternyata hasil yang diperoleh telah memenuhi persyaratan dan aman, maka luas tulangan yang diperoleh pada perhitungan pertama dapat digunakan.

d aktual = h - $\phi_{\text{tulangan utama}}$ - pb - ϕ_{sengkang} – titik berat 2 lapis tulangan

Digunakan sengkang D_{10} dan jarak antar 2 lapis tulangan adalah 25 mm.

d aktual = 650 – 25 – 40 – 10 – 12,5 = 562,5 mm > d = 550 mm.

d' = 40 + 10 + 0,5.25 =62,5 mm

$A_{s1} = A_s - A_{s2} = A_s - A_s' = 5890{,}486 - 2454{,}369 = 3436{,}117\ mm^2$

Letak garis netral, $c = a / \beta_1$

dimana, $a = \frac{A_{s1}.f_y}{0{,}85.f_c'.b} = \frac{3436{,}117.400}{0{,}85.30.350} = 154\ mm$

$c = \frac{154}{0{,}85} = 181{,}1765\ mm$

Pemeriksaan regangan untuk mengecek kembali asumsi yang digunakan, yang berarti bahwa kedua penulangan baik tulangan desak maupun tulangan tarik telah luluh sebelum beton hancur. Regangan yang diperhitungkan terjadi pada saat dicapai momen ultimit adalah :

$\varepsilon_s' = \frac{c - d'}{c}.(0{,}003) = \frac{181{,}1765 - 62{,}5}{181{,}1765}.(0{,}003) = 0{,}00196$

$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c}.(0{,}0030) = \frac{562{,}5 - 181{,}1765}{181{,}1765}.(0{,}003) = 0{,}00631$

Karena $\varepsilon_s > \varepsilon_y > \varepsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah luluh tetapi tulangan baja tekan belum luluh. Dengan demikian ternyata anggapan pada langkah tidak benar, sehingga garis netral, c dicari lagi dengan persamaan :

$c = \pm\sqrt{(Q + R^2)} - R$ (Istimawan, 1994)

dengan,

$R = \frac{600.A_s' - A_s.f_y}{1{,}7.f_c'.b.\beta_1}$ dan $Q = \frac{600.d'.A_s'}{0{,}85.f_c'.b.\beta_1}$

sehingga,

$$R = \frac{600.2454,369 - 5890,486.400}{1,7.30.350.0,85} = -58,2352$$

$$Q = \frac{600.62,5.2454,369}{0,85.30.350.0,85} = 12132,323$$

Didapat letak garis netral, $c = \sqrt{(12132,323 + 58,2352^2} + 58,2352$

$$c = 182,8292 \text{ mm.}$$

Tegangan pada baja tekan,

$$f_s' = \frac{c - d'}{c}.600 = \frac{182,8292 - 62,5}{182,8292}.600 = 394,89 \text{ Mpa} < f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$a = \beta_1.c = 0,85.182,8292 = 155,4048$ mm

$N_{D1} = 0,85.f_c'.a.b = 0,85.30.155,4048.350.10^{-3} = 1386,988$ kN

$N_{D2} = A_s'.f_s' = 2454,369.394,89.10^{-3} = 969,206$ kN

$N_D = N_{D1} + N_{D2} = 1386,988 + 969,206 = 2356,194$ kN

$N_T = A_s.f_y = 5890,486.400.10^{-3} = 2356,1944$ kN

$N_D = N_T$

$M_{n1} = N_{D1}.Z_1 = N_{D1}.(d - a/2)$

$= 1386,988.(562,5 - 155,4048/2).10^{-3} = 672,4085$ kNm

$M_{n2} = N_{D2}.Z_2 = N_{D2}.(d-d')$

$= 969,206.(562,5 - 62,5).10^{-3} = 484,603$ kNm

$M_{nak} = M_{n1} + M_{n2} = 672,4085 + 484,603 = 1157,0115$ kNm

$M_R = \phi.M_n = 0,8.1157,0115 = 925,6092$ kNm $> M_u = 847,3453$ kNm. Ok !!!

Tabel 6.7 Tulangan *longitudinal* portal 2 dan momen nak muka kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	682,65	741,38	5082,01	$11D_{25}$	1821,13	$5D_{25}$	949,31	441,8
	Lapangan	-	92,093	-	$2D_{25}$	717,237	$3D_{25}$		
	Kanan	682,22	740,73	5078,88	$11D_{25}$	1817,94	$5D_{25}$	949,31	441,8
2	Kiri	498,66	515,89	4157,02	$9D_{25}$	1290,16	$5D_{25}$	658,81	310,1
	Lapangan	-	83,1	-	$2D_{25}$	689,569	$3D_{25}$		
	Kanan	492,48	498,45	4106,19	$9D_{25}$	1235,17	$5D_{25}$	658,81	310,1
3	Kiri	484,34	492,74	4039,25	$9D_{25}$	1162,74	$5D_{25}$	658,81	310,1
	Lapangan	-	78,95	-	$2D_{25}$	625,536	$3D_{25}$		
	Kanan	483,56	491,4	4032,84	$9D_{25}$	1155,81	$5D_{25}$	658,81	310,1
4	Kiri	471,63	474,12	4455,21	$10D_{25}$	2135,49	$5D_{25}$	590,06	277,5
	Lapangan	-	78,9	-	$2D_{25}$	624,986	$3D_{25}$		
	Kanan	470,74	472,67	4446,78	$10D_{25}$	2125,61	$5D_{25}$	590,06	277,5
5	Kiri	435,59	445,12	4115,75	$10D_{25}$	2252,53	$5D_{25}$	584,62	300,9
	Lapangan	-	80,3	-	$2D_{25}$	645,569	$3D_{25}$		
	Kanan	434,69	443,65	4107,23	$10D_{25}$	2242,53	$5D_{25}$	584,62	300,9
6	Kiri	396,87	405,08	3749,09	$9D_{25}$	1822,30	$5D_{25}$	531,31	274
	Lapangan	-	81,55	-	$2D_{25}$	665,986	$3D_{25}$		
	Kanan	395,95	403,67	3740,38	$9D_{25}$	1812,08	$5D_{25}$	531,31	274
7	Kiri	345,96	355,88	3792,86	$9D_{25}$	2463,17	$5D_{25}$	410,49	209,5
	Lapangan	-	87,04	-	$2D_{25}$	698,874	$3D_{25}$		
	Kanan	345,07	354,56	3782,92	$9D_{25}$	2450,09	$5D_{25}$	410,49	209,5
8	Kiri	275,59	296,45	3007,48	$8D_{25}$	1429,41	$5D_{25}$	367,87	183,9
	Lapangan	-	85,67	-	$2D_{25}$	675,546	$3D_{25}$		
	Kanan	274,99	295,56	3000,78	$8D_{25}$	1420,60	$5D_{25}$	367,87	183,9
9	Kiri	191,47	227,88	2468,79	$8D_{25}$	1291,41	$4D_{25}$	260,58	112,7
	Lapangan	-	80,08	-	$2D_{25}$	644,658	$3D_{25}$		
	Kanan	191,45	227,36	2468,52	$8D_{25}$	1290,98	$4D_{25}$	260,58	112,7
10	Kiri	134,66	128,86	1696,92	$6D_{25}$	978,445	$4D_{25}$	199,64	74,23
	Lapangan	-	55,82	-	$2D_{25}$	526,956	$3D_{25}$		
	Kanan	134,61	127,97	1696,24	$6D_{25}$	977,376	$4D_{25}$	199,64	74,23

Tabel 6.8 Tulangan *longitudinal* portal 3 dan momen nak muka kolom

Lantai	Posisi	Momen Perlu (Mu)		Tulangan atas		Tulangan bawah		Momen Nak (kNm)	
		(-)	(+)	As perlu	Jml	As perlu	Jml	(-)	(+)
1	Kiri	575,69	633,16	4790,49	$9D_{25}$	1504	$5D_{25}$	741,44	392,7
	Lapangan	-	64,856	-	$2D_{25}$	521,21	$3D_{25}$		
	Kanan	465,90	546,19	4790,49	$9D_{25}$	1504	$5D_{25}$	741,44	392,7
2	Kiri	389,45	435,29	3258,91	$7D_{25}$	1314,75	$4D_{25}$	518,6	212,3
	Lapangan	-	43,484	-	$2D_{25}$	495,56	$3D_{25}$		
	Kanan	317,24	390,1	3258,91	$7D_{25}$	1311,49	$4D_{25}$	518,6	212,3
3	Kiri	368,32	401,73	3476,9	$8D_{25}$	1061,75	$4D_{25}$	477,66	196,6
	Lapangan	-	46,312	-	$2D_{25}$	489,56	$3D_{25}$		
	Kanan	280,51	353,42	3476,9	$8D_{25}$	1058,42	$4D_{25}$	477,66	196,6
4	Kiri	325,82	363,84	3074,43	$7D_{25}$	819,63	$4D_{25}$	422,03	169
	Lapangan	-	45,834	-	$2D_{25}$	526,4	$3D_{25}$		
	Kanan	245,73	318,69	3074,43	$7D_{25}$	818,224	$4D_{25}$	422,03	169
5	Kiri	280,64	315,15	2648,42	$6D_{25}$	1156,57	$4D_{25}$	362,05	158,7
	Lapangan	-	42,38	-	$2D_{25}$	457,84	$3D_{25}$		
	Kanan	205,72	278,28	2648,42	$6D_{25}$	1153,46	$4D_{25}$	362,05	158,7
6	Kiri	232,78	267,13	2529,69	$7D_{25}$	727,992	$4D_{25}$	323,45	142,8
	Lapangan	-	39,619	-	$2D_{25}$	451,895	$3D_{25}$		
	Kanan	201,08	233,77	2529,69	$7D_{25}$	726,660	$4D_{25}$	323,45	142,8
7	Kiri	226,75	185,38	2462,39	$6D_{25}$	1304,58	$4D_{25}$	280,06	116,8
	Lapangan	-	35,638	-	$2D_{25}$	475,25	$3D_{25}$		
	Kanan	191,14	184,89	2462,39	$6D_{25}$	1301,28	$4D_{25}$	280,06	116,8
8	Kiri	140,23	183,52	1772,6	$6D_{25}$	729,689	$4D_{25}$	199,64	74,23
	Lapangan	-	31,562	-	$2D_{25}$	456,89	$3D_{25}$		
	Kanan	110,84	182,77	1772,6	$6D_{25}$	727,999	$4D_{25}$	199,64	74,23
9	Kiri	84,990	125,38	1268,81	$6D_{25}$	1162,38	$3D_{25}$	121,69	28,49
	Lapangan	-	22,636	-	$2D_{25}$	431,658	$3D_{25}$		
	Kanan	84,715	123,55	1264,04	$6D_{25}$	1160,15	$3D_{25}$	121,69	28,49
10	Kiri	70,279	66,069	1013,41	$5D_{25}$	3078,37	$3D_{25}$	103,43	16,38
	Lapangan	-	21,038	-	$2D_{25}$	425,564	$3D_{25}$		
	Kanan	69,994	65,562	1008,46	$5D_{25}$	3063,01	$3D_{25}$	103,43	16,38

6.1.3 Desain Sengkang Balok

1. Momen Kapasitas Balok.

Momen kapasitas balok adalah kuat momen nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau yang dikalikan dengan nilai tertentu. Nilai momen kapasitas didapat dari rumusan berikut:

$$Mkap = \Phi . Mnak \qquad (6.1)$$

Dimana $\varphi = 1,25$ untuk fy $\leq$ 400 MPa.

Sebagai contoh hitungan ditinjau pada elemen balok lantai 1, di bawah ini:

$M_{nak}^{-} = 1157,01$ kNm, $M_{kap}^{-} = 1,25.1157,01 = 1446,2625$ kNm

$M_{nak}^{+} = 484,6$ kNm, $M_{kap}^{-} = 1,25.484,6 = 605,75$ kNm

2. Gaya Geser Rencana Balok.

Gaya geser rencana balok didapatkan dari nilai terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{u.b} = 0,70.\frac{Mkap + Mkap'}{\ln} + 1,05.Vg \qquad (6.2)$$

$$V_{u.b} = 1,05.(V_{D.b} + V_{L.b} + \frac{4,0}{K}.V_{E.b}) \qquad (6.3)$$

Sebagai contoh hitungan ditinjau pada elemen balok portal F pada lantai 1, di bawah ini:

$M_{kap}^{-} = 1446,2625$ kNm, $M_{kap}^{+} = 605,75$ kNm

$V_D = 123,479kN; V_L = 23,027kN; V_E = 335,473kN$

ln = 8,15 m

$$V_{u.b.1} = 0,70.1,25.\frac{1446,2625 + 605,75}{8,15} + 1,05.146,506 = 374,1394kN$$

$$V_{u.b.2} = 1,05.(123,479 + 23,027 + \frac{4}{1}.335,473) = 1562,82kN$$

Dipakai $V_{u.b}$=

$$\left[1,05.V_g - 0,7.\phi_o.\left(\frac{M_{nak.b} + M_{nak.b'}}{\ln}\right) + \frac{\ln - d}{\ln}x\left(V_{u.b} - 1,05.V_g - 0,7\left(\frac{M_{nak.b} + M_{nak.b'}}{\ln}\right)\right)\right]$$

$$\left[153,8 - 0,7.\left(\frac{1446,26 + 605,75}{8,15}\right) + \frac{8,15 - 0,57}{8,15}x\left(563,75 - 153,8 - 0,7\left(\frac{1446,26 - 605,75}{8,15}\right)\right)\right]$$

$V_{u.b}$ terpakai = 343,323 kN

Dengan cara yang sama didapat gaya geser terpakai dari semua balok yang ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 6.9 Gaya geser balok portal F dengan kombinasi momen di as kolom

Balok Lantai	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	1446,262	605,75	8,15	123,479	23,027	153,831	335,473	374,13939	1562,8179	343,323289
2	1183,884	506,5	8,15	112,546	22,398	141,691	323,613	323,17413	1500,8658	300,015573
3	1086,065	469,25	8,15	113,697	22,608	143,120	277,888	310,10191	1310,2499	288,793819
4	1076,295	403,25	8,25	115,096	22,935	144,932	235,553	301,85399	1134,2552	282,072378
5	970,2449	399,75	8,25	114,89	22,94	144,721	208,831	290,02399	1021,8117	271,707067
6	970,2449	399,75	8,25	115,715	23,129	145,786	179,314	291,08869	898,905	272,771767
7	816,6512	338,625	8,35	116,49	23,309	146,789	153,235	267,85083	790,37595	254,222309
8	726,5879	252,25	8,35	118,311	23,666	149,075	128,074	251,64868	686,98665	240,10156
9	591,9187	205,75	8,4	121,295	24,331	152,907	107,48	235,99779	604,3233	227,688745
10	152,1106	128,375	8,4	67,638	9,833	81,3445	78,578	110,5618	411,37215	107,987902

Tabel 6.10 Gaya geser balok portal E dengan kombinasi momen di as kolom

Balok Lantai	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	2148,199	981,92	8,15	172,169	32,149	214,5339	114,991	550,58959	697,4961	503,583031
2	1969,15	918,18	8,15	157,119	31,174	197,7076	87,443	507,69707	564,96825	468,140135
3	1804,02	841,665	8,15	157,381	31,205	198,0153	81,081	482,06124	538,5555	445,814883
4	1628,81	818,38	8,25	157,681	31,291	198,4206	75,166	457,97105	514,1178	425,251967
5	1439,28	690,54875	8,25	156,175	31,019	196,5537	68,035	422,44463	482,3007	393,968681
6	1307,176	627,77125	8,25	156,289	31,061	196,7175	59,221	401,9392	445,4457	376,068832
7	1156,736	564,93625	8,35	156,259	31,074	196,6996	48,543	377,11438	400,58025	356,804219
8	1027,416	421,655	8,35	158,068	31,431	198,9739	37,249	350,82268	355,41975	333,728333
9	871,5539	400,53125	8,4	161,499	32,219	203,4039	22,946	335,91277	299,7771	299,7771
10	733,2952	338,81625	8,4	87,188	12,144	104,2986	8,886	215,97688	141,6198	141,6198

Tabel 6.11 Gaya geser balok portal 2 dengan kombinasi momen di as kolom

Balok Lantai	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	1186,637	552,25	8,6	66,33	12,027	82,2748	314,31	259,19654	1402,3769	237,801362
2	823,5125	387,625	8,6	70,43	13,487	88,1128	223,246	211,33905	1025,7461	197,870139
3	823,5125	387,625	8,6	76,307	14,599	95,4513	208,718	218,6775	972,0669	205,208589
4	803,4875	376,875	8,6	82,217	15,745	102,860	194,267	222,95512	918,7815	211,22491
5	730,775	376,125	8,6	87,38	16,726	109,311	172,521	221,93194	833,8995	210,931784
6	664,1375	342,5	8,6	91,045	17,414	113,882	149,175	216,30146	740,41695	206,297697
7	565,0875	291	8,6	94,415	18,051	118,089	120,983	205,19123	626,2179	197,696409
8	459,8375	229,875	8,6	96,846	18,482	121,094	86,79	191,26864	485,6124	185,230389
9	325,725	140,875	8,6	98,792	18,752	123,421	47,827	170,89504	324,2946	167,3621
10	249,55	92,7875	8,6	65,364	11,774	80,9949	14,979	115,82575	143,9067	113,253687

Tabel 6.12 Gaya geser balok portal 3 dengan kombinasi momen di as kolom

Balok Lantai	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	972	490,87375	8,6	34,164	5,588	41,7396	270,406	190,5785	1177,4448	17[illegible]310061
2	733,7375	304,79875	8,6	34,496	6,2	42,7308	186,535	148,39583	826,1778	136,846392
3	597,075	245,8	8,6	36,037	6,502	44,6659	169,91	130,42358	758,28795	122,047254
4	527,5375	211,2225	8,6	37,453	6,767	46,431	152,688	121,59553	687,7206	114,253883
5	522,875	237,59875	8,6	38,699	7	47,9839	131,468	125,35773	600,14955	117,800293
6	404,3125	178,48625	8,6	39,555	7,161	49,0518	112,493	108,34818	521,5224	103,245937
7	404,3125	178,48625	8,6	40,215	7,279	49,8687	90,619	109,16508	430,4685	104,062837
8	249,55	92,783125	8,6	40,49	7,315	50,1952	65,496	85,025655	325,27845	82,433625
9	152,1125	38,97025	8,6	40,711	7,351	50,4651	36,954	69,906659	205,6719	68,6859098
10	129,2875	20,473875	8,6	24,766	3,805	29,9995	12,129	45,236899	80,94135	44,2801354

Tabel 6.13 Gaya geser balok portal F kombinasi momen di muka kolom

Bal Lant	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	1338,375	570,4625	8,15	123,479	23,027	153,831	335,473	358,76784	1562,8179	330,101871
2	1086,0625	469,2175	8,15	112,546	22,398	141,691	323,613	308,66911	1500,8658	287,361503
3	985,425	426,3625	8,15	113,697	22,608	143,12	277,888	294,69253	1310,2499	275,350789
4	978,925	370,67625	8,25	115,096	22,935	144,932	235,553	288,07208	1134,2552	270,027821
5	970,24488	399,75	8,25	114,89	22,[illegible]	144,721	208,831	290,02399	1021,8117	271,707067
6	871,8125	362,625	8,25	115,715	23,129	145,786	179,314	276,71139	898,905	260,206881
7	733,7375	304,79875	8,35	116,49	23,309	146,789	153,235	255,6176	790,37595	[illegible]43,56623
8	644,1125	223,6375	8,35	118,311	23,666	149,075	128,074	240,00774	686,98665	229,771093
9	524,6625	179,9025	8,4	121,295	24,331	152,907	107,48	226,29949	604,3233	218,966269
10	152,11063	128,375	8,4	67,638	9,833	81,3445	78,578	110,5618	411,37215	107,987902

Tabel 6.14 Gaya geser balok portal E kombinasi momen di muka kolom

Bal Lant	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	1950,2513	785,08875	8,15	172,169	32,149	214,5339	114,991	508,20537	697,4961	467,1274
2	1772,2763	730,1675	8,15	157,119	31,174	197,7076	87,443	466,37492	564,96825	432,091002
3	1623,6588	669,32	8,15	157,381	31,205	198,0153	81,081	444,194	538,5555	412,779786
4	1448,6425	648,3975	8,25	157,681	31,291	198,4206	75,166	420,83393	514,1178	392,796374
5	1258,5975	515,35625	8,25	156,175	31,019	196,5537	68,035	384,70031	482,3007	360,982434
6	1143,0056	468,50625	8,25	156,289	31,061	196,7175	59,221	367,63543	445,4457	346,089409
7	993,4345	415,175	8,35	156,259	31,074	196,6996	48,543	344,30843	400,58025	327,691394
8	894,3565	373,6575	8,35	158,068	31,431	198,9739	37,249	331,84967	355,41975	316,891204
9	871,55388	400,53125	8,4	161,499	32,219	203,4039	22,946	335,91277	299,7771	299,7771
10	619,799	285,095	8,4	87,188	12,144	104,2986	8,886	198,55839	141,6198	141,6198

Tabel 6.15 Gaya geser balok portal 2 kombinasi momen di muka kolom

Balok Lantai	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	1186,6375	552,25	8,6	66,33	12,027	82,2748	314,31	259,19654	1402,3769	237,801362
2	823,5125	387,625	8,6	70,43	13,487	88,1128	223,246	211,33905	1025,7461	197,870139
3	823,5125	387,625	8,6	76,307	14,599	95,4513	208,718	218,6775	972,0669	205,208589
4	737,575	346,875	8,6	82,217	15,745	102,86	194,267	213,19658	918,7815	202,419531
5	730,775	376,125	8,6	87,38	16,726	109,311	172,521	221,93194	833,8995	210,931784
6	664,1375	342,5	8,6	91,045	17,414	113,882	149,175	216,30146	740,41695	206,297697
7	513,1125	261,875	8,6	94,415	18,051	118,089	120,983	196,93977	626,2179	190,154964
8	459,8375	229,875	8,6	96,846	18,482	121,094	86,79	191,26864	485,6124	185,230389
9	325,725	140,875	8,6	98,792	18,752	123,421	47,827	170,89504	324,2946	167,3621
10	249,55	92,7875	8,6	65,364	11,774	80,9949	14,979	115,82575	143,9067	113,233687

Tabel 6.16 Gaya geser balok portal 3 kombinasi momen di muka kolom

Balok Lantai	Mkap (kNm)		Ln (m)	V_D (kN)	V_L (kN)	$1{,}05V_g$ (kN)	V_E (kN)	$V_{u.b.1}$ (kN)	$V_{u.b.2}$ (kN)	$V_{u.b}$ terpakai (kN)
	Mkap -	Mkap +								
1	926,8	490,875	8,6	34,164	5,588	41,7396	270,406	185,97979	1177,4448	170,214001
2	648,25	265,375	8,6	34,496	6,2	42,7308	186,535	135,68683	826,1778	125,526522
3	597,075	245,75	8,6	36,037	6,502	44,6659	169,91	130,41849	758,28795	122,042664
4	527,5375	211,25	8,6	37,453	6,767	46,431	152,688	121,59833	687,7206	114,256407
5	452,5625	198,375	8,6	38,699	7	47,9839	131,468	114,21306	600,14955	107,744167
6	404,3125	178,5	8,6	39,555	7,161	49,0518	112,493	108,34958	521,5224	103,247216
7	350,075	146	8,6	40,215	7,279	49,8687	90,619	100,34145	430,4685	95,9984433
8	249,55	92,7875	8,6	40,49	7,315	50,1952	65,496	85,0261	325,27845	82,434037
9	152,1125	35,6125	8,6	40,711	7,351	50,4651	36,954	69,565027	205,6719	68,3657296
10	129,2875	20,475	8,6	24,766	3,805	29,9995	12,129	45,237014	80,94135	44,2802427

3. Penulangan Geser Balok.

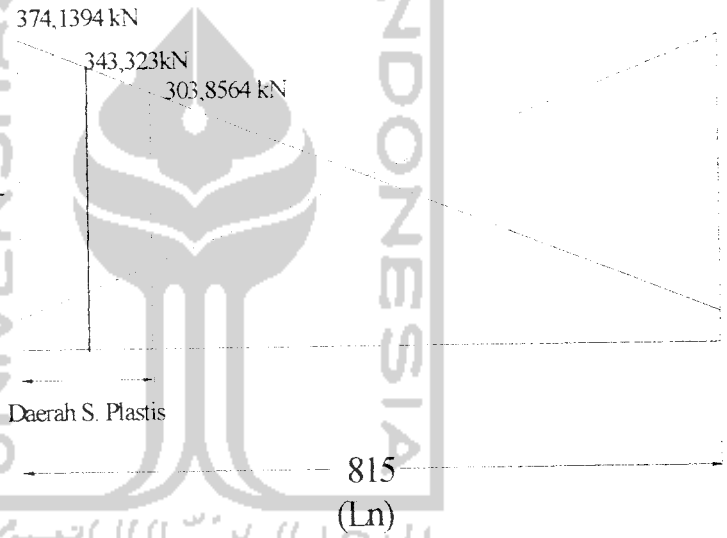
Ditinjau pada balok portal F pada lantai 1

a. Sepanjang daerah sendi plastis.

$V_{u,b}$ terpakai = 343,323 kN

$V_c = 0$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{0,6} = \frac{343,323}{0,6} = 572,205kN$$



Gambar 6.1 Gaya geser pada penampang kritis dan daerah sendi plastis

$$V_{s,mak} = \frac{2}{3}.\sqrt{fc'}.b.d = \frac{2}{3}.\sqrt{30}.350.570 = 728,471kN$$

$$S = \frac{Av.fy.d}{V_s} = \frac{2.\frac{1}{4}.\Pi.10^2.350.570}{572,205.10^3} = 54,766mm$$

syarat:

$S \leq \frac{1}{4}.d = \frac{1}{4}.570 = 142,5$ mm

Dipakai ∅10 - 50.

b. **Diluar daerah sendi plastis.**

$V_{u.b}$ terpakai = 303,8564

$$V_c = \frac{1}{6}.\sqrt{fc'}.b.d = \frac{1}{6}.\sqrt{30}.350.570 = 182,1177kN$$

$$V_s = \frac{V_{u.b}}{0,6} - V_c = \frac{303,8564}{0,6} - 182,1177 = 324,3096kN(SKSNI3.4.1)$$

$$S = \frac{Av.fy.d}{V_s} = \frac{2.\frac{1}{4}.\Pi.10^2.350.570}{324,3096.1000} = 96,6279mm$$

syarat:

S ≤ ½.d = ½.570= 285mm

Dipakai ∅10-90 mm.

Dengan cara yang sama didapat dimensi dan spasi tulangan geser terpakai dari semua balok yang ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 6.17 Tulangan geser balok portal F kombinasi momen di as kolom

Balok Lantai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u.b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S	$V_{u.b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	343,323	572,205	54,766013	50	303,85638	182,11775	324,30955	96,62801	90
2	300,01557	500,02595	57,174019	50	269,73134	166,1425	283,40973	100,87336	90
3	288,7938	481,323	59,395651	55	260,92936	166,1425	268,73977	106,37984	100
4	282,0724	470,12067	60,810969	55	256,20415	166,1425	260,86442	109,59138	100
5	271,7071	452,84517	54,112144	50	247,75423	142,4079	270,51582	90,584066	90
6	272,7718	454,61967	53,90093	50	248,81893	142,4079	272,29032	89,993735	85
7	254,2223	423,70383	52,2729	50	235,95431	128,7148	264,54238	83,722796	80
8	240,1016	400,16933	55,34714	50	224,62357	128,7148	245,65782	90,158857	85
9	227,6887	379,48117	52,15551	50	216,21423	115,0217	245,33535	80,673388	80
10	107,9879	179,97983	80,730523	75	104,30096	84,4406	89,394337	162,53676	160

Tabel 6.18 Tulangan geser balok portal E kombinasi momen di as kolom

Bal Lan tai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u,b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S	$V_{u,b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	503,58303	839,30505	50,157379	50	445,3510	244,6494	497,6023	84,60037	80
2	468,14014	780,23356	53,954795	50	419,1367	244,6494	453,9118	92,74342	90
3	445,81488	743,02481	52,428598	50	400,2146	226,392	440,6323	88,40873	85
4	425,25197	708,75328	48,093295	45	384,0892	198,093	442,0557	77,10855	75
5	393,96868	656,61447	44,496144	40	358,1441	169,794	427,1128	68,40537	65
6	376,06883	624,4037	43,01803	40	342,9366	156,101	415,4600	64,65271	60
7	356,80422	594,6737	45,168665	45	330,7929	156,101	395,2206	67,96361	65
8	333,72833	556,21389	44,055755	40	311,3742	142,4079	376,5491	65,07631	65
9	299,7771	474,6929	43,018028	40	252,5227	118,6732	302,1981	67,57274	65
10	141,6198	236,033	78,196086	75	41,94967	107,2623	-37,34618	-494,2100	235

Tabel 6.19 Tulangan geser balok portal 2 kombinasi momen di as kolom

Bal Lan tai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u,b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S	$V_{u,b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	237,80136	396,3356	61,827458	60	209,8231	142,4079	207,2972	118,2091	110
2	197,8701	329,7835	67,159904	60	179,8159	128,7148	170,9784	129,5382	125
3	205,2086	342,01433	64,758187	60	187,1545	128,7148	183,2094	120,8902	120
4	211,2249	352,0415	56,22074	55	195,0261	115,0217	210,0217	94,23803	90
5	210,9318	351,553	46,915718	45	195,7412	95,8514	230,3839	71,59077	70
6	206,2977	343,8295	47,969594	45	192,4829	95,8514	224,9535	73,31899	70
7	197,6964	329,494	44,097513	40	186,9606	84,4406	227,1604	63,96302	60
8	185,2304	308,71733	47,065274	45	176,5811	84,4406	209,8612	69,23559	65
9	167,3621	278,93683	45,050955	45	163,2563	73,0297	199,0641	63,12725	60
10	113,2337	188,72283	66,586782	65	110,2215	73,0297	110,6728	113,5453	110

Tabel 6.20 Tulangan geser balok portal 3 kombinasi momen di as kolom

Bal Lan tai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u,b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S	$V_{u,b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	174,3101	290,51683	76,237332	70	152,5035	128,7148	125,4577	176,5393	170
2	136,8464	228,07733	97,108414	90	121,3653	128,7148	73,56068	301,0878	235
3	122,0472	203,412	97,300227	90	110,4798	115,0217	69,11128	286,3792	210
4	114,2539	190,42317	103,93711	100	104,1155	115,0217	58,50413	338,3014	210
5	117,8002	196,33367	84,006792	80	107,3636	95,8514	83,08802	198,5047	190
6	103,2459	172,0765	84,43841	80	95,9372	84,4406	75,45473	192,5640	185
7	104,0628	173,438	83,775563	80	96,7541	84,4406	76,81623	189,1509	185
8	82,4336	137,38933	91,465402	80	78,5456	73,0297	57,87963	217,1121	160
9	68,6859	114,4765	92,62054	65	66,74182	61,6188	49,61757	213,6919	135
10	44,2801	73,800167	143,67007	65	42,75631	61,6188	9,641712	1099,688	135

Tabel 6.21 Tulangan geser balok portal F kombinasi momen balok di muka kolom

Bal Lan tai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u,b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S	$V_{u,b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	330,1019	550,1698	56,959478	55	293,38938	182,11775	306,8645	102,12123	100
2	287,3615	478,9358	59,691698	55	259,4977	166,1425	266,3537	107,33283	100
3	275,3508	458,918	62,295428	60	250,05777	166,1425	250,6204	114,07087	110
4	270,0278	450,0463	63,523444	60	246,43143	166,1425	244,5765	116,88975	110
5	271,7071	452,8452	54,112144	50	247,75424	142,4079	270,5158	90,584059	90
6	260,2069	433,6782	56,503704	55	238,62411	142,4079	255,2989	95,983252	90
7	243,3662	405,6103	54,604694	50	226,94411	128,7148	249,5254	88,761423	85
8	229,7711	382,9518	57,835546	55	216,04965	128,7148	231,3679	95,727298	90
9	218,9603	364,9338	54,234581	50	208,82523	115,0217	233,0203	84,936934	80
10	107,9879	179,9798	89,730523	75	104,30096	84,4406	89,39434	162,53676	160

Tabel 6.22 Tulangan geser balok portal E kombinasi momen balok di muka kolom

Bal Lan tai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u,b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S	$V_{u,b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	467,1274	778,5456	54,071769	50	416,23977	244,6494	449,0835	93,740557	90
2	432,091	720,1516	58,456216	55	389,61988	244,6494	404,7171	104,01672	100
3	412,77979	687,9663	56,624501	55	373,25868	226,392	395,7058	98,446243	95
4	392,79637	654,6606	52,0671	50	357,57332	198,093	397,7792	85,69146	85
5	360,98243	601,6374	48,562161	45	331,14382	169,794	382,1124	76,46131	75
6	346,08941	624,4037	43,01803	40	318,49538	156,101	374,7246	71,680948	70
7	327,69179	546,1523	49,181549	45	306,40993	156,101	354,5822	75,752862	75
8	316,8912	528,1520	46,396534	45	297,33013	142,4079	353,1423	69,389652	65
9	299,7771	474,6929	43,018028	40	252,52276	118,6732	302,1981	67,572742	65
10	141,6198	236,033	78,196086	75	65,29786	107,2623	1,567467	11774,957	235

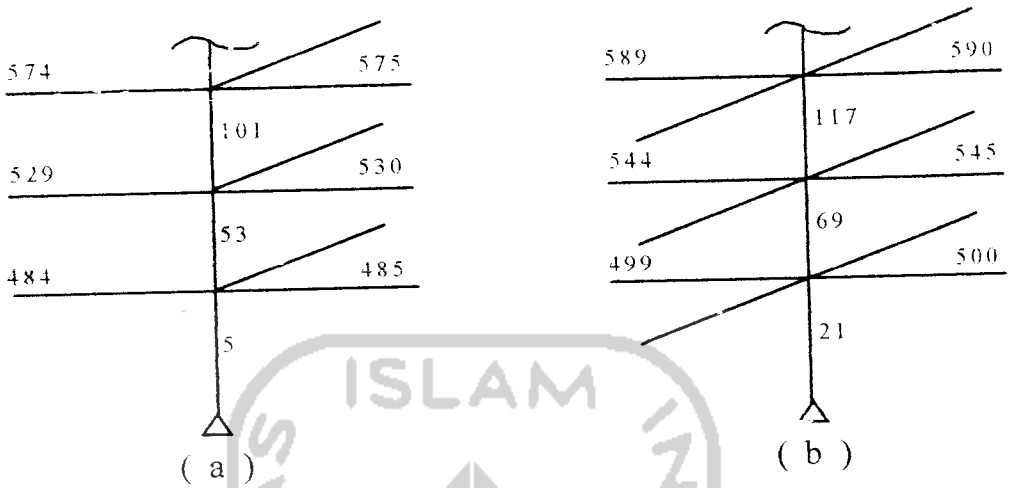
Tabel 6.23 Tulangan geser balok portal 2 kombinasi momen balok di muka kolom

Balok Lantai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u.b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} – S	$V_{u.b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	237,80136	396,3356	61,827458	60	209,82305	142,4079	207,2972	118,20914	110
2	197,8701	329,7835	67,159904	65	179,81591	128,7148	170,9784	129,53818	125
3	205,2086	342,0143	64,758187	60	187,15454	128,7148	183,2094	120,89021	120
4	202,4195	337,3658	58,666385	55	187,53684	115,0217	197,5397	100,19269	100
5	210,9318	351,553	46,915718	45	195,74119	95,8514	230,3839	71,59077	70
6	206,2977	343,8295	47,969594	45	192,48293	95,8514	224,9535	73,318987	70
7	190,1549	316,9248	45,846411	45	180,43599	84,4406	216,2861	67,178933	60
8	185,2304	308,7173	47,065274	45	176,58109	84,4406	209,8612	69,235596	65
9	167,3621	278,9368	45,050955	45	163,2563	73,0297	199,0641	63,127248	60
10	113,2337	188,7228	66,586382	65	110,22149	73,0297	110,6727	113,54526	110

Tabel 6.24 Tulangan geser balok portal 3 kombinasi momen balok di muka kolom

Balok Lantai	Sepanjang daerah sendi plastis				Di Luar daerah sendi plastis				
	$V_{u.b}$ (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S	$V_{u.b}$ (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	S (mm)	Terpakai ϕ_{10} - S
1	211,91191	353,1865	62,709722	60	187,22032	128,7148	183,3191	120,81792	120
2	161,75777	269,5963	82,153312	80	144,48724	128,7148	112,0973	197,58045	195
3	154,29654	257,1609	76,963619	75	137,90846	115,0217	114,8257	172,36583	170
4	143,29362	238,8227	82,873337	80	128,81415	115,0217	99,66855	198,57853	195
5	131,0802	218,467	75,495893	75	118,65859	95,851448	101,9129	161,83787	160
6	123,28874	205,4812	70,711404	70	111,77777	84,440561	101,8557	142,65143	140
7	114,14694	190,2449	76,374538	75	104,18014	84,440561	89,19301	162,90364	160
8	96,015815	160,0264	78,52688	75	88,575883	73,029674	74,59679	168,45724	160
9	78,394897	130,6582	81,149736	65	73,579966	61,618788	61,01449	173,77635	135
10	53,738385	89,56397	118,38326	65	49,645951	61,618788	21,12446	501,92398	135

6.1.4 Desain Penulangan Kolom Akibat Beban Lentur dan Aksial



Gambar 6.2 Kolom eksterior (a) dan kolom interior (b)

Momen rencana kolom dihitung berdasarkan pada anggapan bahwa sendi plastis terjadi pada muka ujung-ujung balok pada pertemuan antara balok dan kolom. Dalam hal ini momen kapasitas balok diperhitungkan sebagai momen rencana yang bekerja pada kolom setelah sebelumnya dikalikan dengan beberapa faktor.

Momen rencana kolom dapat dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini,

$$M_{u,k} = \frac{h}{h_n}.0{,}7.\omega_d.\phi_o.\alpha_k.\left[\frac{l_{ki}}{l_{nki}}.M_{nak},b_{ki} + \frac{l_{ka}}{l_{nka}}.M_{nok},b_{ka}\right] \qquad (6.4)$$

dimana,

$$\alpha_k = \frac{M_E, k_{lti+1atasatauhawah}}{M_E, k_{ltibawah} + (M_E, k_{lti+1atasatauhawah})} \qquad (6.5)$$

dengan,

h = tinggi kolom dari titik pertemuan ketitik pertemuan,

h_n = tinggi bersih kolom,

l_{ki} = bentang balok sebelah kiri, diukur dari titik pertemuan ketitik pertemuan,

l_{nki} = bentang bersih balok sebelah kiri,

l_{ka} = bentang balok sebelah kanan, diukur dari titik pertemuan ketitik pertemuan,

l_{nka} = bentang bersih balok sebelah kanan,

M_{nak}= kuat momen lentur aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.

Dalam tugas akhir ini, karena gempa arah X maupun arah Y ditahan oleh struktur portal rangka terbuka, maka menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987, gaya aksial dan momen rencana untuk kolom harus diperhitungkan pula terhadap 30 % arah tegak lurusnya. Oleh karena itu, untuk menyederhanakan perhitungan pada tugas akhir ini, 30 % arah tegak lurus dari sumbu utama yang ditinjau dijumlahkan secara aljabar agar tetap dapat digunakan rumus-rumus unaksial yang ada.

1. Momen rencana kolom

a. Momen rencana kolom lantai 1 interior atas (elemen 22)

ϕ_o = 1,25 untuk fy ≤ 400 Mpa

K = 1

ω_d = 1

l_{bx} = 4,00 m

l_{nbx} = 3,6 m

l_{bx} l_{nbx} = 4/3,6 = 1,1111

l_{by} = 9,00 m

l_{nby} = 8,15 m

l_{by} l_{nby} = 9/8,15 = 1,1043

h_{kolom} = 5,25 m

$h_{n\ kolom}$ = 4,6 m

h_k/h_{nk} = 5,25/4,6 = 1,1413

Kolom interior (elemen 21) adalah kolom yang dibatasi oleh balok 499, 500, 967 dan 983 sehingga dalam perhitungan momen rencana kolom untuk arah X, momen nominal balok 499 dan 500 dijumlahkan dengan 30 % momen nominal balok 967 dan 983 .Hal yang sama juga berlaku untuk momen rencana kolom arah Y, dimana 499 dan 500 adalah balok arah X dan 967 dan 983 adalah balok arah Y.

Sebagai contoh hitungan ditinjau pada kolom tengah lantai 1.

$M_{E,k}\ lt_{1\ atas}$ = 596,889 kN-m (kolom dengan nomor elemen 21)

$M_{E,k}\ lt_{2\ bawah}$ = 534,248 kN-m (kolom dengan nomor elemen 69)

Nilai distribusi momen kolom portal α_k menurut Gideon W. Kusuma (1994) adalah sebagai berikut :

$$\alpha_{katas} = \frac{596{,}889}{596{,}889 + 534{,}248} = 0{,}528$$

karena momen kapasitas balok pada hitungan ini didesain pada as kolom, maka momen perlu kolom dihitung dengan cara berikut :

$$M_{u,k} = \frac{h}{h_n}.0{,}7.\omega_d.\phi_o.\alpha_k.\left[\frac{l_{kx}}{l_{nkx}}.M_{nak}.b_{kx} + \frac{l_{ky}}{l_{nky}}.30\%.M_{nak}.b_{ky}\right]$$

$M_{u,\ k_x}\ lt_{1\ atas}$ = 1,1413.0,7.1.1,25.0,528.(1,1111.949,31 + 1,1043.0,3.1157,01)

= 757,828 kN-m

$M_{u,\ k_y}\ lt_{1\ atas}$ = 1,1413.0,7.1.1,25.0,528.(1,1111.0,3.949,31 + 1,1043.1157,01)

= 840,054 kN-m

Khusus untuk kolom lantai 1 bawah (dasar) dimana sendi plastis dimungkinkan terjadi, maka $\alpha_{k\ bawah} = 0$. Untuk itu, momen rencana kolom lantai 1 bawah hanya dihitung berdasarkan besar gaya gempa yang diperoleh dari hasil analisa struktur dengan program bantu SAP90, yang besarnya,

$$M_u, k_{lt\ 1\ bawah\ x} = M_{E, kx} + 0{,}3.M_{E, ky} \qquad (6.6)$$

$$M_u, k_{lt\ 1\ bawah\ x} = 119{,}698 + 0{,}3.238{,}008 = 191{,}1004\ \text{kN-m}$$

$$M_u, k_{lt\ 1\ bawah\ y} = 0{,}3.119{,}698 + 238{,}008 = 273{,}9174\ \text{kN-m}$$

Perhitungan momen rencana kolom yang lain dilakukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.25. Momen rencana kolom ini nilainya tidak boleh melampaui momen maksimal pada kolom. Apabila momen rencana kolom nilainya melebihi momen maksimum yang terjadi, yang dipakai dalam perhitungan adalah momen maksimum kolom yang diperoleh dari perhitungan dibawah ini,

2. Momen maksimum kolom

   Momen maksimuun yang terjadi pada kolom dihitung dengan menggunakan persamaan (3.79) diatas,

a. Momen maksimum koiom 1 atas dan bawah arah x

$M_u, k_{1\ x\ atas} = 1{,}05.[\ 0 + 0 + 4.(\ 386{,}214 + 0{,}3.596{,}889\ ) = 2374{,}179\ \text{kN-m}$

$M_u, k_{1\ x\ bawah} = 1{,}05.[\ 0 + 0 - 4.(\ 386{,}214 + 0{,}3.596{,}889\ ) = -2374{,}179\ \text{kN-m}$

b. Momen maksimum kolom 1 atas dan bawah arah y

$M_u, k_{1\ x\ atas} = 1{,}05.[\ 6{,}742 + 3{,}799 + 4.(\ 0{,}3.386{,}214 + 596{,}889\ ) = 3004{,}631\ \text{kN-m}$

$M_u, k_{1\ x\ bawah} = 1{,}05.[\ 6{,}742 + 3{,}799 - 4.(\ 0{,}3.386{,}214 + 596{,}889\ ) = -2982{,}495\ \text{kN-m}$

Perhitungan momen maksimal kolom lainnya dilakukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.29 dibawah ini,

Tabel 6.25 Momen rencana kolom F-2 dan F-3 pada as kolom

Lantai	Kolom	$M_{E,k}$		α_{ka}	α_{kb}	$M_{nak,\ b\text{-}x}$ (kNm)		$M_{nak,\ b\text{-}y}$ (kNm)		$M_{u,\ k\text{-}x}$		$M_{u,\ k\text{-}y}$	
		Atas	Bawah			Neg	Pos	Neg	Pos	Atas	Bwh	Atas	Bwh
1	2	596,889	-	0,52769	-	949,31	441,8	1157,01	484,6	757,828	191,10*	840,054	273,92*
	3	541,862	-	0,53225	-	777,6	392,699	1157,01	484,6	660,504	148,86*	808,659	338,95*
2	2	519,158	534,248	0,54063	0,47231	658,81	310,1	947,1071	405,2	660,328	264,115	799,065	303,854
	3	401,959	476,187	0,56190	0,46774	586,99	243,839	947,1071	405,2	631,440	220,453	806,465	285,884
3	2	459,969	441,12	0,55846	0,45937	658,81	310,1	868,8519	375,4	716,511	270,99	828,379	299,308
	3	317,469	313,392	0,51667	0,43809	477,66	196,64	868,8519	375,4	529,793	188,129	719,572	261,832
4	2	377,883	363,67	0,53674	0,44154	642,79	301,5	861,036	322,6	723,947	263,433	838,478	270,518
	3	302,008	296,986	0,52509	0,48333	422,03	168,978	861,036	322,6	531,405	191,161	759,928	264,444
5	2	334,997	326,143	0,53387	0,46325	584,62	300,9	776,1959	319,8	653,268	275,395	753,057	281,78
	3	279,668	273,144	0,53632	0,47491	418,3	190,079	776,1959	319,8	519,836	202,325	708,864	262,417
6	2	311,359	292,49	0,56327	0,46613	531,31	274	776,1959	319,8	644,058	258,237	780,968	277,869
	3	250,106	241,788	0,55109	0,46368	323,45	142,789	776,1959	319,8	455,507	164,548	704,797	246,315
7	2	260,009	241,414	0,55512	0,43673	452,07	232,8	653,321	270,9	528,016	201,584	632,576	215,159
	3	212,741	203,727	0,56878	0,44890	323,45	142,789	653,321	270,9	431,707	147,043	612,471	202,164
8	2	221,813	208,374	0,57925	0,44488	367,87	183,9	581,2703	201,8	460,744	159,873	578,443	165,339
	3	171,732	161,286	0,61208	0,43121	199,64	74,2265	581,2703	201,8	333,431	84,692	562,435	138,504
9	2	179,095	161,115	0,78014	0,42074	260,58	112,7	473,535	164,6	404,718	87,013	544,412	104,497
	3	119,236	108,838	0,71360	0,38792	121,69	31,1762	473,535	164,6	236,639	39,148	448,999	83,171
10	2	58,421	47,854	1	0,21086	199,64	74,23	121,6885	102,7	259,459	24,214	195,810	28,258
	3	58,421	47,854	1	0,28639	103,43	16,3791	121,6885	102,7	152,706	14,473	162,397	32,521

Ket * : $M_{E,\ k\ ft\ bawah\ x} = M_{E,\ b\text{-}x} + 0{,}3.M_{E,\ b\text{-}y}$

Tabel 6.26 Momen rencana kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom

Lan Tai	Ko lom	$M_{E,k}$		α_{ka}	α_{kb}	$M_{nak,\ b\text{-}x}$ (kNm)		$M_{nak,\ b\text{-}y}$ (kNm)		$M_{u,\ k\text{-}x}$		$M_{u,\ k\text{-}y}$	
		Atas	Bawah			Neg	Pos	Neg	Pos	Atas	Bwh	Atas	Bwh
1	2	596,889	-	0,52768	-	949,31	441,8	1718,559	785,536	855,863	191,10*	1166,84	273,92*
	3	541,862	-	0,53225	-	777,6	392,699	1718,559	785,536	758,187	148,86*	1134,27	338,95*
2	2	519,158	534,248	0,54063	0,47231	658,81	310,1	1575,32	734,544	791,741	324,303	1237,11	504,478
	3	401,959	476,187	0,56190	0,46774	586,99	243,839	1575,32	734,544	766,366	279,335	1256,22	482,158
3	2	459,969	441,12	0,55846	0,45936	658,81	310,1	1443,216	673,332	850,196	328,03	1273,99	489,443
	3	317,469	313,392	0,51667	0,43809	477,66	196,64	1443,216	673,332	651,973	241,869	1126,84	440,962
4	2	377,883	363,67	0,53674	0,44154	642,79	301,5	1303,048	654,704	829,092	328,421	1188,96	487,144
	3	302,008	296,986	0,52509	0,48333	422,03	168,978	1303,048	654,704	633,033	261,446	1098,68	498,726
5	2	334,997	326,143	0,53387	0,46325	584,62	300,9	1151,424	552,439	742,049	323,157	1048,99	440,988
	3	279,668	273,144	0,53632	0,47491	418,3	190,079	1151,424	552,439	607,953	250,701	1002,59	423,671
6	2	311,359	292,49	0,56327	0,46613	531,31	274	1045,741	502,217	711,346	295,921	1005,26	403,482
	3	250,106	241,788	0,55109	0,46368	323,45	142,789	1045,741	502,217	520,550	201,584	921,607	369,767
7	2	260,009	241,414	0,55512	0,43673	452,07	232,8	925,3886	451,949	593,114	235,665	849,568	328,763
	3	212,741	203,727	0,56878	0,44890	323,45	142,789	925,3886	451,949	498,011	181,866	833,484	318,239
8	2	221,813	208,374	0,57925	0,44488	367,87	183,9	821,9326	337,324	520,830	185,86	778,732	251,963
	3	171,732	161,286	0,61208	0,43121	199,64	74,2265	821,9326	337,324	396,546	109,732	772,818	221,969
9	2	179,095	161,115	0,79014	0,42074	260,58	112,7	697,2431	320,425	470,597	111,479	764,008	186,051
	3	119,236	108,838	0,71360	0,38792	121,69	31,1762	697,2431	320,425	295,512	61,4402	645,240	157,478
10	2	58,421	47,854	1	0,21086	199,64	74,23	586,6362	271,053	408,058	35,5592	691,141	66,0763
	3	58,421	47,854	1	0,28639	103,43	16,3791	586,6362	271,053	299,558	29,7013	651,902	83,2336

Ket * : $M_{E,\ k\ lt\ I\ bawah\ x} = M_{E,\ b\text{-}x} + 0{,}3.M_{E,\ b\text{-}y}$

Tabel 6.27 Momen rencana kolom E-2 dan E-3 pada as kolom

Lantai	Kolom	$M_{E,k}$		α_{ka}	α_{kb}	M_{nak}, b-x (kNm)		M_{nak}, b-y (kNm)		$M_{u,k-x}$		$M_{u,k-y}$	
		Atas	Bawah			Neg	Pos	Neg	Pos	Atas	Bwh	Atas	Bwh
1	2	8055,11	-	0,52769	-	949,31	441,8	1718,559	785,536	867,697	203,57*	1182,97	459,66*
	3	342,263	-	0,53225	-	741,11	392,699	1718,559	785,536	530,837	168,65*	794,148	425,69*
2	2	7282,06	7001,56	0,54060	0,47231	658,81	310,1	1575,32	734,544	782,326	319,293	1222,39	496,685
	3	591,577	576,187	0,56190	0,46774	518,6	212,3	1575,32	734,544	754,592	374,649	1236,92	646,679
3	2	6448,3	6349,54	0,55846	0,45937	658,81	310,1	1443,216	673,332	789,463	332,621	1182,99	496,292
	3	480,739	477,658	0,51667	0,43809	477,66	196,64	1443,216	673,332	734,076	246,635	1268,74	449,651
4	2	6077,97	5986,56	0,53674	0,44154	590,06	277,5	1303,048	654,704	800,607	358,094	1148,11	531,157
	3	349,75	345,655	0,52509	0,48333	422,03	168,978	1303,048	654,704	636,621	226,252	1104,91	431,59
5	2	5712,29	5648,659	0,53387	0,46325	584,62	300,9	1151,424	552,439	728,316	336,021	1029,58	458,543
	3	315,852	312,569	0,53632	0,47491	362,05	158,7	1151,424	552,439	595,23	249,13	981,606	421,016
6	2	5205,03	5189,23	0,56327	0,46612	531,31	274	1045,741	502,217	668,687	302,194	944,975	412,035
	3	288,288	285,659	0,55109	0,46368	323,45	142,789	1045,741	502,217	536,522	206,464	949,885	378,718
7	2	4663,98	4625,26	0,55512	0,43673	410,49	209,5	925,3886	451,949	595,916	253,892	853,582	354,191
	3	221,523	219,256	0,56878	0,44890	280,06	116,8	925,3886	451,949	448,098	175,016	749,948	306,252
8	2	3754,63	3698,26	0,57925	0,44488	367,87	183,9	821,9326	337,324	523,864	184,764	783,268	250,478
	3	213,983	211,326	0,61208	0,43121	199,64	74,2265	821,9326	337,324	399,928	124,238	779,409	251,313
9	2	2705,95	2689,659	0,78914	0,42074	260,58	112,7	697,2431	320,425	406,949	110,585	660,677	184,559
	3	135,377	132,659	0,71360	0,38791	121,69	28,49	697,2431	320,425	190,015	60,613	414,891	155,359
10	2	1316,67	1259,326	1	0,21086	199,64	74,23	586,6362	271,053	408,058	53,558	691,141	99,522
	3	161,878	259,659	1	0,28639	103,43	16,3791	586,6362	271,053	299,558	36,121	651,902	157,366

Ket * : $M_{E,k\,di\,Bawah\,x} = M_{E,nx} + 0,3 M_{E,by}$

Tabel 6.28 Momen rencana kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom

Lantai	Kolom	$M_{E,k}$		α_{ka}	α_{kb}	M_{nak}, b-x (kNm)		M_{nak}, b-y (kNm)		$M_{u,k-x}$		$M_{u,k-y}$	
		Atas	Bawah			Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos	Neg	Pos
1	2	8055,11	-	0,52769	-	949,31	441,8	1560,201	628,071	839,669	203,57*	1089,54	459,56*
	3	342,263	-	0,53225	-	741,11	392,699	1560,201	628,071	496,462	168,65*	725,332	425,69*
2	2	7282,06	7001,56	0,54063	0,47231	658,81	310,1	1417,821	584,134	749,772	292,23	1113,88	406,476
	3	591,577	576,187	0,56190	0,46774	518,6	212,3	1417,821	584,134	672,182	312,906	1111,16	518,753
3	2	6448,3	6349,54	0,55846	0,45937	658,81	310,1	1298,927	535,456	758,278	305,855	1079,04	407,071
	3	480,739	477,658	0,51667	0,43809	477,66	196,64	1298,927	535,456	699,517	221,276	1153,55	365,121
4	2	6077,97	5986,56	0,53674	0,44154	590,06	277,5	1158,914	518,718	726,376	311,694	1025,41	429,226
	3	349,75	345,655	0,52509	0,48333	422,03	168,978	1158,914	518,718	603,294	201,346	993,823	348,573
5	2	5712,29	5648,659	0,53387	0,46325	584,62	300,9	1006,878	412,285	694,749	306,101	917,688	358,809
	3	315,852	312,569	0,53632	0,47491	362,05	158,7	1006,878	412,285	517,554	197,886	857,493	317,792
6	2	5205,03	5189,23	0,56327	0,46613	531,31	274	914,4054	374,805	637,867	275,315	842,243	322,438
	3	288,288	285,659	0,55109	0,46368	323,45	142,789	914,4054	374,805	503,857	179 969	841,003	290,403
7	2	4663,98	4625,26	0,55512	0,43673	410,49	209,5	794,7476	332,14	530,161	213,375	738,59	268,328
	3	221,523	219,256	0,56878	0,44890	280,06	116,8	794,7476	332,14	386,561	136,211	644,592	227,344
8	2	3754,63	3698,26	0,57925	0,44488	367,87	183,9	715,4852	298,926	497,132	177,445	694,162	226,079
	3	213,983	211,326	0,61208	0,43121	199,64	74,2265	715,4852	298,926	371,773	116,206	685,561	224,539
9	2	2705,95	2689,659	0,78914	0,42074	260,58	112,7	697,2431	320,425	406,949	110,585	660,677	184,559
	3	135,377	132,659	0,71360	0,38792	121,69	28,49	697,2431	320,425	290,015	59,287	612,352	154,961
10	2	1316,67	1259,326	1	0,21086	199,64	74,23	495,8392	228,076	379,038	49,196	594,411	84,981
	3	161,878	259,659	1	0,28639	103,43	16,3791	495,8392	228,076	270,88	48,775	556,31	132,88

Ket * : $M_{E,k\ atau\ bawah\ x} = M_{E,\ b\text{-}x} + 0{,}3.M_{E,\ b\text{-}y}$

Tabel 6.29 Momen maksimum kolom F-2 dan F-3

Lantai	Kolom	$M_{D\,k-x}$ (kN-m)	$M_{D\,k-y}$ (kN-m)	$M_{L\,k-x}$ (kN-m)	$M_{L\,k-y}$ (kN-m)	$M_{E\,k-x}$ (kN-m)	$M_{E\,k-y}$ (kN-m)	$M_{u,\,k-x}$ (kN-m)		$M_{u,\,k-y}$ (kN-m)	
								Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	0	6,742	0	3,799	386,214	596,889	2374,18	-2374,2	3004,63	-2982,5
	3	0	89,126	0	51,375	352,604	541,862	2163,68	-2163,7	2867,63	-2572,6
2	2	0	20,509	0	12,96	368,056	534,248	2218,99	-2219,0	2742,74	-2672,5
	3	0	119,97	0	110,293	326,4	476,187	1970,88	-1970,9	2653,03	-2169,5
3	2	0	28,924	0	18,832	338,664	459,969	2001,95	-2001,9	2408,73	-2308,4
	3	0	119,45	0	159,453	176,341	317,469	1140,64	-1140,6	1848,41	-1262,7
4	2	0	33,992	0	22,932	330,926	377,883	1866,02	-1866,0	2063,85	-1944,3
	3	0	101,88	0	162,745	176,012	302,008	1119,78	-1119,8	1768,07	-1212,4
5	2	0	40,695	0	28,3	319,783	334,997	1765,18	-1765,2	1882,36	-1737,4
	3	0	106,49	0	191,445	172,146	279,668	1075,39	-1075,4	1704,35	-1078,7
6	2	0	47,256	0	33,721	296,958	311,359	1639,54	-1639,5	1766,90	-1596,8
	3	0	113,45	0	224,621	157,696	250,106	977,457	-977,46	1604,12	-894,17
7	2	0	47,175	0	34,215	232,827	260,009	1305,48	-1305,5	1470,86	-1299,9
	3	0	101,21	0	212,519	150,647	202,741	888,171	-888,17	1370,74	-711,91
8	2	0	51,835	0	38,34	199,658	221,813	1118,05	-1118,0	1277,87	-1088,5
	3	0	116,02	0	254,711	132,523	171,732	772,979	-772,98	1277,52	-498,99
9	2	0	50,228	0	37,646	158,066	179,095	889,537	-889,54	1043,63	-859,09
	3	0	87,718	0	188,118	96,167	119,236	554,139	-554,14	911,589	-332,33
10	2	0	63,752	0	49,291	99,245	58,421	490,439	-490,44	489,112	-251,72
	3	0	87,03	0	257,621	58,511	58,421	319,357	-319,36	680,976	-42,791

Tabel 6.30 Momen maksimum kolom E-2 dan E-3

Lantai	Kolom	$M_{D\,k\text{-}x}$ (kN-m)	$M_{D\,k\text{-}y}$ (kN-m)	$M_{L\,k\text{-}x}$ (kN-m)	$M_{L\,k\text{-}y}$ (kN-m)	$M_{E\,k\text{-}x}$ (kN-m)	$M_{E\,k\text{-}y}$ (kN-m)	$M_{u,k\text{-}x}$ (kN-m)		$M_{u,k\text{-}y}$ (kN-m)	
								Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	0	0,274	0	0,007	1132,07	8055,11	4904,11	-4904,1	35258,1	-35257
	3	0	31,462	0	5,149	579,537	342,263	2863,31	-2863,3	2206,16	-2129,3
2	2	0	0,273	0	0,045	526,254	7282,06	11385,6	-11385	31248,1	-31247
	3	0	49,758	0	9,4	357,195	591,577	2245,61	-2245,6	2996,81	-2872,6
3	2	0	0,06	0	0,019	477,319	6448,3	10129,6	-10129	27684,4	-27684
	3	0	52,009	0	10,081	327,714	480,739	1982,13	-1982,1	2497,22	-2366,8
4	2	0	0,058	0	0,006	450,071	6077,97	9716,54	-9716,5	26145,1	-26144
	3	0	43,002	0	8,26	304,159	349,75	1718,15	-1718,1	1906,01	-1798,4
5	2	0	0,034	0	0,012	449,747	5712,29	9086,43	-9086,4	24558,4	-24558
	3	0	43,77	0	8,34	277,839	315,852	1564,89	-1564,9	1731,37	-1621,9
6	2	0	0,0391	0	0,046	384,062	5205,03	8171,39	-8171,4	22345,1	-22344
	3	0	45,972	0	8,708	245,283	288,288	1393,43	-1393,4	1577,28	-1462,4
7	2	0	0,083	0	0,005	364,6	4663,98	7407,94	-7407,9	20048,2	-20048
	3	0	40,195	0	7,572	205,546	221,523	1142,41	-1142,4	1239,54	-1139,2
8	2	0	0,062	0	0,048	283,525	3754,63	5921,64	-5921,6	16126,8	-16126
	3	0	45,012	0	8,432	160,657	213,983	944,377	-944,38	1157,27	-1045,1
9	2	0	0,082	0	0,156	220,593	2705,95	4335,99	-4335,9	11643,2	-11642
	3	0	33,418	0	6,355	106,628	135,377	618,413	-618,41	744,69	-561,17
10	2	0	0,229	0	0,369	82,765	1316,67	2006,62	-2006,6	5634,93	-5633,7
	3	0	28,327	0	4,168	46,541	161,878	399,438	-399,44	772,649	-704,41

6.1.5 Gaya aksial rencana dan gaya aksial maksimum kolom

Gaya aksial kolom dihitung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan momen rencana kolom diatas, dengan tetap menggunakan rumus uniaksial yang ada (100% sumbu utama + 30 % arah tegak lurus sumbu utama).

Gaya aksial rencana merupakan fungsi dari gaya aksial akibat beban gravitasi dan momen kapasitas balok setelah sebelumnya dikalikan dengan faktor reduksi, Rn. Gaya aksial maksimum merupakan fungsi dari gaya gravitasi ditambah gaya aksial akibat beban gempa .

1. Gaya aksial rencana kolom

Persamaan (3.80) dapat juga dituliskan dalam bentuk,

$$N_{u.k} = 1{,}05.N_{g.k} + 0{,}7.R_n.\frac{\phi_o}{l_b}.\left[\Sigma\left(M_{nak.bxki} - M_{nak.bxka}\right) + 0{,}3.\Sigma\left(M_{nak.byki} - M_{nak.byka}\right)\right]$$

dengan,

$M_{nak.bki}$ = momen nominal aktual balok sebelah kiri yang masuk ke dalam kolom,

$M_{nak.bka}$ = momen nominal aktual balok sebelah kanan yang masuk ke dalam kolom.

dinama,

ϕ_o = 1,25 untuk fy ≤ 400 Mpa

$l_{bk\text{-}x}$ = 4,00 m

$l_{bk\text{-}y}$ = 9,00 m

$$\frac{\phi_o}{l_{bx}} = \frac{1{,}25}{4{,}00} = 0{,}3125$$

$$\frac{\phi_o}{l_{by}} = \frac{1{,}25}{9{,}00} = 0{,}1389$$

R_n = 1,1 − 0,025.9 = 1,1 − 0,025.9 = 0,875

a. Gaya aksial rencana kolom tengah lantai 1 (no elemen 21) arah x

$N_{g,k}$ = $N_{D,k}$ + $N_{L,k}$ + ∑ berat sendiri kolom

= 2265,208 + 736,528 + 269,8142 = 3271,5502 kN

$N_{u,k1\text{-}x\ maks}$ = (1,05.3271,550) + 0,7.0,875.0,3125.((949,31- 441,8) + 0,3.

(1157,01- 484,6)) = 3570,8791 kN

$N_{u,k1\text{-}x\ min}$ = (1,05.3271,550) - 0,7.0,875.0,3125.((949,31- 441,8) + 0,3.

(1157,01- 484,6)) = 3299,3759 kN

b. Gaya aksial rencana kolom tengah lantai 1 (no elemen 21) arah y

$N_{u,k1\text{-}y\ maks}$ = (1,05.3271,550) + 0,7.0,875.0,1389.(0,3.(949,31- 441,8) +

(1157,01- 484,6)) = 3505,2867 kN

$N_{u,k1\text{-}y\ min}$ = (1,05.3271,550) - 0,7.0,875.0,1389.(0,3.(949,31- 441,8) +

(1157,01- 484,6)) = 3364,9683 kN

2. Gaya aksial maksimum kolom

Gaya aksial maksimum kolom dihitung dengan menggunakan persamaan (3.81) diatas,

a. Gaya aksial maksimum kolom tengah lantai 1 (no elemen 21) arah x

$N_{u,\ k\text{-}x\ atas}$ = 1,05.(3271,55 + 4.(- 4,271+ 0,3.(-0,651)) = 3416,3525 kN

$N_{u,\ k\text{-}x\ bawah}$ = 1,05.(3271,55 - 4.(- 4,271 + 0,3.(-0,651)) = 3453,9030 kN

b. Gaya aksial maksimim kolom tengah lantai 1 (no elemen 21) arah y

$N_{u,\ k\text{-}x\ atas}$ = 1,05.(3271,55 + 4.(0,3.(-4,271) - (- 0,651)) = 3427,007 kN

$N_{u,\ k\text{-}x\ bawah}$ = 1,05.(3271,55 - 4.(0,3.(-4,271) - (- 0,651)) = 3443,2484 kN

Gaya aksial rencana kolom dan gaya aksial maksimum kolom yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnva dapat dilihat pada Tabel 6.31 dan Tabel 6.35 dibawah ini,

Tabel 6.31 Gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 pada kombinasi momen balok di as kolom

LANTAI	KOLOM	$N_{G,K}$ (KN)	$M_{NAK,B-X}$ (KN-M)		$M_{NAK,B-Y}$ (KN-M)		$N_{U,K-X}$ (KN)		$N_{U,K-Y}$ (KN)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min
1	2	3271,5502	949,31	441,8	1157,01	484,6	3570,8793	3299,37	3505,29	3364,97
	3	1177,9762	777,6	392,699	1157,01	484,6	1349,1585	1124,59	1303,91	1169,85
2	2	3149,023	658,81	310,1	947,107	405,2	3407,1328	3205,82	3363,05	3249,9
	3	1051,9094	586,99	243,839	947,107	405,2	1204,0691	1004,94	1160,93	1048,08
3	2	2842,1734	658,81	310,1	868,852	375,4	3084,7954	2883,77	3038,07	2930,49
	3	932,2844	477,66	196,64	868,852	375,4	1065,7152	892,082	1030,86	926,936
4	2	2518,5068	642,79	301,5	861,036	322,6	2748,9246	2539,94	2703,62	2585,24
	3	808,9944	422,03	168,978	861,036	322,6	935,59961	763,289	906,191	792,697
5	2	2180,7798	584,62	300,9	776,196	319,8	2379,5332	2200,11	2341,15	2238,48
	3	689,194	418,3	190,079	776,196	319,8	801,53117	645,776	773,41	673,897
6	2	1831,1758	531,31	274	776,196	319,8	2008,9721	1836,5	1974,62	1870,85
	3	567,1336	323,45	142,789	776,196	319,8	664,96085	526,02	645,135	545,845
7	2	1470,8278	452,07	232,8	653,321	270,9	1617,4309	1471,31	1587,95	1500,79
	3	443,1342	323,45	142,789	653,321	270,9	529,90688	400,675	507,743	422,838
8	2	1104,0854	367,87	183,9	581,270	201,8	1224,4358	1094,14	1201,55	1117,03
	3	320,5366	199,64	74,2265	581,270	201,8	388,90037	284,226	377,118	296,009
9	2	727,332	260,58	112,7	473,535	164,6	816,32121	711,076	798,05	729,347
	3	196,478	121,69	31,1762	473,535	164,6	246,37565	166,228	238,979	173,624
10	2	340,5814	199,64	74,23	121,688	102,7	386,29003	328,931	363,115	352,106
	3	80,121	103,43	16,3791	121,688	102,7	104,41555	63,8385	88,5125	79,7416

Tabel 6.32 Gaya aksial rencana kolom E-2 dan E-3 pada kombinasi momen balok di as kolom

LANTAI	KOLOM	$N_{G,K}$ (KN)	$M_{NAK,B-X}$ (KN-M)		$M_{NAK,B-Y}$ (KN-M)		$N_{U,K-X}$ (KN)		$N_{U,K-Y}$ (KN)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min
1	2	3566,686	949,31	441,8	1718,56	785,536	3895,7368	3594,31	3837,35	3652,69
	3	870,562	741,11	392,699	1718,56	785,536	1041,3385	786,84	1003,29	824,89
2	2	3240,239	658,81	310,1	1575,32	734,544	3520,5616	3283,94	3484,98	3319,52
	3	794,118	518,6	212,3	1575,32	734,544	951,04	716,61	916,406	751,24
3	2	2921,408	658,81	310,1	1443,22	673,332	3184,7721	2950,18	3146,13	2988,83
	3	708,562	477,66	196,64	1443,22	673,332	847,5871	640,39	820,514	667,167
4	2	2585,76	590,06	277,5	1303,05	654,704	2826,3925	2603,7	2784,39	2645,7
	3	617,11	422,03	168,978	1303,05	654,704	740,973	554,96	714,86	581,067
5	2	2237,52	584,62	300,9	1151,42	552,439	2448,2338	2250,56	2414,25	2284,54
	3	528,982	362,05	158,7	1151,42	552,439	642,432	468,43	618,704	492,157
6	2	1877,403	531,31	274	1045,74	502,217	2063,2285	1879,32	2031,63	1910,92
	3	437,683	323,45	142,789	1045,74	502,217	534,7555	384,378	517,684	401,451
7	2	1506,542	410,49	209,5	925,389	451,949	1660,9039	1502,83	1634,29	1529,44
	3	343,581	280,06	116,8	925,389	451,949	431,3491	290,171	412,462	309,458
8	2	1130,755	367,87	183,9	821,933	337,324	1259,3386	1115,25	1239,78	1134,81
	3	253,868	199,64	74,2265	821,933	337,324	325,798	207,325	317,338	215,785
9	2	744,956	260,58	112,7	697,243	320,425	839,2812	725,126	823,155	741,252
	3	162,178	121,69	28,49	697,243	320,425	214,8155	125,758	209,565	131,009
10	2	349,396	199,64	74,23	586,636	271,053	415,0094	318,72	401,208	332,523
	3	75,661	103,43	16,3791	586,636	271,053	119,1966	39,691	112,057	46,221

Tabel 6.33 Gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 pada kombinasi momen balok di muka kolom

LANTAI	KOLOM	$N_{G,K}$ (KN)	$M_{NAK,B-X}$ (KN-M)		$M_{NAK,B-Y}$ (KN-M)		$N_{U,K-X}$ (KN)		$N_{U,K-Y}$ (KN)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min
1	2	3271,5502	949,31	441,8	1070,7	456,37	3567,5443	3302,71	3500,35	3369,91
	3	1177,9762	741,11	392,699	1070,7	456,37	1338,839	1134,91	1298,03	1175,72
2	2	3149,023	658,81	310,1	868,85	375,374	3404,2724	3208,67	3358,81	3254,14
	3	1051,9094	518,6	212,3	868,85	375,374	1193,9536	1015,06	1155,73	1053,28
3	2	2842,1734	658,81	310,1	788,34	341,09	3081,9908	2886,57	3033,92	2934,65
	3	932,2844	477,66	196,64	788,34	341,09	1062,9107	894,886	1026,71	931,092
4	2	2518,5068	590,06	277,5	783,14	296,541	2739,7224	2549,14	2698,04	2590,82
	3	808,9944	422,03	168,978	783,14	296,541	932,3679	766,52	901,402	797,485
5	2	2180,7798	584,62	300,9	776,196	319,807	2379,5327	2200,1	2341,15	2238,48
	3	689,194	362,05	158,7	776,196	319,807	796,2262	651,081	772,702	674,605
6	2	1831,1758	531,31	274	697,45	290,1	2005,7535	1839,71	1969,85	1875,62
	3	567,1336	325,45	142,789	697,45	290,1	661,74222	529,238	640,367	550,614
7	2	1470,8278	410,49	209,5	586,99	243,839	1610,855	1477,88	1583,59	1505,14
	3	443,1342	280,06	116,8	586,99	243,839	523,52332	407,058	503,418	427,164
8	2	1104,0854	367,87	183,9	515,29	178,91	1221,608	1096,97	1197,36	1121,22
	3	320,5366	199,64	74,2265	515,29	178,91	386,07257	287,054	372,928	300,199
9	-	727,332	260,58	112,7	419,73	143,922	814,14725	713,25	794,829	732,57
	3	196,478	121,69	28,49	419,73	143,922	244,7893	167,715	235,837	176,766
10	2	340,5814	199,64	74,25	121,688	102,674	386,29173	328,929	363,117	352,104
	3	80,121	103,43	16,3791	121,688	102,674	104,41726	63,8368	88,515	79,739

Tabel 6.34 Gaya aksial rencana kolom E-2 dan E-3 pada kombinasi momen balok di muka kolom

LANTAI	KOLOM	$N_{G,K}$ (KN)	$M_{NAK,B-X}$ (KN-M)		$M_{NAK,B-Y}$ (KN-M)		$N_{U,K-X}$ (KN)		$N_{U,K-Y}$ (KN)	
			Neg	Pos	Neg	Pos	Max	Min	Max	Min
1	2	3566,686	949,31	441,8	1560,20	628,071	3892,6855	3594,36	3837,27	3652,76
	3	870,562	741,11	392,699	1560,20	628,071	1034,3028	793,877	1002,28	825,896
2	2	3240,239	658,81	310,1	1417,82	584,134	3520,1429	3284,36	3484,36	3320,14
	3	794,118	518,6	212,3	1417,82	584,134	943,3663	724,281	914,818	752,829
3	2	2921,408	658,81	310,1	1298,93	535,456	3184,3828	2950,57	3145,55	2989,41
	3	708,562	477,66	196,64	1298,93	535,456	847,1978	640,782	820,237	667,743
4	2	2585,76	590,06	277,5	1158,91	518,718	2819,9141	2610,18	2782,84	2647,25
	3	617,11	422,03	168,978	1158,91	518,718	740,4651	555,466	714,112	581,819
5	2	2237,52	584,62	300,9	1006,88	412,285	2447,9528	2250,84	2413,83	2284,96
	3	528,982	362,05	158,7	1006,88	412,285	636,8465	474,016	617,581	493,281
6	2	1877,403	531,31	274	914,405	374,805	2062,971	1879,58	2031,24	1911,30
	3	437,683	323,45	142,789	914,405	374,805	534,498	384,636	517,302	401,832
7	2	1506,542	410,49	209,5	794,748	332,14	1656,1943	1507,54	1632,71	1531,03
	3	343,581	280,06	116,8	794,748	332,14	426,8318	294,69	410,502	311,018
8	2	1130,755	367,87	183,9	715,485	298,926	1254,8729	1119,71	1233,16	1141,42
	3	253,868	199,64	74,2265	715,485	298,926	321,3323	211,791	310,722	222,4
9	2	744,956	260,58	112,7	697,243	320,425	839,2812	725,126	823,155	741,252
	3	162,178	121,69	28,49	697,243	320,425	215,4031	125,171	209,643	130,93
10	2	349,396	199,64	74,23	495,839	228,076	411,8712	321,86	396,558	337,173
	3	75,661	102,43	16,3791	495,839	228,076	116,0584	42,8297	108,018	50,87

Tabel 6.35 Gaya aksial maksimum kolom F-2 dan F-3

Lantai	Kolom	$N_{g,k}$ (kN)	$N_{E,k-x}$ (kN)	$N_{E,k-y}$ (kN)	$N_{u,k-x}$ (kN)		$N_{u,k-y}$ (kN)	
					Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	3271,5502	-4,275	-0,651	3416,3525	3453,9030	3427,007	3443,2484
	3	1177,9762	-2,131	626,222	2016,9645	456,7855	3864,3224	-1390,572
2	2	3149,023	-3,872	-0,524	3289,5515	3323,3968	3299,3946	3313,5537
	3	1051,9094	-1,802	490,11	1714,4751	494,5347	3160,6964	-951,6866
3	2	2842,1734	-3,254	-0,391	2970,1226	2998,4415	2978,5398	2990,0243
	3	932,2844	-1,526	396,045	1471,5061	486,2911	2640,3649	-682,5676
4	2	2518,5068	-2,687	-0,258	2632,8217	2656,0426	2639,9629	2648,9014
	3	808,9944	-1,212	313,606	1239,4973	459,3910	2165,0622	-466,1740
5	2	2180,7798	-2,078	-0,135	2280,9211	2298,7165	2286,6335	2293,0041
	3	689,194	-0,895	237,656	1019,3413	427,9661	1720,6812	-273,3738
6	2	1831,1758	-1,432	-0,011	1916,7063	1928,7629	1920,8841	1924,5851
	3	567,1336	-0,575	168,991	806,0039	384,9766	1304,528	-113,5474
7	2	1470,827[illegible]	-0,814	0,109	1541,0877	1547,6507	1543,8014	1544,9370
	3	443,1342	-0,249	109,0[illegible]6	601,5927	328,9892	922,8024	7,7795
8	2	1104,0854	-0,235	0,216	1158,5748	1160,0045	1159,9008	1158,6786
	3	320,5366	0,0744	60,821	413,5104	259,6165	592,1054	81,0215
9	2	727,332	0,237	0,351	765,1111	762,2861	765,3874	762,0098
	3	196,478	0,317	25,051	239,1976	173,4062	311,9155	100,6883
10	2	340,5814	0,188	0,216	358,6722	356,5487	358,7546	356,4664
	3	80,121	0,246	6,165	92,9282	75,3259	110,3300	57,9241

Tabel 6.36 Gaya aksial maksimum kolom E-2 dan E-3

Lantai	Kolom	$N_{g,k}$ (kN)	$N_{E,k-x}$ (kN)	$N_{E,k-y}$ (kN)	$N_{u,k-x}$ (kN)		$N_{u,k-y}$ (kN)	
					Atas	Bawah	Atas	Bawah
1	2	3566,686	-4,275	-0,651	3726,245	3763,796	3736,9	3753,141
	3	870,562	-2,364	1596,73	2916,039	-1087,86	7617,37	-5789,189
2	2	3240,239	-3,872	-0,524	3385,328	3419,174	3395,17	3409,3305
	3	794,118	-2,066	1281,58	2439,938	-772,29	6213,86	-4546,209
3	2	2921,408	-3,254	-0,391	3053,319	3081,638	3061,74	3073,2206
	3	708,562	-1,596	990,375	1985,159	-497,179	4901,55	-3413,574
4	2	2585,76	-2,687	-0,258	2703,426	2726,658	2710,58	2719,5172
	3	617,11	-1,236	752,058	1590,367	-294,436	3805,05	-2509,121
5	2	2237,52	-2,078	-0,135	2340,498	2358,294	2346,21	2352,5813
	3	528,982	-0,866	561,207	1258,915	-148,053	2911,41	-1800,547
6	2	1877,403	-1,432	-0,011	1965,245	1977,301	1969,42	1973,1237
	3	437,683	-0,474	400,709	962,4697	-43,3354	2141,95	-1222,813
7	2	1506,542	-0,814	0,109	1578,588	1585,151	1581,3	1582,4369
	3	343,581	-0,11	271,472	702,3528	19,1673	1500,8	-779,2838
8	2	1130,755	-0,235	0,216	1186,578	1188,008	1187,9	1186,6817
	3	253,868	0,241	169,201	480,7669	52,35594	977,509	-444,3865
9	2	744,956	0,237	0,331	783,6163	780,7913	783,893	780,51498
	3	162,178	0,505	91,839	288,125	52,44876	556,647	-216,0732
10	2	349,396	0,188	0,216	367,9276	365,804	368,01	365,72172
	3	75,661	0,295	34,685	124,3862	34,50195	225,493	-66,60465

Tabel 6.37 Momen rencana dan gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 pada as kolom

Lantai	Kolom	M_u, k-x (kNm)	M_u, k-y (kNm)	N_u, k-x (kN)		N_u, k-y (kN)	
				Maks	Min	Maks	Min
1	2	757,828	840,054	3416,3525	3299,37	3427,007	3364,97
	3	660,504	808,659	1349,1585	456,7855	1303,91	1169,85
2	2	660,328	799,065	3289,5515	3205,82	3299,3946	3249,9
	3	631,440	806,465	1204,0691	494,5347	1160,93	1048,08
3	2	716,511	828,379	2970,1226	2883,77	2978,5398	2930,49
	3	529,793	719,572	1065,7152	486,2911	1030,86	926,936
4	2	723,947	838,478	2632,8217	2539,94	2639,9629	2585,24
	3	531,405	759,928	935,59961	459,391	906,191	792,697
5	2	653,268	753,057	2280,9211	2200,11	2286,6335	2238,48
	3	519,836	708,864	801,53117	427,9661	773,41	675,897
6	2	644,058	780,968	1916,7063	1836,5	1920,8841	1870,85
	3	455,507	704,797	664,96,85	384,9766	645,135	545,845
7	2	528,016	632,576	1541,0877	1471,31	1543,8014	1500,79
	3	431,707	612,471	529,90688	328,9892	507,743	422,838
8	2	460,744	578,443	1158,5748	1094,14	1159,9008	1117,03
	3	333,431	562,435	388,90037	259,6165	377,118	296,009
9	2	404,718	544,412	765,1111	711,076	765,3874	729,347
	3	236,639	448,999	239,1976	166,228	238,979	173,624
10	2	259,459	195,810	358,6722	328,931	358,7546	352,106
	3	152,706	162,397	92,9282	63,8385	88,5125	79,7416

Tabel 6.38 Momen rencana dan gaya aksial rencana kolom E-2 dan E-3 pada as kolom

Lantai	Kolom	M_u, k-x (kNm)	M_u, k-y (kNm)	N_u, k-x (kN)		N_u, k-y (kN)	
				Maks	Min	Maks	Min
1	2	867,697	1182,97	3726,245	3594,31	3736,9	3652,69
	3	530,837	794,148	1041,3385	786,84	1003,29	824,89
2	2	782,326	1222,39	3385,328	3283,94	3395,17	3319,52
	3	754,592	1236,92	951,04	716,61	916,406	751,24
3	2	789,463	1182,99	3053,319	2950,18	3061,74	2988,83
	3	734,076	1268,74	847,5871	640,39	820,814	667,167
4	2	800,607	1148,11	2703,426	2603,7	2710,58	2645,7
	3	636,621	1104,91	740,973	554,96	714,86	581,067
5	2	728,316	1029,58	2340,498	2250,56	2346,21	2284,54
	3	595,23	981,606	642,432	468,43	618,704	492,157
6	2	668,687	944,975	1965,245	1879,32	1969,42	1910,92
	3	536,522	949,885	534,7555	384,378	517,684	401,451
7	2	595,916	853,582	1578,588	1502,83	1581,3	1529,44
	3	448,098	749,048	431,3491	290,171	412,062	309,458
8	2	523,864	783,268	1186,578	1115,25	1187,9	1134,81
	3	399,928	779,409	325,798	207,325	317,338	215,785
9	2	406,949	660,677	783,6163	725,126	783,893	741,252
	3	190,015	414,891	214,8155	125,758	209,565	131,009
10	2	408,058	691,141	367,9276	318,72	368,01	332,523
	3	299,558	651,902	119,1966	39,691	112,667	46,221

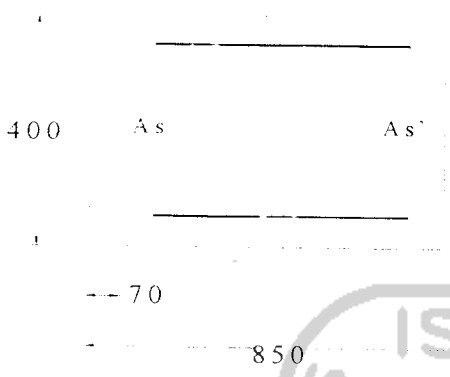
Tabel 6.39 Momen rencana dan gaya aksial rencana kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom

Lantai	Kolom	M_u, k-x (kNm)	M_u, k-y (kNm)	N_u, k-x (kN)		N_u, k-y (kN)	
				Maks	Min	Maks	Min
1	2	742.759	789.827	3416.3525	3302.71	3427.007	3369.91
	3	623.939	752.147	1338.839	456.7855	1298.03	1175.72
2	2	643.958	744.498	3289.5515	3208.67	3299.3946	3254.14
	3	564.764	735.478	1193.9536	494.5347	1155.73	1053.28
3	2	697.771	765.915	2970.1226	2886.57	2978.5398	2934.65
	3	512.667	662.483	1062.9107	486.2911	1026.71	931.092
4	2	662,832	763,936	2632,8217	2549.14	2639,9629	2590.82
	3	513,496	700,228	932,3679	459,391	901,402	797,485
5	2	653,268	753,057	2280.9211	2200.1	2286.6335	2238.48
	3	474,444	695,246	796,2262	427,9661	772,702	674,605
6	2	624,401	715,443	1916,7063	1839.71	1920.8841	1875.62
	3	436,505	641,458	661,74222	384,9766	640,367	550,614
7	2	477,958	569,417	1541,0877	1477.88	1543,8014	1505.14
	3	378,988	547,621	523,52332	326,9892	503,418	427,164
8	2	444.270	523,531	1158,5748	1096.97	1159,9008	1121.22
	3	316,127	504,756	386,07257	259,6165	372,928	300,199
9	2	388.873	491,596	765,1111	713,25	765,3874	732,57
	3	222,479	401,801	239,1976	167,715	235,837	176,766
10	2	259,459	195,810	358,6722	328,929	358,7546	352,104
	3	152,706	162,397	92,9282	63,8368	88,515	79,739

Tabel 6.40 Momen rencana dan gaya aksial rencana kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom

Lantai	Kolom	M_u, k-x (kNm)	M_u, k-y (kNm)	N_u, k-x (kN)		N_u, k-y (kN)	
				Maks	Min	Maks	Min
1	2	839,669	1089,54	3726,245	3594,36	3736,9	3652,76
	3	496,462	725,332	1034,3028	793,877	1002,28	825,896
2	2	749,772	1113,88	3385,328	3284,36	3395,17	3320,14
	3	672,182	1111,16	943,3663	724,281	914,818	752,829
3	2	758,278	1079,04	3053,319	2950,57	3061,74	2989,41
	3	699,517	1153,55	847,1978	640,782	820,237	667,743
4	2	726,376	1025,41	2703,426	2610,18	2710,58	2647,25
	3	603,294	993,823	740,4651	555,466	714,112	581,819
5	2	694,749	917,688	2340,498	2250,84	2346,21	2284,96
	3	517,554	857,493	636,8465	474,016	617,581	493,281
6	2	637,867	842,243	1965,245	1879,58	1969,42	1911,30
	3	503,857	841,003	534,498	384,636	517,302	401,832
7	2	530,161	738,59	1578,588	1507,54	1581,3	1531,03
	3	386,561	644,592	42 ,8318	294,69	410,502	311,018
8	2	497,132	694,162	1186,578	1119,71	1187,9	1141,42
	3	371,773	685,561	321,3323	211,791	310,722	222,4
9	2	406,949	660,677	783,6163	725,126	783,893	741,252
	3	290,015	612,352	215,4031	125,171	209,643	130,93
10	2	379,038	594,411	367,9276	321,86	368,01	337,173
	3	270,88	556,31	116,0584	42,8297	108,018	50,87

6.1.6 Grafik interaksi kolom dan contoh perhitungan



Mutu bahan dan dimensi kolom tengah adalah,

b = 400 mm f'c = 30 Mpa

h = 850 mm fy = 400 Mpa

d' = 70 mm

d = 780 mm

Luas tulangan total yang digunakan disebar ke 4 sisi kolom sesuai dengan persyaratan ketahanan gempa. Karena kolom menahan beban gempa secara siklis yang arahnya merupakan kombinasi dari arah x dan y, sehingga As = As' = 0,25 Ast. Dicoba luas tulangan minimum 1% dari luas bruto, Ag.

Ast = 1%.Ag = 1%.400.850 = 3400 mm^2.

1. Kondisi beban sentris

Gaya desak, P berimpit dengan sumbu memanjang kolom sehingga tegangan desak terjadi diseluruh penampang kolom yang mengakibatkan seluruh tulangan mengalami gaya desak. Karena itu, luas tulangan yang digunakan adalah luas tulangan total (Ast).

Po = 0,85.fc'.(Ag – Ast) + fy.Ast

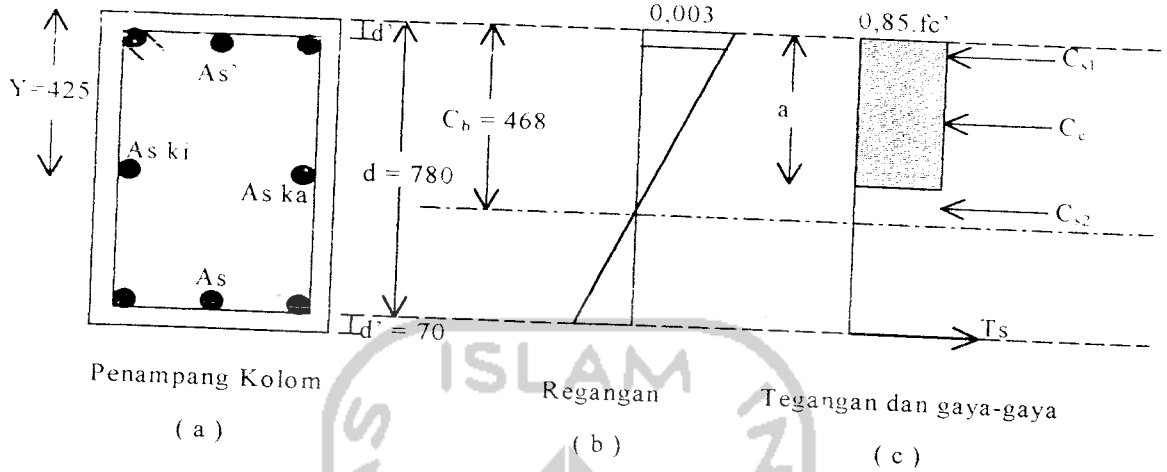
= (0,85.30.(340000 – 3400) + 400.3400).(10^{-3}) = 9943,3 kN

Pn (max) = 0,8.(0,85.fc'.(Ag-Ast) – fy.Ast)

= 0,8.9943,3 = 7954,64 kN

ϕPn = 0,65.7954,64 = 5170,516 kN

2. Kondisi balance



Gambar 6.3 Diagram tegangan dan regangan

Letak garis netral dalam kondisi seimbang adalah,

$$c_b = \frac{600.d}{600 + fy} = \frac{600.780}{600 + 400} = 468 \text{ mm}$$

$a_b = \beta_1.c_b = 0{,}85.468 = 397{,}8$ mm

Cek regangan yang terjadi,

Untuk baja mutu fy = 400 Mpa, regangan lelehnya adalah,

$$\varepsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} 0{,}0020$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{c_b - d'}{c_b}.0{,}003 = \frac{468 - 70}{468}.0{,}003 = 0{,}00255 > \varepsilon_y = 0.0020, \text{ baja desak leleh}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{c_b - y}{c_b}.0{,}003 = \frac{468 - 425}{468}.0{,}003 = 0{,}00028 < \varepsilon_y = 0.0020, \text{ baja desak belum leleh}$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c_b}{c_b}.0{,}003 = \frac{780 - 468}{468}.0{,}003 = 0{,}002 = \varepsilon_y = 0{,}0020, \text{ baja tarik leleh}$$

Tegangan pada bagian baja desak yang belum leleh adalah,

$f_s'_2 = Es.\frac{c_b - y}{c_b}.0{,}003 = Es.\varepsilon_{s'2} = 200000.0{,}00028 = 56$ Mpa

$C_c = 0{,}85.fc'.a_b.b.10^{-3} = 0{,}85.30.397{,}8.400.10^{-3} = 4057{,}56$ kN

Tulangan yang berada dekat garis netral mempunyai tegangan-tegangan yang lebih kecil dari tegangan luluh baja, sehingga dari sumbu netral C dapat dicari regangan baja yang terjadi pada penampang kolom tersebut. Berdasarkan gambar diatas, maka luas tulangan As = As'.

$As = As' = 0{,}25 + (0{,}25/2).Ast = 0{,}375.3400 = 1275\ mm^2$

Pada sisi $As_{ki} = As_{ka} = 0{,}25.Ast = 0{,}25.3400 = 850\ mm^2$

Tegangan desak baja, $C_{s1} = As'.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$C_{s2} = As_{ki} = As_{ka}.fs'_2 = 850.56.(10^{-3}) = 47{,}6$ kN

$T_s = As.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$Pn_b = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s$

$= 4057{,}56 + 510 + 47{,}6 - 510 = 4105{,}16$ kN

$Mn_b = C_c.(y - a_b/2) + C_{s1}.(y - d') + C_{s2}.(0) + T_s.(d-y)$

$= \{4057{,}56.(425 - 397{,}8/2) + 510.(425 - 70) + 47{,}6.(0) + 510.(780 - 425)\}(10^{-3})$

$= 1279{,}514$ kN-m

$e_b = \frac{Mn_b}{Pn_b} = \frac{1279{,}514}{4105{,}16} = 0{,}3117$ m $= 311{,}7$ mm

$\phi Pn_b = 0{,}65.4105{,}16 = 2668{,}354$ kN

$\phi Mn_b = 0{,}65.1279{,}514 = 831{,}6841$ kN-m

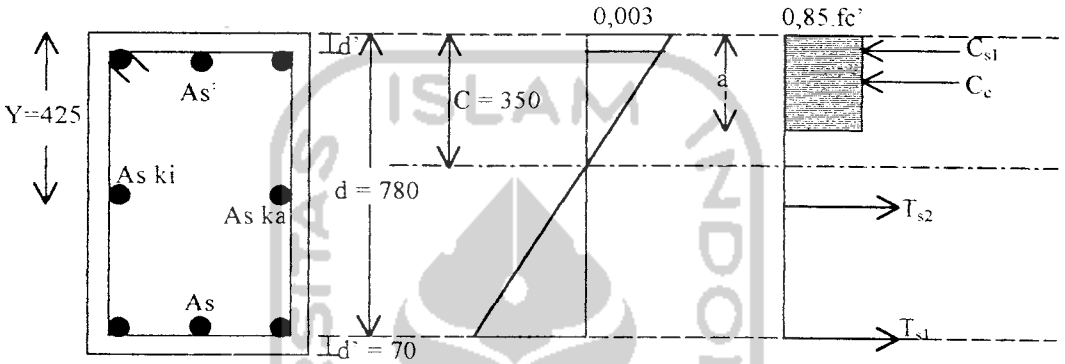
3. Kondisi patah tarik (keruntuhan tarik)

Syarat keruntuhan tarik, $e > e_b$ atau $Pn < Pn_b$

a. Diambil c = 350 mm < c_b = 468 mm

$a = \beta_1.c = 0,85.350 = 297,5$ mm

Cek regangan yang terjadi,



Gambar 6.4 Diagram tegangan dan regangan

$$\varepsilon_s' = \frac{c-d'}{c}.0,003 = \frac{350-70}{350}.0,003 = 0,0024 > \varepsilon_y = 0,0020$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d-c}{c}.0,003 = \frac{780-350}{350}.0,003 = 0,00368 > \varepsilon_y = 0,0020$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{y-c}{c}.0,003 = \frac{425-350}{350}.0,003 = 0,0006 < \varepsilon_y = 0,0020$$

$fs_2 = \varepsilon_{s2}.Es = 0,0006.200000 = 120$ Mpa

$C_c = 0,85.fc'.a.b$

$= 0,85.30.297,5.400.(10^{-3}) = 3034,5$ kN

$C_{s1} = As'.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$T_{s2} = As_{ki} = As_{ka}.fs_2 = 850.120.(10^{-3}) = 102$ kN

$Ts_1 = As.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$Pn = C_c + C_{s1} - T_{s1} - T_{s2}$

$= 3034,5 + 510 - 102 - 510 = 2932,5$ kN $< Pn_b = 4105,16$ kN

$Mn = C_c.(y - a/2) + C_{s1}.(y - d') - T_{s2}.(0) - T_{s1}.(y - d')$

$= \{3034,5.(425 - 297,5/2) + 510.(425 - 70) + 102.(0) + 510.(425 - 70)\}.10^{-3}$

$= 1200,381$ kN-m

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{1200,381}{2932,5} = 0,409 \text{ m} = 409 \text{ mm} > e_b = 311,7 \text{ mm}$$

Cek faktor reduksi yang digunakan dengan persamaan (0,1.Ag.fc'), sehinga apabila (0,1.Ag.fc') > Pn, maka faktor reduksi (ϕ) yang digunakan > 0,65.

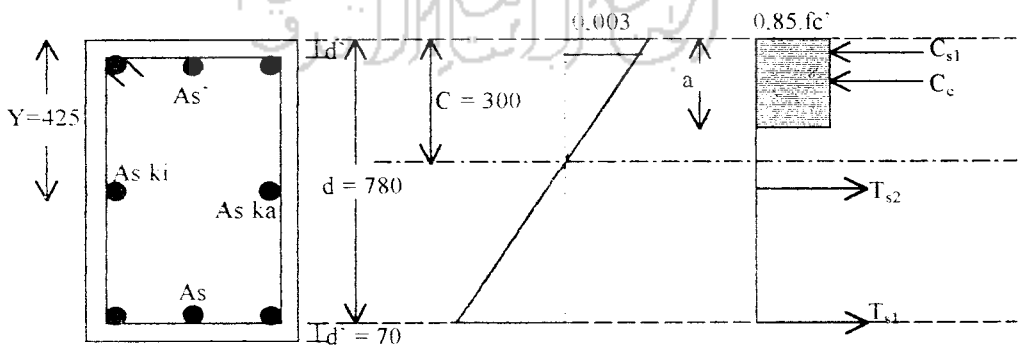
$0,1.340000.30.(10^{-3}) = 1020$ kN

$\phi Pn = 0,65.2932,5 = 1906,125$ kN > 0,1.Ag.fc', sehingga faktor ϕ tetap = 0,65.

$\phi Mn = 0,65.1200,381 = 780,248$ kN-m.

b. Diambil c = 300 mm < c_b = 468 mm

$a = \beta_1.c = 0,85.300 = 255$ mm



Penampang Kolom (a) Regangan (b) Tegangan dan gaya-gaya (c)

Gambar 6.5 Diagram tegangan dan regangan

Cek regangan yang terjadi,

$$\varepsilon_s' = \frac{c - d'}{c}.0{,}003 = \frac{300 - 70}{300}.0{,}003 = 0{,}0023 > \varepsilon_y = 0{,}0020$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d - c}{c}.0{,}003 = \frac{780 - 300}{300}.0{,}003 = 0{,}0048 > \varepsilon_y = 0{,}0020$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{y - c}{c}.0{,}003 = \frac{425 - 300}{300}.0{,}003 = 0{,}00125 < \varepsilon_y$$, baja tarik belum luluh

$fs = \varepsilon_{s2}.Es = 0{,}00125.200000 = 250$ Mpa

$C_c = 0{,}85.fc'.a.b$

$= 0{,}85.30.255.400.(10^{-3}) = 2601$ kN

$C_{s1} = As'.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$T_{s2} = As_{ki} = As_{ka}.fs_2 = 850.250.(10^{-3}) = 212{,}5$ kN

$Ts_1 = As.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$Pn = C_c + C_{s1} - T_{s1} - T_{s2}$

$= 2601 + 510 - 212{,}5 - 510 = 2388{,}5$ kN $< Pn_b = 4105{,}16$ kN

$Mn = C_c.(y - a/2) + C_{s1}.(y - d') + T_{s2}.(0) + T_{s1}.(y - d')$

$= \{2601.(425 - 255/2) + 510.(425 - 70) - 212{,}5.(0) + 510.(425 - 70)\}.10^{-3}$

$= 954{,}8475$ kN-m

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{954{,}8475}{2388{,}5} = 0{,}400 \text{ m} = 400 \text{ mm} > e_b = 311{,}7 \text{ mm}$$

$\phi Pn = 0{,}65.2388{,}5 = 1552{,}525$ kN $> 0{,}1.Ag.fc' = 1020$ kN

$\phi Mn = 0{,}65.954{,}8475 = 620{,}6509$ kN-m

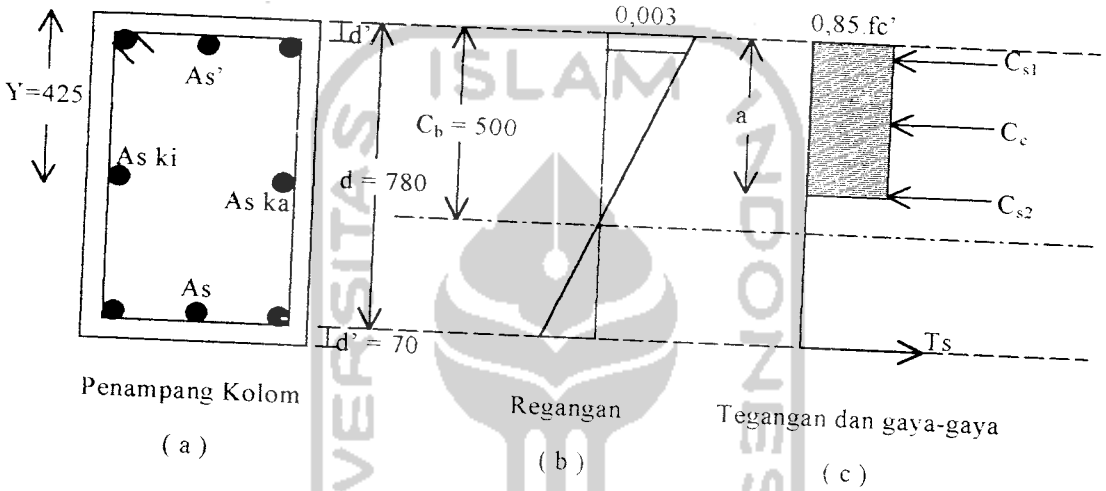
4. Kondisi patah tekan (keruntuhan tekan)

Syarat keruntuhan tekan, $e < e_b$ atau $Pn > Pn_b$

a. Diambil $c = 500$ mm $> c_b = 468$ mm

$a = \beta_1.c = 0{,}85.500 = 425$ mm

Cek regangan yang terjadi,



Gambar 6.6 Diagram tegangan dan regangan

$$\varepsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c}.0{,}003 = \frac{500 - 70}{500}.0{,}003 = 0{,}00258 > \varepsilon_y = 0{,}0020$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{c - y}{c}.0{,}003 = \frac{500 - 425}{500}.0{,}003 = 0{,}00045 < \varepsilon_y = 0{,}0020$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c}.0{,}003 = \frac{780 - 500}{500}.0{,}003 = 0{,}00168 < \varepsilon_y = 0{,}0020$$

$fs'_2 = \varepsilon_{s2}.Es = 0{,}00045.200000 = 90$ Mpa

$fs = \varepsilon_s.Es = 0{,}00168.200000 = 336$ Mpa

$C_c = 0{,}85.fc'.a.b = 0{,}85.30.425.400.(10^{-3}) = 4335$ kN

$C_{s1} = As.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$C_{s2} = 0{,}25.Ast.fs'_2 = 850.90.(10^{-3}) = 76{,}5$ kN

$T_s = As.fs = 1275.336.(10^{-3}) = 428,4$ kN

$Pn = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s$

$= 4335 + 510 + 76,5 - 428,4 = 4493,1$ kN $> Pn_b = 4105,16$ kN

$Mn = C_c.(y - a/2) + C_{s1}.(y - d') + C_{s2}.(0) + T_s.(d-y)$

$= \{4335.(425 - 425/2) + 510.(425 - 70) - 76,5.(0) + 428,4.(780 - 425)(10^{-3})$

$= 1254,3195$ kN-m

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{1254,3195}{4493,1} = 0,279 \text{ m} = 279 \text{ mm} < e_b = 311,7 \text{ mm}$$

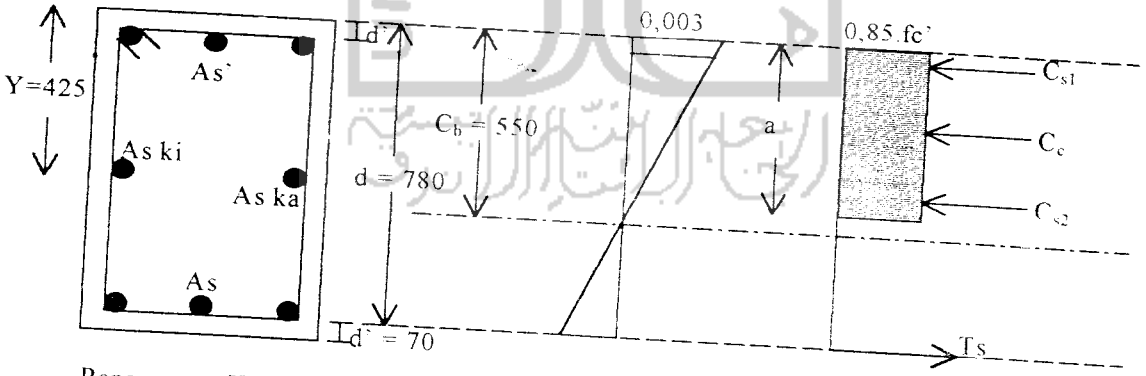
$\phi Pn = 0,65.4493,1 = 2920,515$ kN

$\phi Mn = 0,65.1254,3195 = 815,3077$ kN-m

b. Ambil $c = 550$ mm $> c_b = 468$ mm

$a = \beta_1.c = 0,85.550 = 467,5$ mm

Cek regangan yang terjadi.



Penampang Kolom (a) | Regangan (b) | Tegangan dan gaya-gaya (c)

Gambar 6.7 Diagram tegangan dan regangan

$$\varepsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c}.0,003 = \frac{550 - 70}{550}.0,003 = 0,00262 > \varepsilon_y = 0,0020$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{c - y}{c}.0{,}003 = \frac{550 - 425}{550}.0{,}003 = 0{,}00068 < \varepsilon_y = 0{,}0020$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c}.0{,}003 = \frac{780 - 550}{550}.0{,}003 = 0{,}00125 < \varepsilon_y = 0{,}0020$$

$fs'_2 = \varepsilon_{s2}.Es = 0{,}00068.200000 = 136$ Mpa

$fs = \varepsilon_s.Es = 0{,}00125.200000 = 250$ Mpa

$C_c = 0{,}85.fc'.a.b = 0{,}85.30.467{,}5.400.(10^{-3}) = 4768{,}5$ kN

$C_{s1} = As.fy = 1275.400.(10^{-3}) = 510$ kN

$C_{s2} = 0{,}25.Ast.fs'_2 = 850.136.(10^{-3}) = 115{,}6$ kN

$T_s = As.fs = 1275.250.(10^{-3}) = 318{,}75$ kN

$Pn = C_c + C_{s1} + C_{s2} - T_s$

$= 4768{,}5 + 510 + 115{,}6 - 318{,}75 = 5075{,}35$ kN $> Pn_b = 4105{,}16$ kN

$Mn = C_c.(y - a/2) + C_{s1}.(y - d') + C_{s2}.(0) + T_s.(d\text{-}y)$

$= \{4768{,}5(425 - 467{,}5/2) + 510.(425 - 70) + 115{,}6(0) + 318{,}75(780 - 425)(10^{-3})$

$= 1206{,}1819$ kN-m

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{1206{,}1819}{5075{,}35} = 0{,}238 \text{ m} = 238 \text{ mm} < e_b = 311{,}7 \text{ mm}$$

$\phi Pn = 0{,}65.5075{,}35 = 3298{,}9775$ kN

$\phi Mn = 0{,}65.1206{,}1819 = 784{,}018$ kN-m

5. Kondisi momen murni

Pada kondisi momer murni gaya aksial, P = 0, sehingga konstribusi tulangan desak As' dapat diabaikan dalam perhitungan, karena untuk P = 0, luas tulangan desak ini tidak menentukan (Nawy, 1990).

As = 1275 mm^2, dianggap tulangan tarik telah leleh, sehingga:

$$a = \frac{As.fy}{0,85.fc'.b} = \frac{1275.400}{0,85.30.400} = 56,67 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{56,67}{0,85} = 66,67 \text{ mm}$$

Cek regangan yang terjadi,

$$\varepsilon_{s2} = \frac{y-c}{c}.0,003 = \frac{425-66,67}{66,67}.0,003 = 0,0161 > \varepsilon_y = 0,0020$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{d-c}{c}.0,003 = \frac{780-66,67}{66,67}.0,003 = 0,032 > \varepsilon_y = 0,0020$$

Mn_o = As.fy.(d – a/2) + (0,25.Ast).fy.(y – a/2)

= {1275.400.(780 – 56,67/2) + 850.400.(425 – 56,67/2)}.(10^{-6})

= 518,2152 kN-m

Perhitungan grafik interaksi kolom selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dengan luas tulangan yang digunakan masing-masing setelah 1% adalah 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dan disajikan dalam bentuk tabel sebelum diplotkan pada grafik interaksi kolom. Persyaratan luas tulangan terhadap luas tampang yang digunakan harus memenuhi 1% ≤ As ≤ 6 %.

Tabel 6.41 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/850

R (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pn_b (kN)	Mn_b (kNm)	Pn_{tarik} (kN)	Mn_{tarik} (kNm)	Pn_{tekan} (kN)	Mn_{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	9943,3	7954,64	4105,16	1279,514	2932,5	1200,381	4493,1	1254,32	518,2152
2	11216,6	8973,28	4151,278	1641,6143	2830,5	1562,4806	4651,2	1587,4515	999,6
3	12489,9	9991,92	4198,137	2003,714	2728,5	1924,5806	4809,3	1920,5838	1435,65
4	13763,2	11010,6	4244,996	2365,8143	2626,5	2286,6806	4967,4	2253,7155	1729,2
5	15036,5	12029,2	4291,855	2727,9143	2524,5	2648,7806	5125,5	2586,8475	2180,25
6	16309,8	13047,84	4338,714	3090,0143	2422,5	3010,8806	5283,6	2919,9795	2488,8

Tabel 6.42 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/750

R (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pn_b (kN)	Mn_b (kNm)	Pn_{tarik} (kN)	Mn_{tarik} (kNm)	Pn_{tekan} (kN)	Mn_{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	8773,5	7018,8	3573,76	987,6318	2748,52	941,9545	4081,5	959,3756	401,956
2	9897	7917,6	3610,154	1262,1318	2679,288	1216,4545	4261,5	1201,8506	770,824
3	11020,5	8816,4	3646,551	1536,6318	2610,058	1490,9545	4441,5	1444,3256	1106,6
4	12144	9715,2	3682,948	1811,1318	2540,827	1765,4545	4621,5	1686,8006	1409,29
5	13267,5	10614	3719,345	2085,6318	2471,596	2039,9545	4801,5	1929,2756	1678,9
6	14391	11512,8	3755,742	2360,1318	2402,365	2314,4545	4981,5	2171,7506	1915,41

Tabel 6.43 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/650

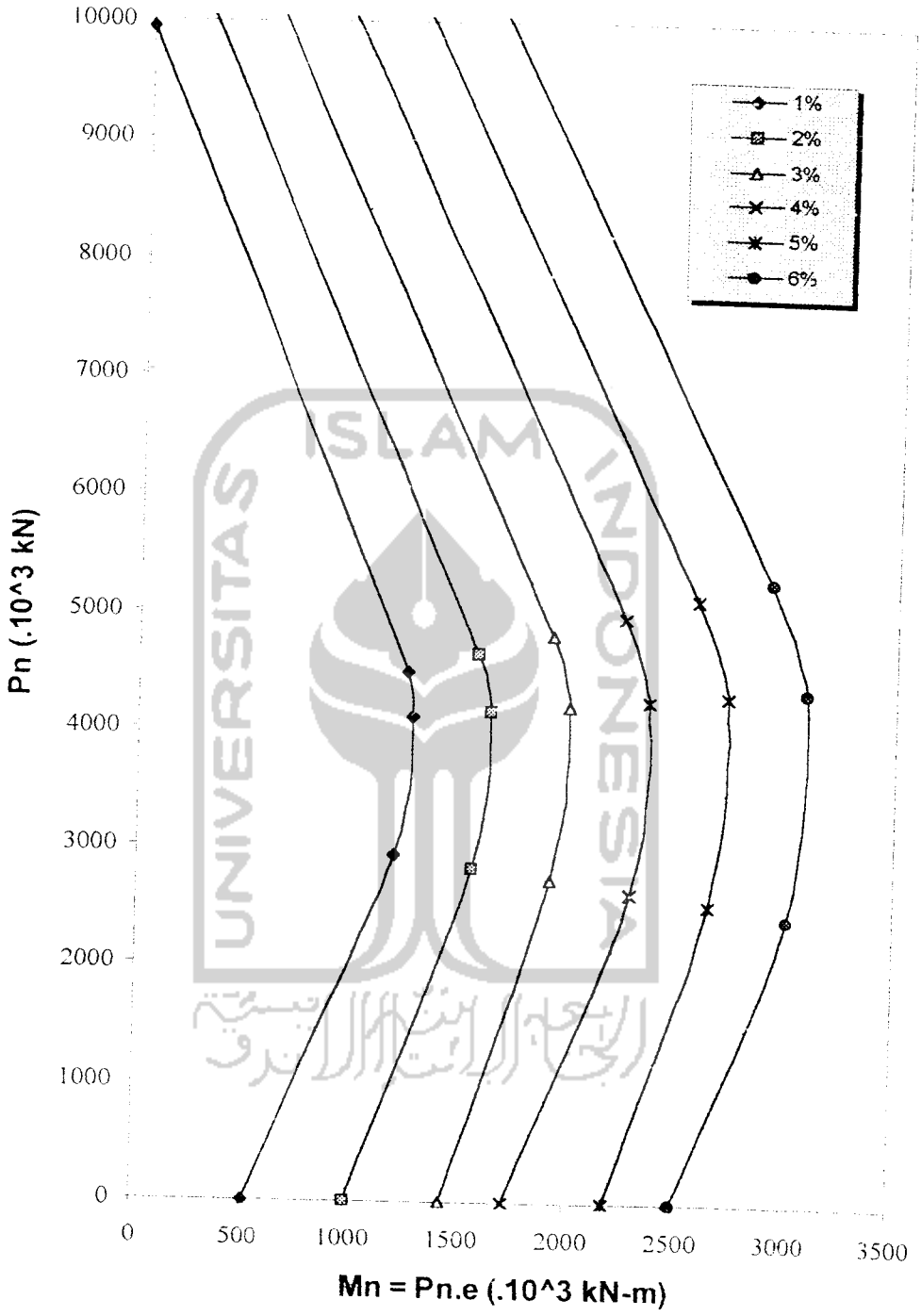
R (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pn_b (kN)	Mn_b (kNm)	Pn_{tarik} (kN)	Mn_{tarik} (kNm)	Pn_{tekan} (kN)	Mn_{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	7603.7	6082.96	3042.94	733.239	2568.5	712.5975	3667.875	704.1188	298.274
2	8577.4	6861.92	3068.712	932.139	2536	911.4975	3867.75	870.6975	571.694
3	9551.1	7640.88	3094.488	1131.039	2503.5	1110.3975	4067.625	1037.2763	820.262
4	10524.8	8419.84	3120.263	1329.939	2471	1309.2975	4267.5	1203.855	1043.98
5	11498.5	9198.8	3146.039	1528.839	2438.5	1508.1975	4467.375	1370.4338	1242.84
6	12472.2	9977.76	3171.815	1727.739	2406	1707.0975	4667.25	1537.0125	1416.85

Tabel 6.44 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/600

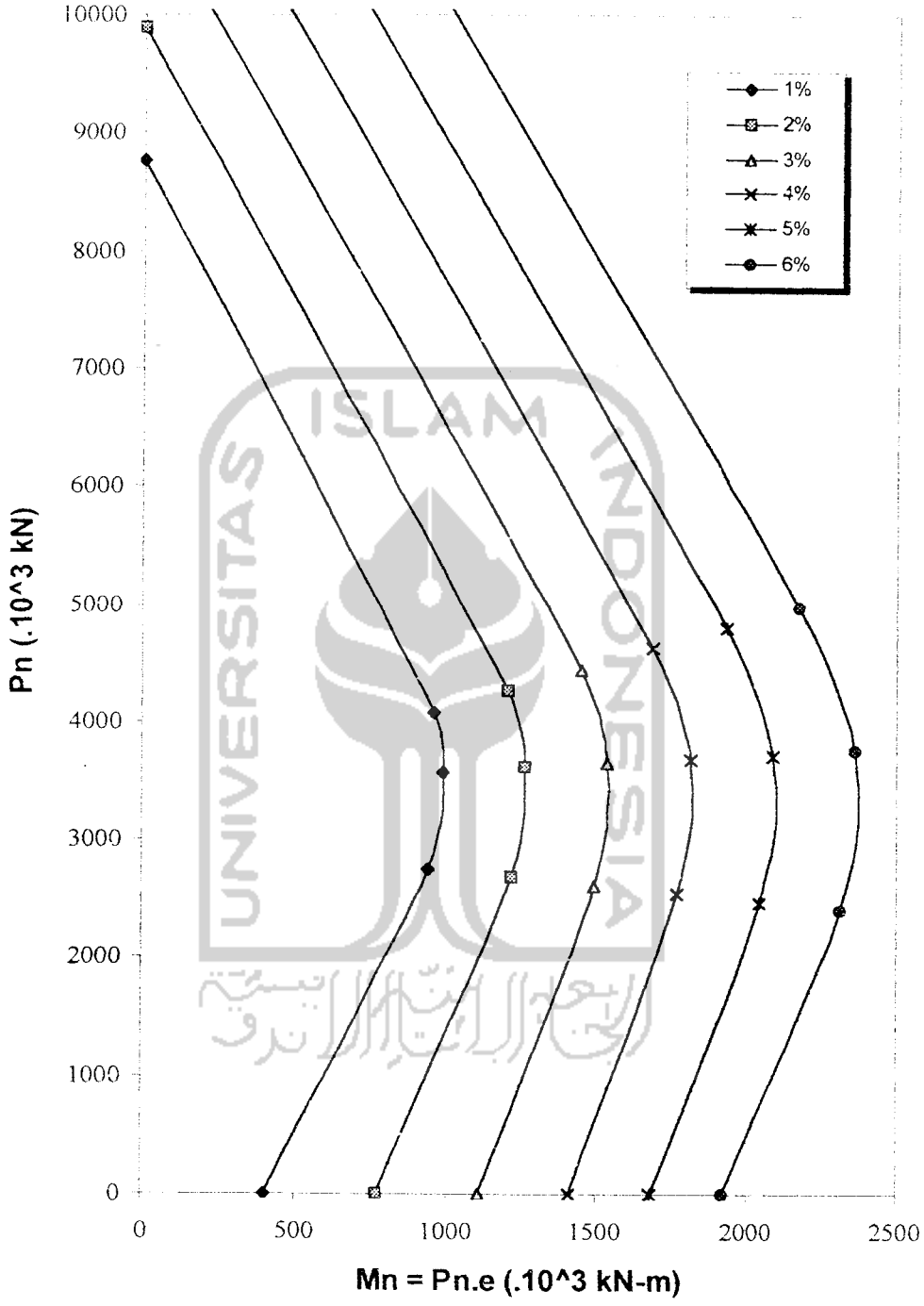
R (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pn_b (kN)	Mn_b (kNm)	Pn_{tarik} (kN)	Mn_{tarik} (kNm)	Pn_{tekan} (kN)	Mn_{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	7018.8	5615.04	2777.44	620.1013	2095.5	585.5531	3168.214	605.6424	252.212
2	7917.6	6334.08	2797.815	785.7016	2023.5	751.1531	3301.9286	752.3167	483.247
3	8816.4	7053.12	2818.192	951.3013	1951.5	916.7531	3435.6429	898.991	693.106
4	9715.2	7772.16	2838.569	1116.9013	1879.5	1082.3531	3569.3571	1045.6653	881.788
5	10614	8491.2	2858.947	1282.5013	1807.5	1247.9531	3703.0714	1192.3396	1049.29
6	11512.8	9210.24	2879.324	1448.1013	1735.5	1413.5531	3836.7857	1339.0138	1195.62

Tabel 6.45 Hasil perhitungan grafik interaksi kolom ukuran 400/500

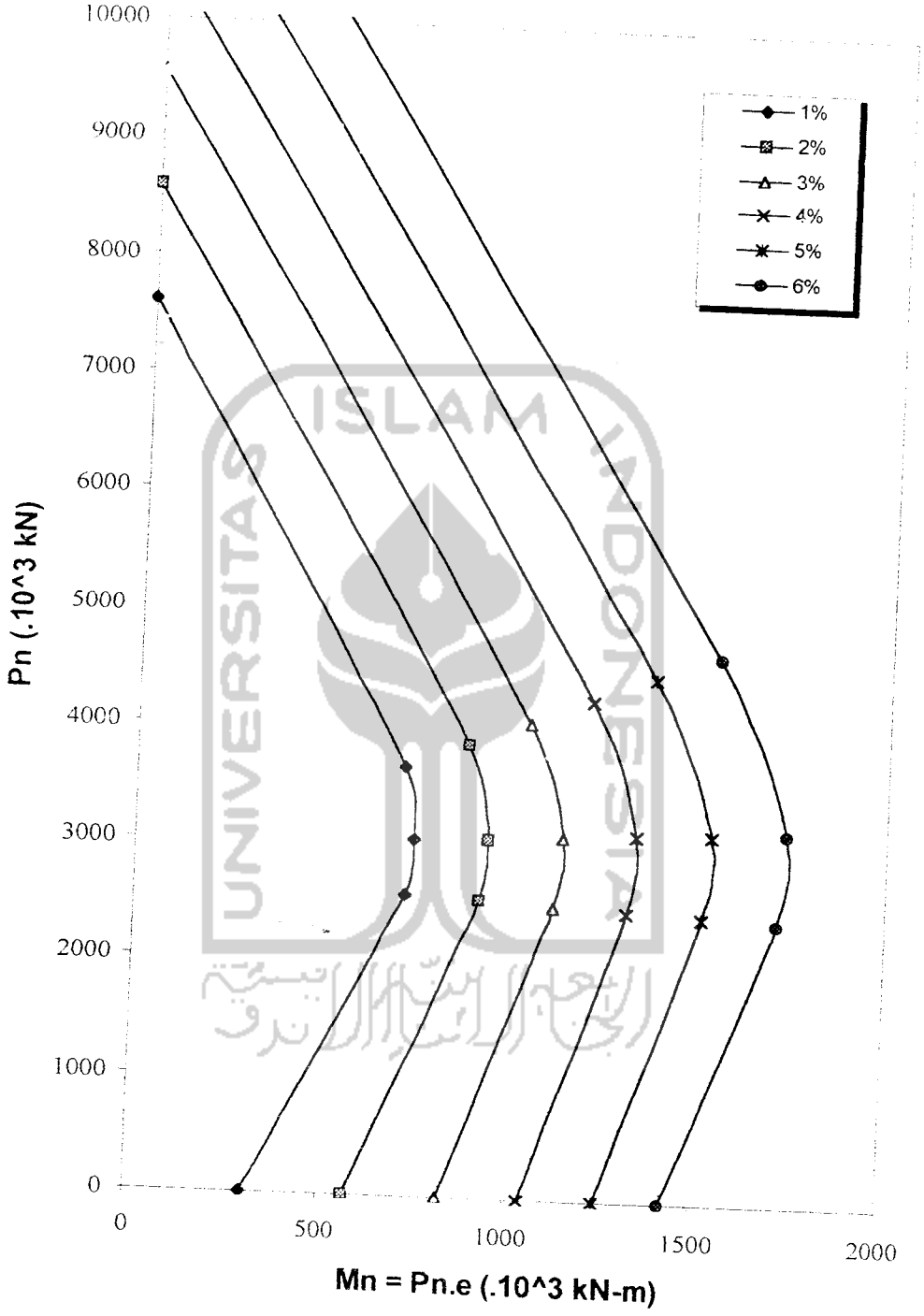
R (%)	Po (kN)	Pn (maks) (kN)	Pn_b (kN)	Mn_b (kNm)	Pn_{tarik} (kN)	Mn_{tarik} (kNm)	Pn_{tekan} (kN)	Mn_{tekan} (kNm)	Mo (kNm)
1	5849	4679,2	2246,16	421,9433	1659	394,11	2756	407,7225	171,647
2	6598	5278,4	2255,465	529,9433	1584	502,11	2911	496,8225	328,588
3	7347	5877,6	2264,767	637,9433	1509	610,11	3066	585,9225	470,824
4	8096	6476,8	2274,069	745,9433	1434	718,11	3221	675,0225	598,353
5	8845	7076	2283,372	853,9433	1359	826,11	3376	764,1225	711,176
6	9594	7675,2	2292,674	961,9433	1284	934,11	3531	853,2225	809,294



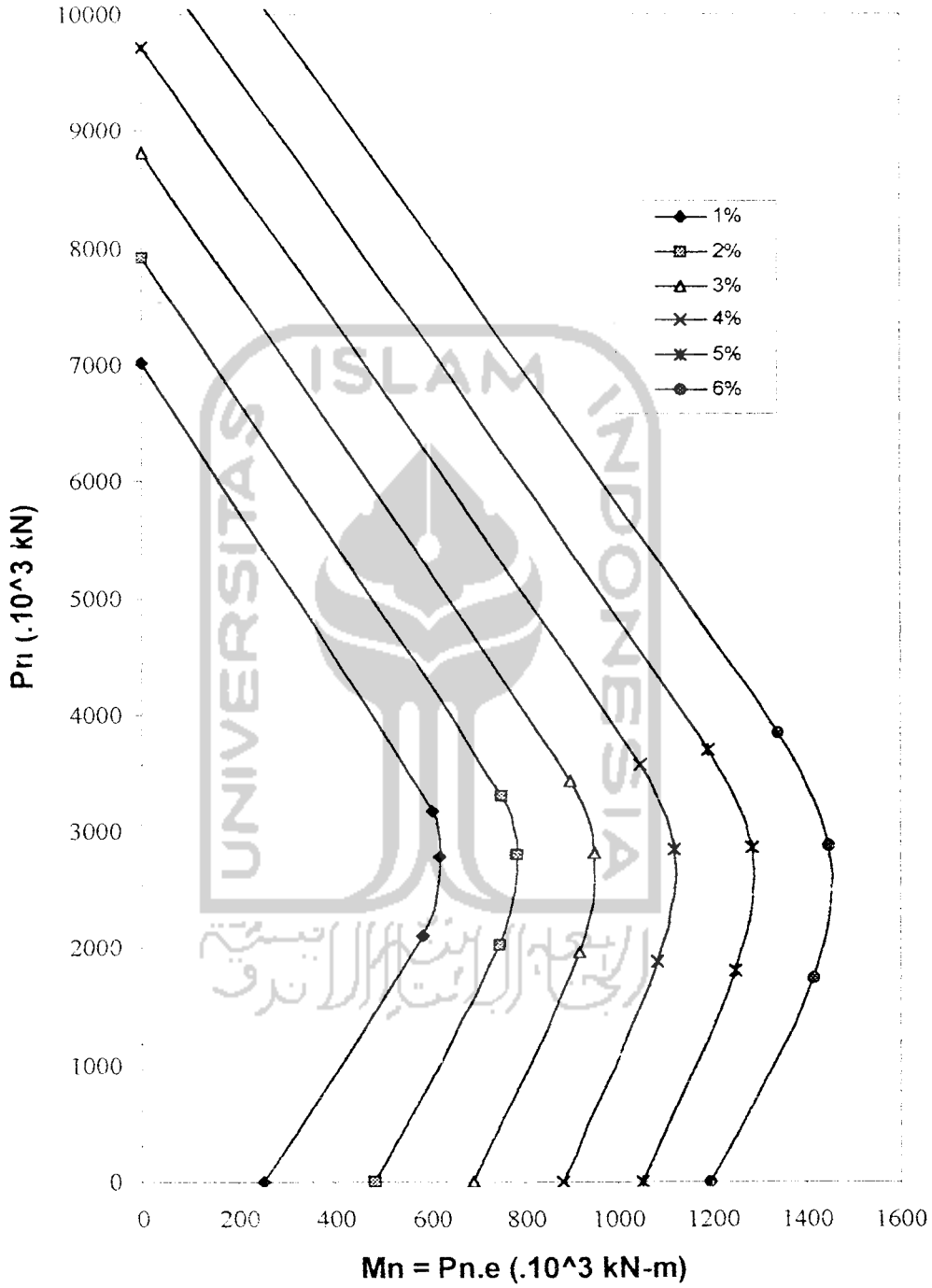
Gambar 6.8 Grafik interaksi kolom ukuran 400/850



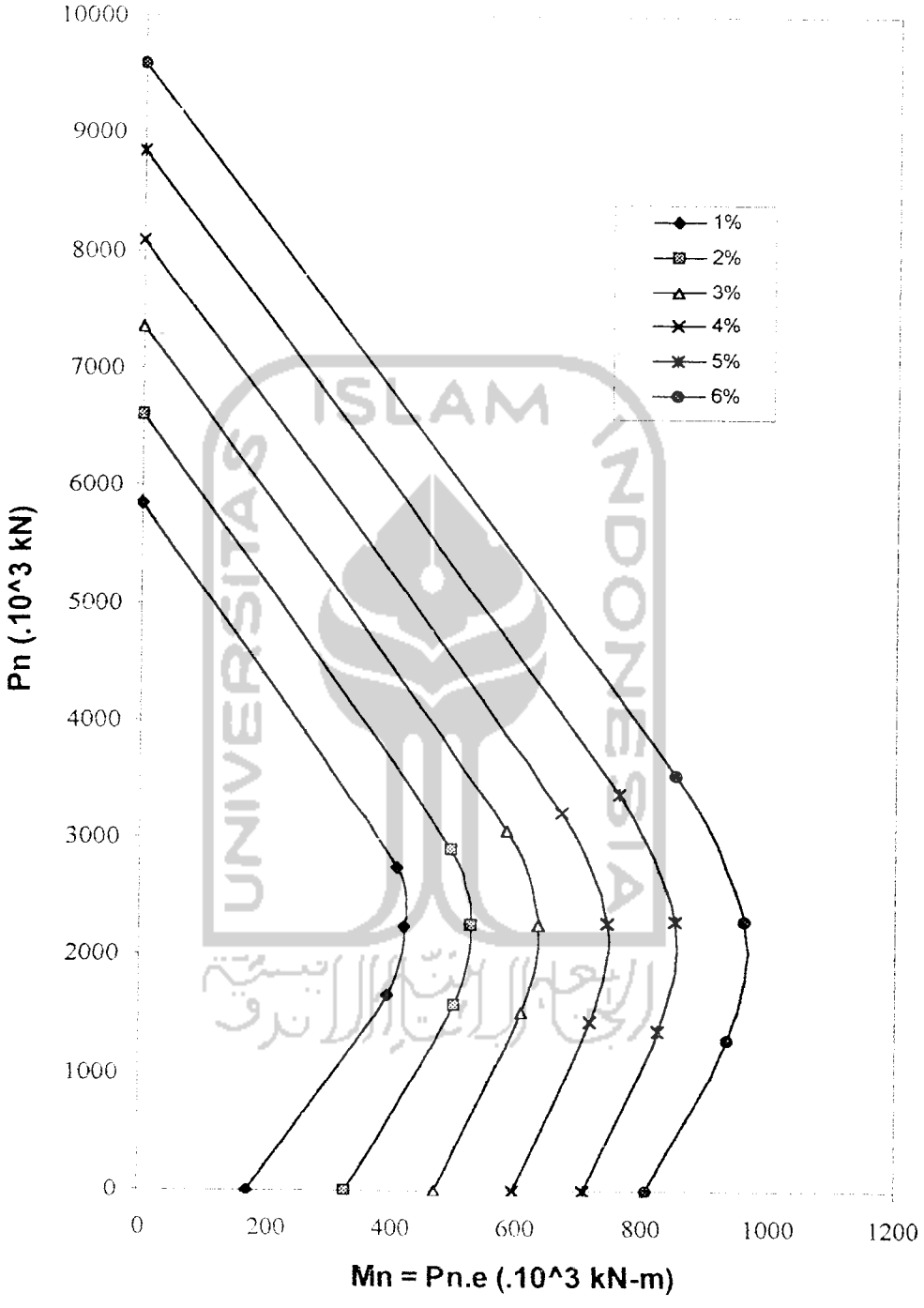
Gambar 6.9 Grafik interaksi kolom ukuran 400/750



Gambar 6.10 Grafik interaksi kolom ukuran 400/650



Gambar 11 Grafik interaksi kolom ukuran 400/600



Gambar 12 Grafik interaksi kolom ukuran 400/500

Contoh perhitungan penulangan kolom

Bressler mengemukakan persamaan untuk *biaxial bending* (lentur) 2 arah sebagai berikut ini,

$$\frac{1}{P_u'} = \frac{1}{P_x'} + \frac{1}{P_y'} - \frac{1}{P_o}$$

dimana,

Po = kekuatan nominal di bawah tekan aksial saja tanpa eksentrisitas,

Px = kekuatan nominal pada eksentrisitas uniaksial ex,

Py = kekuatan nominal pada eksentrisitas uniaksial ey,

Diketahui,

M_{xu} = 757,828 kN-m N_u = 3427 kN $e_{ux} = \frac{757{,}828}{3427} = 0{,}2211$ m

M_{yu} = 840,054 kN-m N_u = 3427 kN $e_{uy} = \frac{840{,}054}{3427} = 0{,}2451$ m

$$\frac{e_{ux}}{h_x} = \frac{0{,}221}{0{,}85} = 0{,}2601$$

$$\frac{e_{uy}}{h_y} = \frac{0{,}2451}{0{,}4} = 0{,}6127$$

Luas tulangan dicoba 2,5%.b.h = 2,5%.400.850 = 8500 mm^2

1. **P_o ditentukan sebagai berikut,**

$e_u = 0$

$$r = \frac{\rho}{\beta} = \frac{0{,}025}{1{,}2} = 0{,}02$$

Dari grafik interaksi four faces, didapat nilai $\frac{P_o}{\phi.A_{gr}.0{,}85.f'c} = 1{,}41$ sehingga nilai

$P_o = 1{,}41.0{,}65.8500.0{,}85.30 = 198651{,}375$

2. Menentukan P_x,

Misal nilai $\frac{P_o}{\phi.A_{gr}.0{,}85.f'c}.\left(\frac{e_x}{h_x}\right) = 0{,}2$ dengan nilai r = 0,02 di dapat $\frac{P_o}{\phi.A_{gr}.0{,}85.f'c} = 0{,}76$ sehingga $P_x = 0{,}2.140887{,}5/0{,}2601 = 108333$. Kemudian nilai P_x ini dimasukkan ke $\frac{P_o}{\phi.A_{gr}.0{,}85.f'c} = \frac{108333}{140887{,}5} = 0{,}769 \approx 0{,}76$ *Ok !!*

Jadi nilai $P_x = 108333$ kN

3. Menentukan P_y,

Misal nilai $\frac{P_o}{\phi.A_{gr}.0{,}85.f'c}.\left(\frac{e_x}{h_x}\right) = 0{,}235$ dengan nilai r = 0,02 di dapat $\frac{P_o}{\phi.A_{gr}.0{,}85.f'c} = 0{,}38$ sehingga $P_x = 0{,}235.140887{,}5/0{,}6127 = 54037$. Kemudian nilai P_x ini dimasukkan ke $\frac{P_o}{\phi.A_{gr}.0{,}85.f'c} = \frac{54037}{140887{,}5} = 0{,}383 \approx 0{,}38$ *Ok !!*

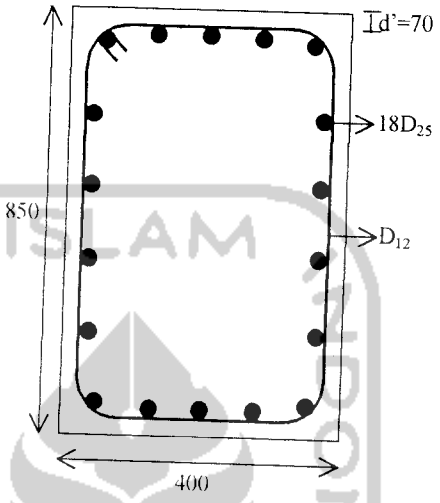
Jadi nilai $P_y = 54037$ kN

$$\frac{1}{P_u'} = \frac{1}{P_x'} + \frac{1}{P_y'} - \frac{1}{P_o}$$

$\frac{1}{P_u'} = \frac{1}{108333} + \frac{1}{54037} - \frac{1}{198651} = 44047$ kN $>$ N_u yang bekerja $=3427$ kN *Ok!!*

Jadi luas tulangan 2,5%.b.h = 8500 mm^2 cukup untuk memikul gaya M + N tersebut.

Dipakai $18D_{25}$, As = 8835 mm^2 > 8500 mm^2 disebar merata pada keempat sisinya.



Gambar 6.12 Penulangan kolom interior lantai 1

Dengan cara yang sama di dapat penulangan untuk kolom yang lain dan ditunjukkan dalam tabel di bawah ini,

Tabel 6.46 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom F-2 dan F-3 pada as kolom

Lantai	Kolom	Dimensi	N_u terpakai (kN)	M_{ux} (kN-m)	$\frac{e_x}{h_x}$	M_{uy} (kN-m)	$\frac{e_y}{h_y}$	r %	As total	Tul Terpasang	Jenis Patah
1	2	400/850	3427,0	757,828	0,2601	840,054	0,6127	0,02	8500	$18D_{25}$	Tekan
	3	400/750	1349,16	660,504	0,3935	808,659	0,5886	0,022	8976	$18D_{25}$	Tarik
2	2	400/850	3299,39	660,328	0,2304	799,065	0,36	0,02	8500	$18D_{25}$	Tekan
	3	400/750	1204,07	631,440	0,6267	806,465	1,0273	0,022	8976	$18D_{25}$	Tarik
3	2	400/850	2978,54	716,511	0,2578	828,379	0,3864	0,02	8500	$18D_{25}$	Tekan
	3	400/750	1065,71	529,793	0,6888	719,572	1,1905	0,022	8976	$18D_{25}$	Tarik
4	2	400/750	2639,96	723,947	0,2954	838,478	0,4239	0,0196	7780	$16D_{25}$	Tekan
	3	400/650	935,599	531,405	0,6804	759,928	1,181	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
5	2	400/750	2286,63	653,268	0,3104	753,057	0,4388	0,0196	7780	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/650	801,531	519,836	0,7426	708,864	1,2247	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
6	2	400/750	1920,88	644,058	0,3395	780,968	0,4798	0,0196	7780	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/650	664,961	455,507	0,8068	704,797	1,4284	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
7	2	400/650	1543,8	528,016	0,3768	632,576	0,5398	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/600	529,907	431,707	0,8456	612,471	1,4152	0,0267	7680	$16D_{25}$	Tarik
8	2	400/650	1159,9	460,744	0,441	578,443	0,6594	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/600	402,901	333,431	0,9926	562,435	1,9345	0,0267	7680	$16D_{25}$	Tarik
9	2	400/600	765,387	404,718	0,5191	544,412	0,8428	0,025	7200	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/500	239,197	236,639	0,7944	448,999	1,7345	0,025	6000	$14D_{25}$	Tarik
10	2	400/600	358,755	259,459	1,1088	195,810	1,878	0,025	7200	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/500	112,667	152,706	2,6588	162,397	5,7861	0,025	6000	$14D_{25}$	Tarik

Tabel 6.47 Gaya geser rencana dan gaya geser maksimum kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom

Lantai	Kolom	Dimensi	N_u terpakai (kN)	M_{ux} (kN-m)	$\frac{e_x}{h_x}$	M_{uy} (kN-m)	$\frac{e_y}{h_y}$	r %	As total	Tul Terpasang	Jenis Patah
1	2	400/850	3427,0	742,759	0,255	789,827	0,5762	0,018	6800	$16D_{25}$	Tekan
	3	400/750	1338,839	623,939	0,6237	752,147	1,4045	0,02	7500	$16D_{25}$	Tarik
2	2	400/850	3299,39	643,958	0,2296	744,498	0,5641	0,018	6800	$16D_{25}$	Tekan
	3	400/750	1193,9536	564,764	0,6307	735,478	1,54	0,02	7500	$16D_{25}$	Tarik
3	2	400/850	2978,54	697,771	0,2756	765,915	0,6429	0,018	6800	$16D_{25}$	Tekan
	3	400/750	1062,9107	512,667	0,6431	662,483	1,5582	0,02	7500	$16D_{25}$	Tarik
4	2	400/750	2639,96	662,832	0,3348	763,936	0,7234	0,0196	7780	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/650	932,3679	513,496	0,8473	700,228	1,8775	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
5	2	400/750	2286,63	653,268	0,3809	753,057	0,8233	0,0196	7780	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/650	796,2262	474,444	0,9167	695,246	2,1829	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
6	2	400/750	1920,88	624,401	0,4334	715,443	0,9311	0,0196	7780	$16D_{25}$	Tarik
	3	400/650	661,742	436,505	1,0148	641,458	2,4234	0,025	7800	$16D_{25}$	Tarik
7	2	400/650	1543,8	477,958	0,4763	569,417	0,9221	0,02	6240	$14D_{25}$	Tarik
	3	400/600	523,523	378,988	1,2065	547,621	2,6151	0,02	6500	$14D_{25}$	Tarik
8	2	400/650	1159,9	444,27	0,5893	523,531	1,1284	0,02	6240	$14D_{25}$	Tarik
	3	400/600	386,072	316,127	1,3647	504,756	3,2685	0,02	6500	$14D_{25}$	Tarik
9	2	400/600	765,387	388,873	0,8468	491,596	1,6057	0,02	6240	$14D_{25}$	Tarik
	3	400/500	239,197	222,479	1,8602	401,801	4,1994	0,02	6500	$14D_{25}$	Tarik
10	2	400/600	358,755	259,459	1,2054	195,81	1,3645	0,02	6240	$14D_{25}$	Tarik
	3	400/500	88,515	152,706	3,4504	162,397	4,5867	0,02	6500	$14D_{25}$	Tarik

6.1.7 Gaya geser dan tulangan geser kolom

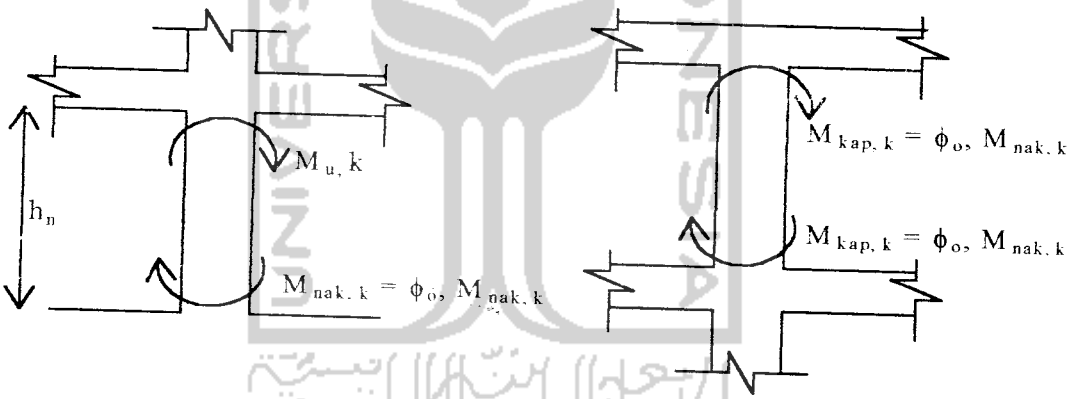
Gaya geser kolom diperoleh dari persamaan,

$$V_{u,k} = (M_{u,k\ atas} + M_{u,k\ bawah}) / l_n$$

tetapi tidak perlu besar dari

$$V_{u,k} = 1{,}05.(V_{D,k} + V_{L,k} + 4/K.V_{E,k}), \text{ dengan harga } K = 1$$

Akan tetapi pada lantai dasar dan lantai paling atas yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana kolom dihitung berdasarkan momen kapasitas dari kolom yaitu momen nominal aktual dari kolom yang dikalikan dengan faktor penambah kekuatan (*over strenght factor*), ϕ_o sebesar 1,25.



Gambar 6.13 Momen kapasitas kolom lantai dasar dan lantai paling atas

$$V_{u,k}\ \text{lantai } 1 = (M_{u,k}\ \text{atas lt } 1 + \phi_o\ M_{nak,k}\ \text{lt } 1) / h_n$$

$$V_{u,k}\ \text{lantai } 10 = (\phi_o.2.M_{nak,k}\ \text{lt } 10) / h_n$$

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

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

dengan,

N_u = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau

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

1. ¼ dimensi komponen struktur terkecil,
2. 8 kali diameter tulangan longitudinal, diambil ukuran terkecil,
3. ≤ 100 mm

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

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

1. tinggi komponen dimensi struktur, h, untuk $N_u < 0{,}3.A_g.fc'$ (kN),
2. 1,5.h untuk $N_u^* > 0{,}3.A_g.fc'$ (kN),
3. 1/6 bentang bersih komponen struktur,
4. lebih besar dari 450 mm.

6.1.7.1 Gaya geser rencana dan geser maksimum kolom

a. Momen kapasitas kolom

Untuk mencari momen kapasitas kolom dilakukan interpolasi linier berdasarkan luas tulangan aktual yang terpasang pada kolom. Setelah momen kapasitas kolom diperoleh, maka momen nominal aktual kolom dikalilkan dengan faktor penambah kekuatan atau dengan kata lain,

$$M_{\text{kapasitas kolom}} = \phi_o \cdot M_{\text{nominal kolom}}$$

1. Kolom lantai 1 tengah,

   Tulangan yang digunakan adalah $18D_{25}$, dengan luas, $As_{total} = 8835{,}7293\ mm^2$.

   Rasio tulangan, $\rho = As_{total} / A_g = 8835{,}7293/(\ 400.850\ ) = 2{,}599\ \%$.

   $N_{u,k}$ yang diangap bekerja $= N_{u,k} / \phi = 3427 / 0{,}65 = 5272{,}308$ kN (Tabel 6.37)

   Dari grafik interaksi kolom diperoleh nilai batas untuk rasio penulangan dan momen adalah sebagai berikut,

   - rasio 2 % = 1279,514 kN-m
   - rasio 3 % = 1641,6143 kN-m
   - dengan interpolasi didapat rasio 2,599 % = 1480,1176 kN-m

   $M_{\text{nominal kolom}} = 1480{,}1176$ kN-m $> M_{u,k} / \phi = 840{,}054/0{,}65 = 1292{,}39$ kN-m

   $M_{\text{kapasitas kolom}} = 1{,}25.1480{,}1176 = 1850{,}1469$ kN-m.

b. Gaya geser rencana kolom

   Untuk kolom lantai atas,

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{u,kbawah}}{h_k'}$$

   untuk lantai bawah,

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,katas} + M_{Kapasitaskolom}}{h_k'}$$

$V_{u,k}$ kolom lantai 1 tengah $= \dfrac{840{,}054 + 1850{,}1469}{4{,}6} = 584{,}826$ kN

c. Gaya geser maksimum kolom

Gaya geser maksimum yang dihitung merupakan penjumlahan dari gaya geser akibat beban mati, gaya geser akibat beban hidup dan gaya geser akibat beban gempayang dikalikan dengan faktor daktilitas yang direncanakan.

1. Gaya geser maksimum kolom lantai 1 tengah arah X

$V_{u,\,k\text{-}x}$ = 1,05.(1,117 + 0,219 + 4.(201,527 − 0,3.155,28) = 1043,469 kN

2. Gaya geser maksimum kolom lantai 1 tengah arah Y

$V_{u,\,k\text{-}x}$ = 1,05.(1,117 + 0,219 + 4.(0,3.201,527 + 155,28) = 907,503 kN

Gaya geser rencana kolom yang lain untuk arah X dan arah Y dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya disusun dalam bentuk tabel pada Tabel 6.52

Tabel 6.52 Gaya geser rencana kolom F-2 dan F-3 as kolom

Lantai	Kolom	$M_{u,k}$ atas (kN-m)	$M_{u,k}$ bwh (kN-m)	$V_{D,k}$ (kN)	$V_{L,k}$ (kN)	$V_{E,k\text{-}x}$ (kN)	$V_{E,k\text{-}y}$ (kN)	$V_{u,k}$ (kN)	$V_{u,\,k\text{-}x\ maks}$ (kN)	$V_{u,\,k\text{-}y\ maks}$ (kN)
1	2	840,054	1850,1469*	1,117	0,219	201,527	155,28	584,82628	1043,469	907,50282
	3	808,659	1797,951*	1,458	2,478	185,348	88,605	554,59787	894,2367	609,81228
2	2	799,065	303,854	7,58	1,444	216,285	197,056	344,66218	1166,1628	1109,6295
	3	806,465	285,884	67,988	12,483	183,981	91,862	341,35906	972,96087	702,13101
3	2	828,379	299,308	10,578	2,011	196,591	193,061	352,40218	1082,1575	1071,7793
	3	719,572	261,832	61,202	12,07	175,08	101,157	301,97046	939,72942	722,3958
4	2	838,478	270,518	12,563	2,396	181,982	183,213	341,22053	1010,8797	1014,4989
	3	759,928	264,444	53,166	10,384	162,896	97,473	315,19138	873,70668	681,36306
5	2	753,057	281,78	15,401	2,938	167,244	168,603	318,41138	934,12053	938,11599
	3	708,864	262,417	57,7	11,247	148,382	89,845	298,85569	808,80345	636,70467
6	2	780,968	277,869	17,91	3,408	148,136	152,875	325,796	837,1776	851,11026
	3	704,797	246,315	60,534	11,773	130,501	78,218	288,2157	722,58123	568,86921
7	2	632,576	215,159	17,973	3,425	119,996	120,544	256,88939	678,33654	679,94766
	3	612,471	202,164	54,425	10,567	108,927	70,183	246,85909	614,16558	500,25822
8	2	578,443	165,339	20,016	3,803	94,572	98,102	225,38848	545,82087	556,19907
	3	562,435	138,504	61,371	11,883	84,313	55,342	209,23552	500,76222	415,58748
9	2	544,412	104,497	19,683	3,725	61,719	72,84	193,70417	375,5766	408,27234
	3	448,999	83,171	46,161	9,025	55,142	37,162	156,52058	336,36582	283,50462
10	2	727,907*	727,907*	23,764	4,492	29,571	33,867	434,57134	196,44492	209,07516
	3	456,6113*	456,6113*	46,941	8,171	24,095	19,391	268,59488	183,49926	169,6695

Tabel 6.53 Gaya geser rencana kolom F-2 dan F-3 muka kolom

Lantai	Kolom	$M_{u,k}$ atas (kN-m)	$M_{u,k}$ bwh (kN-m)	$V_{D,k}$ (kN)	$V_{L,k}$ (kN)	$V_{E,k-x}$ (kN)	$V_{E,k-y}$ (kN)	$V_{u,k}$ (kN)	$V_{u,k-x\ maks}$ (kN)	$V_{u,k-y\ maks}$ (kN)
1	2	789,827	1850,1469*	1,117	0,219	201,527	155,28	573,90737	1043,469	907,50282
	3	752,147	1797,951*	1,458	2,478	185,348	88,605	542,57404	894,2367	609,81228
2	2	744,498	285,684	7,58	1,444	216,285	197,056	321,93187	1166,1628	1109,6295
	3	735,478	262,366	67,988	12,483	183,981	91,862	311,82625	972,96087	702,13101
3	2	765,915	277,412	10,578	2,011	196,591	193,061	326,03968	1082,1575	1071,7793
	3	662,483	241,203	61,202	12,07	175,08	101,157	278,05723	939,72942	722,3958
4	2	763,936	248,737	12,563	2,396	181,982	183,213	311,59169	1010,8797	1014,4989
	3	700,228	246,061	53,166	10,384	162,896	97,473	291,16584	873,70668	681,36306
5	2	753,057	281,78	15,401	2,938	167,244	168,603	318,41138	934,12053	938,11599
	3	695,246	255,695	57,7	11,247	148,382	89,845	292,59723	808,80345	636,70467
6	2	715,443	257,417	17,91	3,408	148,136	152,875	299,34153	837,1776	851,11026
	3	641,458	226,215	60,534	11,773	130,501	78,218	262,93121	722,58123	568,86921
7	2	569,417	193,658	17,973	3,425	119,996	120,544	231,23484	678,33654	679,94766
	3	547,621	179,63	54,425	10,567	108,927	70,183	220,37909	614,16558	500,25822
8	2	523,531	150,708	20,016	3,803	94,572	98,102	204,31484	545,82087	556,19907
	3	504,756	124,407	61,371	11,883	84,313	55,342	187,80985	500,76222	415,58748
9	2	491,596	93,675	19,683	3,725	61,719	72,84	174,70776	375,5766	408,27234
	3	401,801	72,907	46,161	9,025	55,142	37,162	139,62	336,36582	283,50462
10	2	727,907*	727,907*	23,764	4,402	29,571	35,867	434,57134	196,44492	209,07516
	3	456,6113*	456,6113*	46,941	8,171	24,095	19,591	268,59488	183,49926	169,6695

Ket * : M kapasitas kolom = $\phi_o \cdot M_{nak}$ kolom

Tabel 6.54 Gaya geser rencana kolom E-2 dan E-3 as kolom

Lantai	Kolom	$M_{u,k}$ atas (kN-m)	$M_{u,k}$ bwh (kN-m)	$V_{D,k}$ (kN)	$V_{L,k}$ (kN)	$V_{E,k-x}$ (kN)	$V_{E,k-y}$ (kN)	$V_{u,k}$ (kN)	$V_{u,k-x\ maks}$ (kN)	$V_{u,k-y\ maks}$ (kN)
1	2	1182,97	2553,526*	0,068	0,002	309,695	1559,3	812,28173	3265,5105	6939,3492
	3	794,148	1797,951*	2,464	0,865	180,403	66,02	551,51042	844,37325	508,08723
2	2	1222,39	496,685	0,165	0,021	220,534	899,348	537,21093	2059,6166	4055,3297
	3	1236,92	646,679	30,365	5,474	181,618	295,8	588,62468	1173,1346	1508,8296
3	2	1182,99	496,292	0,003	0,014	251,767	825,008	524,77562	2096,9493	3782,2779
	3	1268,74	449,651	26,466	5,163	172,92	244,264	528,73569	1067,2471	1276,9985
4	2	1148,11	531,157	0,035	0,003	255,822	807,264	516,69753	2091,6449	3712,8844
	3	1104,91	431,59	22,231	4,277	160,581	179,03	472,76923	927,8514	982,09146
5	2	1029,58	458,543	0,01	0,009	226,796	677,805	457,884	1806,5975	3132,5639
	3	981,606	421,016	23,475	4,479	146,159	167,678	431,576	854,49378	917,75964
6	2	944,975	412,035	0,017	0,022	193,221	550,982	417,54153	1505,8065	2557,6238
	3	949,885	378,718	24,102	4,569	128,422	149,96	402,60697	758,42655	821,74827
7	2	853,582	354,191	0,045	0,004	179,357	448,224	365,99181	1318,1131	2108,5821
	3	749,948	306,252	21,184	3,995	106,995	115,469	320,06060	621,30789	646,22145
8	2	783,268	250,478	0,009	0,023	130,364	267,322	313,25636	884,38812	1287,0446
	3	779,499	251,313	23,296	4,369	82,635	110,303	307,70507	515,09703	596,44095
9	2	660,677	184,559	0,069	0,049	93,265	152,55	252,30925	584,0499	758,3478
	3	414,891	155,359	17,165	3,248	53,952	70,119	167,72058	336,38199	383,91297
10	2	1400,474*	1400,474*	0,115	0,214	24,832	58,266	836,10388	178,05501	276,35097
	3	1202,429*	1202,429*	15,995	2,578	22,33	46,541	707,31117	171,92931	243,10965

Ket * : M kapasitas kolom = ϕ_o. M_{nak} kolom

Tabel 5.55 Gaya geser rencana kolom E-2 dan E-3 muka kolom

Lantai	Kolom	$M_{u,k}$ atas (kN-m)	$M_{u,k}$ bwh (kN-m)	$V_{D,k}$ (kN)	$V_{L,k}$ (kN)	$V_{E,k-x}$ (kN)	$V_{E,k-y}$ (kN)	$V_{u,k}$ (kN)	$V_{u,k-x\ maks}$ (kN)	$V_{u,k-y\ maks}$ (kN)
1	2	1089,54	2553,526*	0,068	0,002	309,695	1559,3	791,97087	3265,5105	6939,3492
	3	725,332	1797,951*	2,464	0,865	180,403	66,02	536,86872	844,37325	508,08723
2	2	1113,38	406,476	0,165	0,021	220,534	899,348	474,955	2059,6166	4055,3297
	3	1111,16	518,753	30,365	5,474	181,618	295,8	509,34781	1173,1346	1508,8296
3	2	1079,04	407,071	0,003	0,014	251,767	825,008	464,40968	2096,9493	3782,2779
	3	1153,55	365,121	26,466	5,163	172,92	244,264	467,28338	1067,2471	1276,9985
4	2	1025,41	429,226	0,035	0,003	255,822	807,264	447,58030	2091,6449	3712,8844
	3	993,823	348,573	22,231	4,277	160,581	179,03	413,04492	927,8514	982,09146
5	2	917,688	358,809	0,01	0,009	226,796	677,805	392,76830	1806,5975	3132,5639
	3	857,493	317,792	23,475	4,479	146,159	167,678	361,62615	854,49378	917,75964
6	2	842,243	322,438	0,017	0,022	193,221	550,982	358,36338	1505,8065	2557,6238
	3	841,003	290,403	24,102	4,569	128,422	149,96	342,85030	758,42655	821,74827
7	2	738,59	268,328	0,045	0,004	179,357	448,224	305,12666	1318,1131	2108,5821
	3	644,592	227,344	21,184	3,995	106,995	115,469	264,22303	621,30789	646,22145
8	2	694,162	226,079	0,009	0,023	130,364	267,322	278,86090	884,38812	1287,0446
	3	685,561	224,539	23,296	4,369	82,635	110,303	271,67164	515,09703	596,44095
9	2	660,677	184,559	0,069	0,049	93,265	152,55	252,30925	584,0499	758,3478
	3	612,352	154,961	17,165	3,248	53,952	70,119	225,68029	336,38199	383,91297
10	2	1400,474*	1400,474*	0,115	0,214	24,832	58,266	836,1038	178,05501	276,35097
	3	1202,429*	1202,429*	15,995	2,578	22,33	46,541	707,31117	171,92931	243,10965

Ket * : M kapasitas kolom = ϕ_o. M_{nak} kolom

6.1.7.2 Gaya geser dan tulangan geser kolom

Pada tugas akhir ini tulangan geser yang digunakan untuk kolom adalah sengkang *deform* sehingga kemampuan sengkang sebagai tulangan geser dalam menahan gaya geser yang terjadi sangat dipengaruhi oleh,

1. luas sengkang yang digunakan,
2. mutu baja sengkang yang digunakan,
3. besarnya gaya geser yang terjadi,
4. tinggi efektif dari penampang kolom yang digunakan,
5. spasi atau tingkat kerapatan sengkang yang digunakan dalam menahan gaya geser.

Kolom sebagai bagian dari suatu elemen struktur yang memikul beban kombinasi berupa momen dan gaya aksial yang besar akibat dari pengaruk beban gempa siklis, kemampuan beton dalam menahan geser akibat sifat pembebanan seperti diatas tidak dapat diharapkan (V_c berkurang secara *signifikan*). Untuk menghindari keruntuhan getas akibat beban geser yang besar, pada seluruh tinggi kolom harus dipasang sengkang dengan jarak spasi yang tidak terlalu besar.

Jarak spasi yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$S = \frac{Av.fy.d}{\left(\frac{V_{u.k}}{\phi}\right)}$$

sedangkan gaya geser yang dapat disumbangkan oleh sengkang adalah,

$$Vs = \frac{Av.fy.d}{S}$$

dengan,

S = jarak spasi sengkang yang dibutuhkan (mm),

Av = luas sengkang yang digunakan (mm^2),

fy = mutu baja sengkang yang digunakan (Mpa),

d = tinggi efektif penampang kolom,

$V_{u,k}$ = gaya geser ultimit rencana (kN),

ϕ = faktor reduksi kekuatan untuk beban geser = 0,60,

Vs = gaya geser yang mampu ditahan oleh sengkang (kN).

a. Tulangan sengkang kolom tengah lantai 1

Digunakan sengkang *deform* D_{12} dengan mutu baja, fy = 400 Mpa, dengan luas 1 sengkang (Av) menurut SK SNI (1991) adalah 2 kali luas dari diameter tulangan sengkang yang digunakan, sehingga

$$Av = 2.(0,25.\pi.d^2) = 2.(0,25.\pi.12^2) = 226,2 \text{ mm}^2$$

Pada lantai 1_{bawah}, Vc = 0, sehingga seluruh gaya geser yang terjadi ditahan oleh tulangan sengkang yang berarti $V_{u,k}$ desain tidak direduksi dengan nilai Vc.

$$V_{u,k} \text{ desain} = V_{u,k} / \phi$$

$$V_{u,k} \text{ desain} = 584,826 / 0,6 = 974,71 \text{ kN}$$

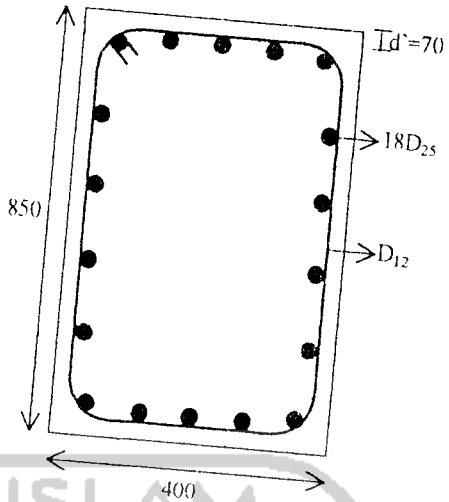
Jarak sengkang perlu adalah,

$$S = \frac{226,2.400.780}{974,71.10^3} = 72,4055 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

Digunakan jarak spasi sengkang, S = 70 mm, sehingga gaya geser yang mampu ditahan oleh sengkang adalah,

$$V = \frac{226,2.400.780}{70} = 1008,2057 \text{ kN} > V_{u,k} / \phi = 974,71 \text{ kN}.$$

Jarak spasi antar sengkang yang digunakan, S = 70 mm < 100 mm telah memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh SK SNI (1991).



Gambar 6.14 Detail penulangan kolom lantai 1

b. Tulangan geser kolom lantai 1_{atas}

Pada kolom lantai 1_{atas}, konstribusi Vc diperhitungkan dalam memberikan tahanan geser. Kemampuan beton dalam menahan geser, Vc dihitung dengan persamaan,

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

Gaya aksial (N_u) yang digunakan diambil nilai terkecil dari Tabel 6.31 dan 6.35 diperoleh nilai terkecil $N_u = 3299,37$ kN

$$V_c = \{ 1 + (3299,37 / (14.400.850) \}.(\sqrt{30}/6).400.780.(10^{-3}) = 285,0131 \text{ kN}$$

Gaya geser yang digunakan dalam perhitungan adalag gaya geser yang didapat dari pengurangan gaya geser rencana ($V_{u,\ k}$) dengan gaya geser yang mampu disumbangkan oleh beton (V_c), sehingga,

$V_{u,\ kr} = (584,826 / 0,6) - 285,0201 = 689,6899$ kN

Jarak sengkang perlu adalah,

$$S = \frac{226,2.400.780}{689,6899.10^3} = 102,3277 \approx 100 \text{ mm}$$

Gaya geser yang mampu ditahan,

$$V_s = \frac{226,2.400.780}{100} = 705,744 \text{ kN}$$

Sehingga gaya geser aktual yang mampu ditahan oleh sengkang dan beton adalah,

$V_c + V_s > V_{u,k} / \phi$

$285,0131 + 705,744 = 990,7571 \text{ kN} > V_{u,k} / \phi = 974,71 \text{ kN}$

Dengan cara yang sama tulangan geser dan jarak spasi yang digunakan untuk kolom yang lain diperoleh dan hasilnya disusun dalam tabel dibawah ini,

Tabel 6.56 Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom F-2 dan F-3 pada as kolom

Lantai	Kolom	$V_{u,k}$ (kN)	$N_{u,k}$ (kN)	V_C (kN)	Tul. Geser	Vs (kN)	Cek $V_C + V_S > V_{u,k} / \phi$
1	2a	584,826	3299,37	285,0131	ϕ12 - 100	705,744	990,75715 > 974,71
	2b	584,826	3299,37	0	ϕ12 - 70	1008,206	1008,2057 > 974,71
	3a	554,598	456,7855	248,3279	ϕ12 - 90	683,6267	931,95456 > 924,33
	3b	554,598	456,7855	0	ϕ12 - 65	946,56	946,56 > 924,33
2	2	344,662	3205,82	285,0076	ϕ12 - 230	306,8452	591,8528 > 574,4367
	3	341,359	494,5347	248,3301	ϕ12 - 180	341,8133	590,1434 > 568,93167
3	2	352,402	2883,77	284,9883	ϕ12 - 230	306,8452	591,8335 > 587,33667
	3	301,971	486,2911	248,3296	ϕ12 - 230	267,5061	515,83573 > 503,285
4	2	341,229	2539,94	248,4511	ϕ12 - 180	341,8133	590,26439 > 568,715
	3	315,191	459,391	211,8128	ϕ12 - 160	327,99	539,80278 > 525,31833
5	2	318,411	2200,11	248,431	ϕ12 - 200	307,632	556,06296 > 530,685
	3	298,856	427,9661	211,811	ϕ12 - 180	291,5467	503,35762 > 498,09333
6	2	325,796	1836,5	248,4095	ϕ12 - 200	307,632	556,04147 > 542,99333
	3	288,216	384,9766	211,8085	ϕ12 - 190	276,2021	488,01056 > 480,36
7	2	256,889	1471,31	211,8717	ϕ12 - 230	228,167	440,03862 > 428,14833
	3	246,859	328,9892	193,5476	ϕ12 - 210	228,3543	421,90187 > 411,43167
8	2	225,388	1094,14	211,8497	ϕ12 - 290	180,96	392,80972 > 375,64667
	3	209,236	259,6165	193,5436	ϕ12 - 265	180,96	374,50359 > 348,72667
9	2	193,704	711,076	193,5696	ϕ12 - 265	180,96	374,52959 > 322,84
	3	156,521	166,228	157,0231	ϕ12 - 215	180,96	337,98312 > 260,86833
10	2	196,445	328,931	193,5476	ϕ12 - 265	180,96	374,50758 > 327,40833
	3	169,6695	63,8385	157,0174	ϕ12 - 215	180,96	337,97738 > 282,7825

Tabel 6.57 Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom E-2 dan E-3 pada as kolom

Lantai	Kolom	$V_{u,k}$ (kN)	$N_{u,k}$ (kN)	V_C (kN)	Tul. Geser	Vs (kN)	Cek $V_C + V_S > V_{u,k} / \phi$
1	2a	812,28173	3594,31	285,0308	ϕ12 - 60	1176,24	1461,2708 > 2353,8029
	2b	812,28173	3594,31	0	ϕ12 - 50	1411,488	1411,488 > 2353,8029
	3a	551,51042	786,84	248,3474	ϕ12 - 90	683,6267	931,97408 > 919,18403
	3b	551,51042	786,84	0	ϕ12 - 60	1025,44	1025,44 > 919,18403
2	2	537,21093	3283,94	285,0122	ϕ12 - 110	641,5855	926,59768 > 895,35155
	3	588,62468	716,61	248,3433	ϕ12 - 80	769,08	1017,4233 > 981,04113
3	2	524,77562	2950,18	284,9923	ϕ12 - 110	641,5855	926,57771 > 874,62603
	3	528,73569	640,39	248,3388	ϕ12 - 90	683,6267	931,96542 > 881,22615
4	2	516,69753	2603,7	248,4548	ϕ12 - 100	615,264	863,71882 > 861,16255
	3	472,76923	554,96	211,8183	ϕ12 - 80	655,98	867,79834 > 787,94872
5	2	457,884	2250,56	248,4339	ϕ12 - 110	559,3309	807,76485 > 763,14
	3	431,576	468,43	211,8133	ϕ12 - 100	524,784	736,59731 > 719,2933
6	2	417,54153	1879,32	248,412	ϕ12 - 130	473,28	721,692 > 695,9025
	3	402,60697	384,378	211,8084	ϕ12 - 110	477,0764	688,88478 > 671,01162
7	2	365,99181	1502,83	211,8735	ϕ12 - 130	403,68	615,55349 > 609,98635
	3	320,0606	290,171	193,5454	ϕ12 - 130	368,88	562,42535 > 533,43433
8	2	313,25636	1115,25	211,8509	ϕ12 - 160	327,99	539,84094 > 522,09393
	3	307,70507	207,325	193,5406	ϕ12 - 140	342,5314	536,07201 > 512,84178
9	2	252,30925	725,126	193,5704	ϕ12 - 200	239,772	433,3424 > 420,51542
	3	167,72058	125,758	157,0209	ϕ12 - 215	180,96	337,98085 > 279,5343
10	2	178,05501	318,72	193,547	ϕ12 - 265	180,96	374,50699 > 296,75835
	3	171,92931	39,691	157,016	ϕ12 - 215	180,96	337,97603 > 286,54885

Tabel 6.58 Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom F-2 dan F-3 pada muka kolom

Lantai	Kolom	$V_{u,k}$ (kN)	$N_{u,k}$ (kN)	V_C (kN)	Tul. Geser	Vs (kN)	Cek $V_C + V_S > V_{u,k} / \phi$
1	2a	573,90737	3302,71	285,0133	ϕ12 - 100	705,744	990,75735 > 956,51228
	2b	573,90737	3302,71	0	ϕ12 - 70	1008,206	1008,2057 > 956,51228
	3a	542,57404	456,7855	248,3279	ϕ12 - 90	683,6267	931,95456 > 904,29007
	3b	542,57404	456,7855	0	ϕ12 - 65	946,56	946,56 > 904,29007
2	2	321,93187	3208,67	285,0077	ϕ12 - 270	261,3867	546,39439 > 536,55312
	3	311,82625	494,5347	248,3301	ϕ12 - 220	279,6655	527,99558 > 519,71042
3	2	326,03968	2886,57	284,9884	ϕ12 - 270	261,3867	546,37512 > 543,39947
	3	278,05723	486,2911	248,3296	ϕ12 - 280	219,7371	468,06678 > 463,42872
4	2	311,59169	2549,14	248,4516	ϕ12 - 220	279,6655	528,11705 > 519,31948
	3	291,16584	459,391	211,8128	ϕ12 - 190	276,2021	488,01489 > 485,2764
5	2	318,41138	2200,11	248,431	ϕ12 - 210	292,9829	541,41382 > 530,68563
	3	292,59723	427,9661	211,811	ϕ12 - 180	291,5467	503,35762 > 487,66205
6	2	299,34153	1839,71	248,4097	ϕ12 - 240	256,36	504,76966 > 498,90255
	3	262,93121	384,9766	211,8085	ϕ12 - 230	228,167	439,97541 > 439,21868
7	2	231,23484	1477,88	211,872	ϕ12 - 290	180,96	392,83204 > 385,3914
	3	220,37909	328,9892	193,5476	ϕ12 - 265	180,96	374,50759 > 367,29848
8	2	204,31484	1096,97	211,8499	ϕ12 - 290	180,96	392,80988 > 340,52473
	3	187,80985	259,6165	193,5436	ϕ12 - 265	180,96	374,50359 > 313,01642
9	2	174,70776	713,25	193,5697	ϕ12 - 265	180,96	374,52972 > 291,1796
	3	139,62	167,715	157,0232	ϕ12 - 215	180,96	337,9832 > 232,7
10	2	196,44492	328,929	193,5476	ϕ12 - 265	180,96	374,50758 > 327,4082
	3	169,6695	63,8368	157,0174	ϕ12 - 215	180,96	337,97738 > 282,7825

Tabel 6.59 Gaya geser rencana dan tulangan geser kolom E-2 dan E-3 pada muka kolom

Lantai	Kolom	$V_{u,k}$ (kN)	$N_{u,k}$ (kN)	V_C (kN)	Tul. Geser	Vs (kN)	Cek $V_C + V_S > V_{u,k} / \phi$
1	2a	791,97087	3594,36	285,0308	ϕ12 - 60	1176,24	1461,2708 > 1319,9515
	2b	791,97087	3594,36	0	ϕ12 - 50	1411,488	1411,488 > 1319,9515
	3a	536,86872	793,877	248,3478	ϕ12 - 90	683,6267	931,97449 > 894,7812
	3b	536,86872	793,877	0	ϕ12 - 60	1025,44	1025,44 >894,7812
2	2	474,955	3284,36	285,0123	ϕ12 - 130	542,88	827,89225 > 791,59167
	3	509,34781	724,281	248,3437	ϕ12 -100	615,264	863,60771 > 848,91302
3	2	464,40968	2950,57	284,9923	ϕ12 -140	504,1029	789,09514 > 774,01613
	3	467,28338	640,782	248,3388	ϕ12 -110	559,3309	807,66968 > 778,80563
4	2	447,5803	2610,18	248,4552	ϕ12 -120	512,72	761,1752 > 745,96717
	3	413,04492	555,466	211,8184	ϕ12 -100	524,784	736,60237 > 688,4082
5	2	392,7683	2250,84	248,434	ϕ12 -140	439,4743	687,90825 > 654,61383
	3	361,62615	474,016	211,8136	ϕ12 -130	403,68	615,49364 > 602,71025
6	2	358,36338	1879,58	248,412	ϕ12 -170	361,92	610,33201 > 597,2723
	3	342,8503	384,636	211,8084	ϕ12 -140	374,8457	586,65415 > 571,41717
7	2	305,12666	1507,54	211,8738	ϕ12 -170	308,6965	520,57024 > 508,54443
	3	264,22303	294,69	193,5456	ϕ12 -190	252,3916	445,93719 > 440,37172
8	2	278,8609	1119,71	211,8512	ϕ12 -200	262,392	474,2432 > 464,76817
	3	271,67164	211,791	193,5408	ϕ12 -180	266,4133	459,95417 > 452,78607
9	2	252,30925	725,126	193,5704	ϕ12 -200	239,772	433,3424 > 420,51542
	3	225,68029	125,171	157,0208	ϕ12 -170	228,8612	385,882 > 376,13382
10	2	178,05501	321,86	193,5472	ϕ12 -265	180,96	374,50718 > 296,75835
	3	171,92931	42,8297	157,0162	ϕ12 -215	180,96	337,9762 > 286,54885

6.1.8 Pertemuan balok kolom

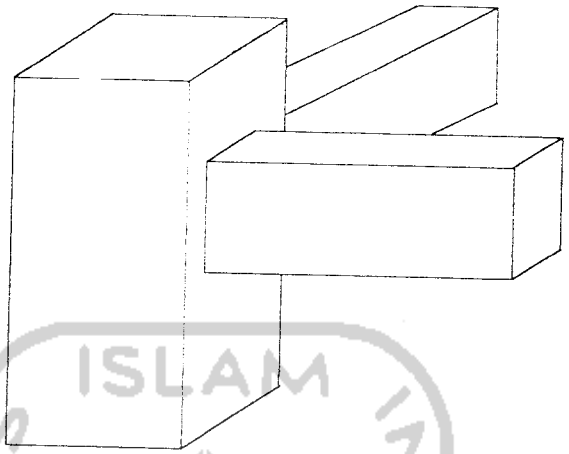
Titik buhul diantara batang-batang seperti panel pertemuan balok dan kolom sangat peka terhadap keretakan awal dibandingkan dengan batang yang didukungnya akibat kerusakan pada semua titik buhulnya. Untuk menghindari hal itu, maka perencanaan titik buhul dilakukan dengan konsep desain kapasitas dengan 2 mekanisme yang terjadi yakni mekanisme *start* beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung titik buhul dan mekanisme panelrangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan *start* diagonal beton daerah tarik titik buhul.

Secara singkat kriteria perencanaan titik buhul balok kolom untuk struktur beton bertulang portal terbuka harus memenuhi ketentuan SK SNI (1991) sebagai berikut ini,

1. Kekuatan titik buhul tidak boleh lebih kecil dari kekuatan komponen struktur yang dihubungkan,
2. Titik buhul harus tetap dalam keadaan elastis karena kesulitan dalam perbaikan dan penurunan kemampuan memancarkan energi pada mekanisme keruntuhan titik buhul,
3. Kekuatan kolom tidak boleh diperlemah oleh perilaku titik buhul yang berdekatan,
4. Deformasi titik buhul tidak boleh memperbesar simpangan antar tingkat.

a. Titik buhul 1 luar (tipe a)

Data-data umum meliputi lebar kolom, b_k = 400 mm, tinggi kolom, h_k = 750 mm, lebar balok, b_b = 300 mm, tinggi balok, h_b = 550 mm dengan mutu baja sengkang, fy = 400 Mpa.



Gambar 6.15 Titik buhul balok kolom luar tipe a

Lebar titik buhul yang digunakan harus memenuhi persamaan dibawah ini dan diambil nilai yang minimum,

$b_{titik\ buhul} = b_k = 400$ mm

$b_{titik\ buhul} = b_b + ½.h_k = 300 + ½.750 = 675$ mm

Lebar titik buhul, $b_j = 400$ mm $= 0{,}4$ m

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

Gaya geser kolom pada titik buhul diperoleh dari persamaan,

$$V_{kol} = \frac{0{,}7.\left(\frac{I_{ki}}{I_{nki}} M_{kap.ki} + \frac{I_{ka}}{I_{nka}} M_{kap.ka} \right)}{\frac{1}{2}.\left(H_{k.a} + H_{k.b} \right)}$$

dengan,

I_{ki} dan I_{ka} = bentang as ke as balok kiri dan kanan titik buhul.

I_{nki} dan I_{nka} = bentang bersih balok kiri dan kanan titik buhul.

$H_{k.a}$, $H_{k.b}$ = bentang bersih as ke as kolom diatas dan dibawah titik buhul.

l_{ki} = 4,00 m

l_{nki} = 3,6 m

H_{kb} = 5,25 m

H_{ka} = 3,75 m

Karena pertemuan dengan kolom luar, maka $M_{nak.\,ki} = 0$

$M_{nak}\ b_{ka}$ = 777,6 kN-m (diambil dari Tabel 6.4)

$M_{kap.}\ b_{ka} = \phi_o . M_{nak}\ b_{ka} = 1{,}25.777{,}6 = 972$ kN-m

$$V_{kol} = \frac{0{,}7.\left(\frac{4}{3{,}6}.972 + 0\right)}{1/2.(5{,}25 + 3{,}75)} = 168 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0{,}7.M_{kap.ka}}{Zka}$$

dengan Zka = jarak dari titik berat tulangan ke resultan bagian desak beton,

Zka = d – a 2 = 462,5 – 125,93/2 = 399,535 mm = 0,3995 m

$$T_{ka} = \frac{0{,}7.972}{0{,}3995} = 1703{,}1289 \text{ kN}$$

$V_j.\ h = T_{ka} - V_{kol}$ = 1703,1289 – 168 = 1535,1289 kN

$V_j.\ v = (b_j \cdot h_k).V_{j.\,h}$ = (0,4/0,4).1535,1289 = 1535,1289 kN

2. Kontrol tegangan geser horisontal minimum

$$v_{j.\,h} = \frac{V_j.h}{b_j.h_k} < 1{,}5.\sqrt{f'c}$$

Dengan lebar efektif pertemuan (b_j) diambil sebagai berikut,

a. bila bc > bb, maka diambil nilai terkecil diantara,

bj = bc atau bj = bb + 0,5.h_k

b. bila bb > bc, maka diambil nilai terkecil diantara,

bj = bb atau bj = bc + 0,5. h_k

sehingga b_k = 400 mm dan b_b = 300 mm, berarti $b_c > b_b$, maka

bj = bc = 400 mm atau bj = 300 + 0,5.400 = 500 mm

dipakai bj = 400 mm

$$v_j.\ h = \frac{1535,1289.10^3}{400.750} < 1,5.\sqrt{30} = 5,1171 \text{ Mpa} < 8,22 \text{ Mpa}$$

3. Penulangan geser horiontal

Nilai tahanan geser beton (V_c, h) yang dipikul oleh start beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akobat beban aksial eksternal lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton 0,1.fc'

Gaya aksial, N_u yang bekerja diambil yang maksimum = 1338,839 kN (Tabel 6.33)

$$v_c.\ h = \frac{Nu}{Ag} = \frac{1338,839.10^3}{400.750} = 4,4627 \text{ Mpa} > 0,1.fc' = 0,1.30 = 3 \text{ Mpa}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan (3 113)

$$V_c.\ h = \frac{2}{3}\sqrt{\left(\frac{1338,839}{400.750} - 0,1.30\right)}.400.750.(10^{-3}) = 346,1524 \text{ kN}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga,

$V_j.\ h = V_s.\ h + V_c.\ h$

$V_s.\ h = V_j.\ h - V_c.\ h$

= 1535,1289 – 346,1524

= 1188,9765 kN

Luas tulangan geser yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s,}h = \frac{V_s.h}{fy} = \frac{1188,9765.10^3}{400} = 2972,4412 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2 sengkang ikat *deform* dengan luas 1 sengkang D_{12} =113,0973 mm^2, sehingga, $A_v = (2).2.113,0973 = 452,40 \text{ mm}^2$

Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n) = $\frac{2972,4412}{452,4} = 6,57 \approx 7$ lapis.

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \phi\text{tulangan}_{\text{utama bawah}} - \phi\text{tulangan}_{\text{utama atas}}$

dengan, $b'_j = b_j$ – jarak penutup beton ke tulangan utama

$= 400 - (2. 40) = 320$ mm

$y = 320 - 25 - (2.25) = 245$ mm

Spasi antar sengkang dalam titik buhul, $S = y / (n+1) = 245 / 8 = 30,625$ mm

Spasi yang diperoleh terlalu rapat sehingga diameter sengkang yang digunakan diperbesar, digunakan 2 sengkang D_{14} yang mempunyai luas 1 sengkang = 153,94 mm^2 sehingga luas keseluruhan = 153,94.4 = 615,76 mm^2

Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n) = $\frac{2972,4412}{615,76} = 4,8272 \approx 5$ lapis.

Spasi antar sengkang, S = 245/6 = 40 mm

Dari perhitungan diatas, maka sengkang yang digunakan sebagai tulangan geser adalah sengkang $2D_{14}$ dengan spasi 40 mm.

4. Penulangan geser vertikal

$$V_c, v = V_j, v.\left(0{,}6 + \frac{Nu}{Ag.f'c}\right)$$

$$V_c, v = 1535{,}1289.10^3.\left(0{,}6 + \frac{1338{,}839.10^3}{400.750.30}\right)(10^{-3}) = 1149{,}4429 \text{ kN}$$

$V_s, v = V_j, v - V_c, v = 1535{,}1289 - 1149{,}4429 = 385{,}686$ kN

$A_j, v = V_s, v / fy = 385{,}686.10^3 / 400 = 964{,}215 \text{ mm}^2$

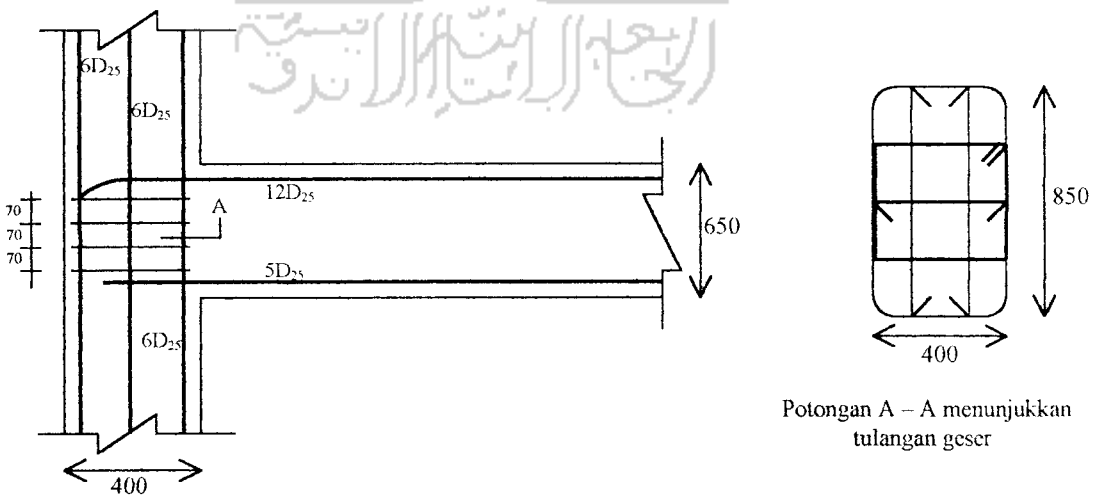
Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi $3D_{29} = 1981{,}5596 \text{ mm}^2 > A_j, v$, sehingga telah memenuhi persyaratan 1 tulangan antara pada muka kolom

5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$3s = 400 - 2.(40 + 14 + ½.29) = 263$

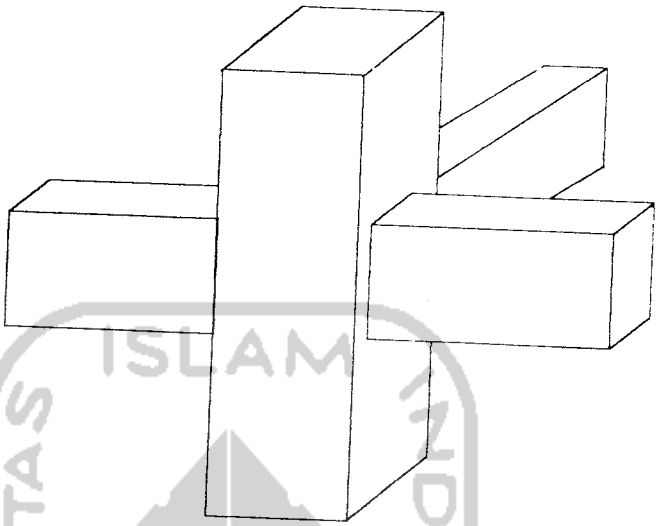
Jadi jarak tulangan $263 / 3 = 88$ mm < 200 mm

Perhitungan gaya-gaya pada titik buhul 1 untuk arah Y dilakukan dengan cara yang sama.



Gambar 6.16 Detail tulangan pertemuan balok – kolom luar (tipe a)

b. Titik buhul bagian luar (tipe b)



Gambar 6.17 Titik buhul balok kolom luar tipe b

Mutu bahan dan dimensi balok kolom yang digunakan pada titik buhul tipe b sama dengan titik buhul tipe a.

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

l_{ki} = 4 m

$l_{nk.}$ = 3,60 m

H_{kb} = 5,25 m

H_{ka} = 3,75 m

$M_{nak,}\ b_{ki}$ = 392,699 kN-m (dari Tabel 6.4)

$M_{kap.}\ b_{ki} = \phi_o . M_{nak.}\ b_{ki}$ = 1,25.392,699 = 490,874 kN-m

$M_{nak,}\ b_{ka}$ = 777,6 kN-m (dari Tabel 6.4)

$M_{kap.}\ b_{ka} = \phi_o . M_{nak.}\ b_{ka}$ = 1,25.777,6 = 972 kN-m

$$V_{kol} = \frac{0,7.\left(\frac{4}{3,6}.490,874 + \frac{4}{3,6}.972\right)}{\frac{1}{2}.(5,25+3,75)} = 252,842 \text{ kN}$$

Balok kanan dan kiri simetris sehingga Zka = Zki

Zka = d – a/2 = 462,5 – 125,93/2 = 399,535 mm = 0,3995 m

Keseimbangan gaya-gaya dalam titik buhul 3 harus dipenuhi sehingga,

$$C_{ki} = \frac{0,7.M_{kap.}ki}{Zki} = \frac{0,7.490,874}{0,3995} = 860,105 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0,7.M_{kap.}ka}{Zka} = \frac{0,7.972}{0,3995} = 1703,1289 \text{ kN}$$

$V_j, h = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} = 860,105 + 1703,1289 - 252,842 = 2310,392$ kN

$V_j, v = (b_j / l_j).V_j, h = (0,4/0,4).2310,392 = 2310,392$ kN

2. Kontrol tegangan geser horisontal minimum

$$v_j, h = \frac{V_j.h}{b_j.h_k} < 1,5.\sqrt{f'c}$$

Dengan lebar efektif pertemuan (b_j) diambil sebagai berikut,

a. bila bc > bb, maka diambil nilai terkecil diantara,

   bj = bc atau bj = bb + 0,5.h_k

b. bila bb > bc, maka diambil nilai terkecil diantara,

   bj = bb atau bj = bc + 0,5. h_k

sehingga b_k = 400 mm dan b_b = 300 mm, berarti $b_c > b_{b, maka}$

bj = bc = 400 mm atau bj = 300 + 0,5.400 = 500 mm

dipakai bj = 400 mm

$$v_{j.h} = \frac{2310,392.10^3}{400.750} < 1,5.\sqrt{30} = 7,7013 \text{ Mpa} < 8,22 \text{ Mpa}$$

3. Penulangan geser horiontal

Nilai tahanan geser beton (V_c, h) yang dipikul oleh start beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akobat beban aksial eksternal lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton 0,1.fc'

Gaya aksial, N_u yang bekerja diambil yang maksimum = 2016,9645 kN (Tabel 6.33)

$$v_{c.h} = \frac{Nu}{Ag} = \frac{2016,9645.10^3}{400.750} = 6,723 \text{ Mpa} > 0,1.fc' = 0,1.30 = 3 \text{ Mpa}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan (3.113)

$$V_{c.h} = \frac{2}{3}.\sqrt{\left(\frac{2016,9645}{400.750} - 0,1.30\right)}.400.750.(10^{-3}) = 346,0218 \text{ kN}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga,

$V_{j.h} = V_{s.h} + V_{c.h}$

$V_{s.h} = V_{j.h} - V_{c.h}$

$= 2310.392 - 346,0218$

$= 1964.3702$ kN

Luas tulangan geser yang dibutuhkan adalah,

$$A_{s,h} = \frac{V_s.h}{fy} = \frac{1964,3702.10^3}{400} = 4910,9255 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 sengkang ikat dan 2 sengkang ikatan melintang *crosstie* dengan 1 luas sengkang *deform* D_{14} =153,938 mm^2, sehingga,

$A_v = (2).2.153,938 = 615,7521\ mm^2$

Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n) $= \dfrac{4910,9255}{615,7521} = 7,9754 \approx 8$ lapis

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \phi tulangan_{utama\ bawah} - \phi tulangan_{utama\ atas}$

dengan, $b'_j = b_j$ – jarak penutup beton ke tulangan utama

$= 400 - (2. 50) = 300$ mm

$y = 300 - 25 - (2.25) = 225$ mm

Spasi antar sengkang dalam titik buhul, $S = y / (n-1) = 225 / 9 = 25$ mm

Spasi yang diperoleh terlalu rapat sehingga diameter sengkang yang digunakan diperbesar, digunakan sengkang D_{16} yang mempunyai luas 1 sengkang = 201,07 mm^2 sehingga luas keseluruhan (1 + 2 *croostie*) = 201,07.4 = 804,28 mm^2

Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n) $= \dfrac{4910,9255}{804,28} = 5,986 \approx 6$ lapis.

Spasi antar sengkang, S = 225/7 = 33 mm

Dari perhitungan diatas, maka sengkang yang digunakan sebagai tulangan geser adalah sengkang $3D_{16}$ dengan spasi 33 mm.

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = V_{j,v}.\left(0,6 + \frac{Nu}{Ag.f'c}\right)$$

$$V_{c,v} = 2310,392.10^3.\left(0,6 + \frac{2016,9645.10^3}{400.750.30}\right).(10^{-3}) = 1904,011\ kN$$

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v} = 2310,392 - 1904,011 = 406,381\ kN$$

$A_{s,v} = V_{s,v} / fy = 406{,}381.10^3 / 400 = 1015{,}953\ mm^2$

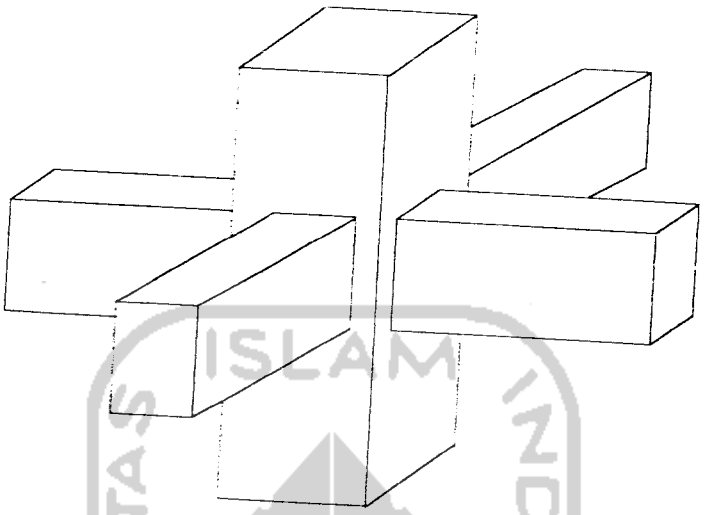
Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi $3D_{29} = 1981{,}5596\ mm^2 > A_{s,v}$, sehingga telah memenuhi persyaratan 1 tulangan antara pada muka kolom

5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$3s = 400 - 2.(40 - 14 + \frac{1}{2}.29) = 263$

Jadi jarak tulangan 263 / 3 = 88 mm < 200 mm

c. Titik buhul bagian dalam (tipe c)



Gambar 6.18 Titik buhul balok kolom dalam tipe c

1. Perhitungan gaya-gaya dalam titik buhul (arah sumbu X)

l_{ki} = 4 m

l_{nki} = 3,60 m

H_{kb} = 5,25 m

H_{ka} = 3,75 m

$M_{nak,\ b_{ki}}$ = 441,8 kN-m (dari Tabel 6.3)

$M_{kap,\ b_{ki}} = \phi_o . M_{nak,\ b_{ki}} = 1{,}25 . 441{,}8 = 552{,}25$ kN-m

$M_{nak,\ b_{ka}}$ = 949,31 kN-m (dari Tabel 6.3)

$M_{kap,\ b_{ka}} = \phi_o . M_{nak,\ b_{ka}} = 1{,}25 . 949{,}31 = 1186{,}64$ kN-m

$$V_{kol} = \frac{0{,}7\left(\frac{4}{3{,}6}.490{,}874 + \frac{4}{3{,}6}.972\right)}{\frac{1}{2}.(5{,}25 - 3{,}75)} = 300{,}549 \text{ kN}$$

Balok kanan dan kiri simetris sehingga Zka = Zki

Zka = d – a/2 = 562,5 – 154/2 = 485 mm = 0,485 m (hal 129)

Keseimbangan gaya-gaya dalam titik buhul 3 harus dipenuhi sehingga,

$$C_{ki} = \frac{0{,}7.M_{kap.}ki}{Zki} = \frac{0{,}7.552{,}25}{0{,}485} = 797{,}062 \text{ kN}$$

$$T_{ka} = \frac{0{,}7.M_{kap.}ka}{Zka} = \frac{0{,}7.1186{,}64}{0{,}485} = 1712{,}676 \text{ kN}$$

$V_j, h = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} = 797{,}062 + 1712{,}676 - 300{,}549 = 2209{,}189$ kN

$V_j, v = (b_j / h_j).V_j, h = (0{,}4/0{,}4).2209{,}189 = 2209{,}189$ kN

2. Kontrol tegangan geser horisontal minimum

$$v_j, h = \frac{V_j.h}{b_j.h_k} < 1{,}5.\sqrt{f'c}$$

Dengan lebar efektif pertemuan (b_j) diambil sebagai berikut,

d. bila bc > bb, maka diambil nilai terkecil diantara,

bj = bc atau bj = bb + 0,5.h_k

e. bila bb > bc, maka diambil nilai terkecil diantara,

bj = bb atau bj = bc + 0,5. h_k

sehingga b_k = 400 mm dan b_b = 300 mm, berarti $b_c > b_b$, maka

bj = bc = 400 mm atau bj = 300 + 0,5.400 = 500 mm

dipakai bj = 400 mm

$$v_j, h = \frac{2209{,}189.10^3}{400.850} < 1{,}5.\sqrt{30} = 6{,}498 \text{ Mpa} < 8{,}22 \text{ Mpa}$$

3. Penulangan geser horiontal

Nilai tahanan geser beton (V_c, h) yang dipikul oleh start beton harus diperhitungkan sama dengan nol, kecuali apabila tegangan desak pada penampang bruto kolom akobat beban aksial eksternal lebih besar dari tegangan desak rata-rata minimum yang disumbangkan oleh mutu beton 0,1.fc'

Gaya aksial, N_u yang bekerja diambil yang maksimum = 3416,3525 kN (Tabel 6.35)

$$v_c, h = \frac{Nu}{Ag} = \frac{3416{,}3525.10^3}{400.850} = 10{,}048 \text{ Mpa} > 0{,}1.fc' = 0{,}1.30 = 3 \text{ Mpa}$$

Tahanan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung kembali dengan persamaan (3.113)

$$V_c, h = \frac{2}{3}\sqrt{\left(\frac{3416{,}3525.10^3}{400.850} - 0{,}1.30\right)}.400.850.(10^{-3}) = 601{,}76 \text{ kN}$$

Keseimbangan gaya-gaya di dalam titik buhul harus dipenuhi, sehingga,

$V_j, h = V_s, h + V_c, h$

$V_s, h = V_j, h - V_c, h$

$= 2209{,}189 - 601{,}76$

$= 1607{,}429$ kN

Luas tulangan geser yang dibituhkan adalah,

$$A_s, h = \frac{V_s.h}{fy} = \frac{1607{,}429.10^3}{400} = 4018{,}5427 \text{ mm}^2$$

Digunakan 1 sengkang ikat dan 2 sengkang ikatan melintang *crosstie* dengan 1 luas sengkang *deform* D_{14} =153,938 mm^2, sehingga.

$A_v = (2).2.153,938 = 615,7521\ mm^2$

Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n) $= \dfrac{4018,5725}{615,7521} = 6,526 \approx 7$ lapis.

Lapis sengkang dalam titik buhul didistribusikan secara merata diantara tulangan atas balok dan tulangan bawah balok.

Jarak bersih yang tersedia, $y = b'_j - \phi tulangan_{utama\ bawah} - \phi tulangan_{utama\ atas}$

dengan, $b'_j = b_j$ – jarak penutup beton ke tulangan utama

$= 400 - (2. 50) = 300$ mm

$y = 300 - 25 - (2.25) = 225$ mm

Spasi antar sengkang dalam titik buhul, $S = y / (n+1) = 225 / 8 = 28,125$ mm

Spasi yang diperoleh terlalu rapat sehingga diameter sengkang yang digunakan diperbesar, digunakan sengkang D_{16} yang mempunyai luas 1 sengkang = 201,07 mm^2 sehingga luas keseluruhan (1 + 2 *croostie*) = 201,07.4 = 804,28 mm^2

Jumlah lapis sengkang dalam titik buhul (n) $= \dfrac{4018,5725}{804,28} = 4,9964 \approx 5$ lapis.

Spasi antar sengkang, S = 225/6 = 37,5 mm

Dari perhitungan diatas, maka sengkang yang digunakan sebagai tulangan geser adalah sengkang $3D_{16}$ dengan spasi 37,5 mm.

4. Penulangan geser vertikal

$$V_{c,v} = V_{j,v}.\left(0,6 + \frac{Nu}{Ag.f'c}\right)$$

$$V_{c,v} = 2209,189.10^3.\left(0,6 + \frac{3416,3525.10^3}{400.850,30}\right)(10^{-3}) = 2065,451\ kN$$

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v} = 2209,189 - 2065,451 = 143,738\ kN$$

$A_j, v = V_s, v / fy = 143{,}738.10^3 / 400 = 359{,}345\ mm^2$

Tulangan terpasang kolom pada 1 sisi $3D_{29} = 1981{,}5596\ mm^2 > A_j, v$, sehingga telah memenuhi persyaratan 1 tulangan antara pada muka kolom

5. Kontrol jarak tulangan vertikal

$3s = 400 - 2.(40 + 14 + ½.29) = 263$

Jadi jarak tulangan $263 / 3 = 88\ mm < 200\ mm$

6.2 Desain Dinding Geser

Anggapan terbaik yang dapat dilakukan terhadap dinding geser untuk menghindari bahaya tekuk adalah memperlakukannya sebagai kolom (T.Paulay dan R.L William, 1980), maka dimensi dinding geser perlu dibatasi. Batasan tebal dinding geser (b_w) dapat didekati dengan persamaan,

$b \geq b_w = b \geq 300$ mm

$b \geq b_c = b \geq 310$ mm

$b \geq \frac{h_1}{16} = b \geq \frac{5250}{16} = 328{,}12$ mm

b diambil 350 mm

Untuk menjamin bahwa dinding geser tetap berperilaku geser, menurut T. Paulay dan M.J.N. Priestley (1992), perbandingan antara timggi total bangunan dan lebar dinding geser dapat diambil 8 ($h_w / l_w = 8$). Dari Gambar 3.4 dengan anggapan perencanaan daktilitas penuh ($\mu_\Delta = 4$) didapat rasio daktilitas (μ_ϕ) = 11.

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

$b_c = 0{,}017.l_w.\sqrt{\mu_\phi} = 0{,}017.l_w.\sqrt{11} = 0{,}057.l_w$

sehingga,

$b_c / l_w = 0{,}057$

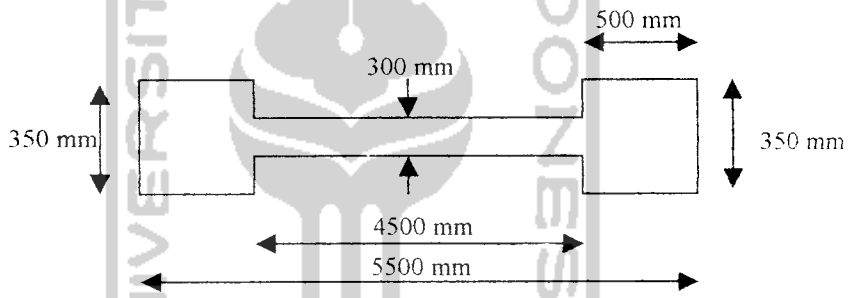
Dari Gambar 3.5, untuk nilai b_c/l_w = 0,057 dengan perencanaan daktilitas penuh (μ_Δ = 4), maka didapat nilai h_w/l_w = 7,5, sehingga lebar dinding geser (l_w) = 39/7,5 = 5200 mm diambil l_w = 5500 mm dan b_c = 0,057.5500 = 310 mm.

$$l_c \geq \frac{bc.lw}{10.b} = l_c \geq \frac{310.5500}{10.350} = 487.143 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \frac{bc^2}{b} = l_c \geq \frac{310^2}{350} = 274,571 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \frac{h1}{16} = l_c \geq \frac{5250}{16} = 328,12 \text{ mm}$$

l_c diambil 500 mm



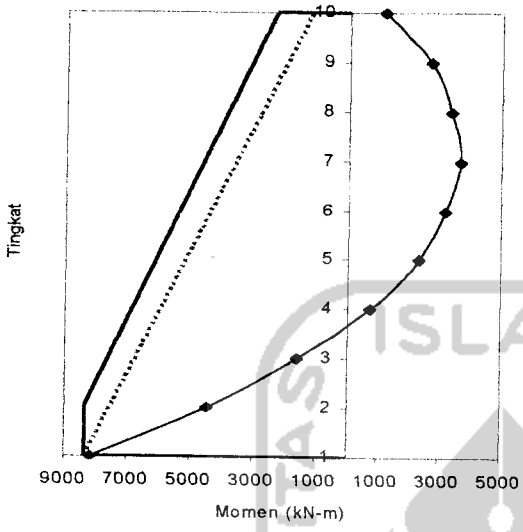
Gambar 6.19 Dimensi dinding geser

Titik berat dinding geser = $\frac{lw}{2} = \frac{5500}{2} = 2750$ mm

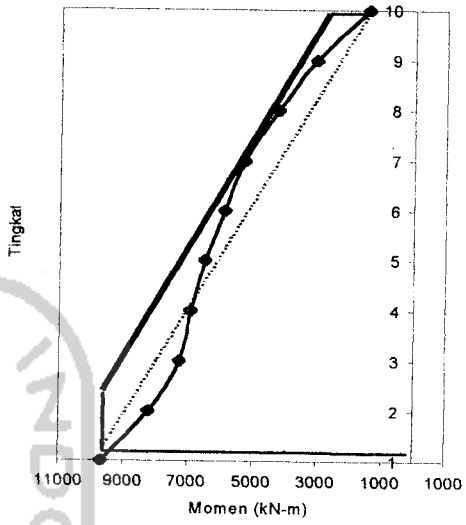
Dari hasil analisis struktur dengan bantuan SAP90 didapat Pu = 3847,663 KN dan Mu = 9646,238 KNm

$$Pn = \frac{Pu}{\phi} = \frac{3847,663}{0,65} = 5919,482 \text{ KN}$$

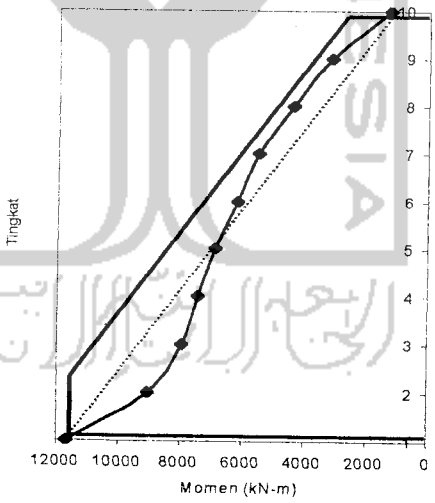
$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{9646,238}{0,65} = 14840,366 \text{ KNm}$$



a. Jepit (E=1e10)



b. Flexs (E=1e6)



c. Sendi (E=0)

Gambar 6.20 Grafik bidang momen dinding geser yang diperhitungkan dalam perancangan

Tabel 6.60 Momen rencana dinding geser

Tingkat	Jepit (E=1e10)	Flexs (E=1e6)	Sendi (E=0)
1	8157,432	9646,230	11688,239
2	8157,432	9646,230	11688,239
3	7511,366	8892,724	10721,151
4	6819,153	80885,388	9684,985
5	6126,940	7278,052	8648,819
6	5434,727	6470,715	7612,654
7	4742,514	5663,378	6576,488
8	3989,425	4856,042	5453,097
9	3358,088	4048,706	4504,156
10	1973,662	2434,032	2431,825

Tabel 6.61 Gaya aksial rencana dinding geser

Tingkat	Jepit (E=1e10)	Flexs (E=1e6)	Sendi (E=0)
1	3842,386	3847,663	3844,285
2	3506,035	3505,407	3505,770
3	3173,347	3173,290	3173,316
4	2820,974	2820,912	2820,943
5	2447,480	2447,424	2447,453
6	2059,729	2059,684	2059,708
7	1659,086	1659,050	1659,070
8	1246,53	1246,506	1246,518
9	821,963	821,948	821,956
10	383,279	383,275	383,276

6.2.1 Penulangan Lentur

Tulangan lentur berfungsi menahan tegangan tarik yang terjadi akibat momen lentur. Tulangan lentur terdapat pada bagian kolom dinding geser. Pemasangan tulangan lentur pada bagian kolom harus memperhatikan besarnya beban dan kemampuan dalam menyerap energi bila terjadi sendi plastis.

Penempatan tulangan memperhatikan efektifitas kerja tulangan terhadap kekuatan momen dari tulangan lentur. Penggunaan tulangan tidak efisien jika tulangan bekerja dengan momen yang kecil (R.Park dan T.Paulay, 1974).

a. Daerah II (pada badan dinding geser)

ρ min = 0,0025

$$\rho \text{ min} = \frac{0,7}{fy} = \frac{0,7}{400} = 0,0018$$

diambil yang terbesar , ρ min = 0,0025

As = 0,0025.300.4500 = 3375 mm^2

Diameter tulangan maksimum

$$\text{Dmax} < \frac{bw}{10} < \frac{300}{10} = 30 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan D12 (dipakai 2 lapis tulangan)

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{2 \times 113}{0,0025 \times 300} = 301,33 \text{ mm}$$

Dipakai jarak antar tulangan = 300 mm

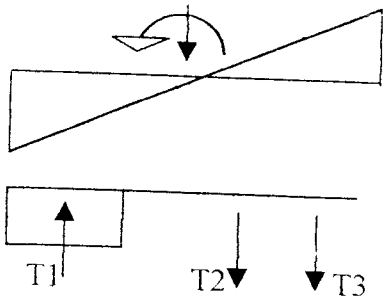
$$n = \frac{4500}{300} = 15$$

dipakai tulangan 16-D12

As aktual = 2.16.0,25.л.12^2 = 3619 mm^2 > 3375 mm^2

Dengan menganggap semua tulangannya telah leleh maka besarnya gaya aksial yang bekerja, T2 = As aktual.fy = 3619.400 = 1447,60 KN

b. Daerah I (daerah ujung)



1. Diameter tulangan maksimum

$$D_{max} < \frac{b}{10} < \frac{500}{10} = 50 \text{ mm}$$

$A_{v,\,min} = 0{,}001 \times b_w \times l_w = 0{,}001 \times 300 \times 5500 = 1650 \text{ mm}^2$

$A_{v,\,max} = 0{,}06 \times$ luas daerah ujung

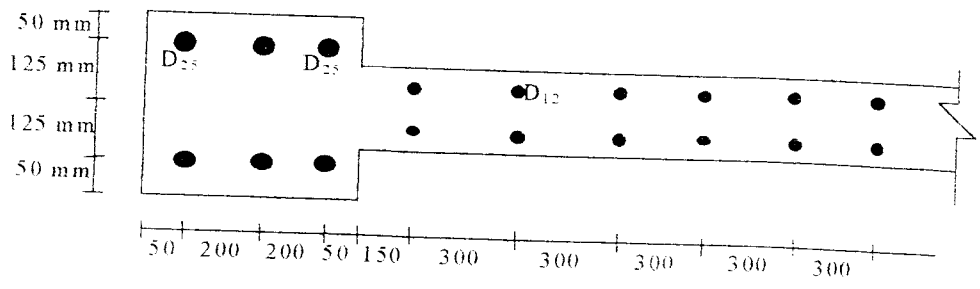
$= 0{,}06 \times 500 \times 500 = 15000 \text{ mm}^2$

Statis momen terhadap T_1

$5919{,}482.\,(2{,}75) + 1447{,}60.\,(2{,}75) + T_3\,(5{,}5\text{-}0{,}25) - 14840{,}366 = 0$

$T_3 = 1031{,}851 \text{ kN}$

$$As_3 = \frac{1031{,}851.10^3}{400} = 2579{,}627 \text{ mm}^2$$



Gambar 6.21 Penempatan tulangan boundary element dan tulangan lentur

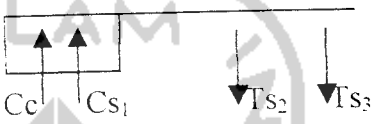
D = 25 mm < 50 mm

A_v ujung = (6 x 490) = 2945 mm^2 > $A_{v,\ min}$

Jarak antar tulangan = 200 mm

6.2.2 Kapasitas Lentur Dinding Geser

a. Desak daerah I



Dengan cara coba-coba garis netral dinding geser dari tulangan yang terpasang dapat ditentukan, sehingga gaya desak dikurangi gaya tarik akan kira-kira sama dengan Pn. Kemudian momen yang didapat berdasarkan tulangan tampang dapat ditentukan.

dicoba c = 0,3.5500 = 1650 mm

Dengan menganggap seluruh tulangan D_{12} luluh, maka tulangan D_{12} memberikan sumbangan gaya sebesar $\frac{2.0,25.\pi.12^2.400}{300}$ = 301,593 N/mm

Desak : Cc = 0,85.30.0,85.1650.350 = 12517,313 kN

Cs_1 = 6.0,25. π.25^2.400 = 1178 kN

C_{total} = 13695,313 kN

Tarik : Ts_1 = 6.0,25. π.25^2.400 = 1178 kN

Ts_2 = (5500-500-1650). 301,593 = 1010,327 kN

T_{total} = 2188,327 kN

C-T = 13695,313 – 2188,327 = 11506,986 kN > 5919,482 kN

$$\Delta = \frac{(11506,986 - 5919,482)10^3}{0,85.30.300} = 730,393 \text{ mm}$$

Daerah desak harus dikurangi sebesar 730,393 mm

$$c = 1650 - \frac{730,393}{0,85} = 790,714 \text{ mm}$$

Desak : $Cc = 0,85.30.0,85.\ 790,714.350 = 5998,554$ kN

$Cs_1 = 6.0,25.\ \pi.25^2.400 = 1178$ kN

$C_{total} = 7176,554$ kN

Tarik : $Ts_1 = 6.0,25.\ \pi.25^2.400 = 1178$ kN

$Ts_2 = (5500-500-790,714).\ 301,593 = 1269,491$ kN

$T_{total} = 2447,491$ kN

$C-T = 7176,554 - 2447,491 = 4729,063$ kN $< Pn = 5919,482$ kN

$$\Delta = \frac{(5919,482 - 4729,063)10^3}{0,85.30.300} = 155,610 \text{ mm}$$

Daerah desak harus ditambah sebesar 155,610 mm

$$c = 790,714 + \frac{155,61}{0,85} = 973,785 \text{ mm}$$

Desak : $Cc = 0,85.30.0,85.\ 973,785.350 = 7287,376$ kN

$Cs_1 = 6.0,25.\ \pi.25^2.400 = 1178$ kN

$C_{total} = 8465,376$ kN

Tarik : $Ts_1 = 6.0,25.\ \pi.25^2.400 = 1178$ kN

$Ts_2 = (5500-500-973,785).\ 301,593 = 1214,278$ kN

$T_{total} = 2392,278$ kN

$C-T = 8465,376 - 2392,278 = 6073,098$ kN $> Pn = 5919,482$ kN

ΣM_n =7287,376 .(2,75-0,5.0,85.0,9738) = 14257,908 kN-m

1178 .(2,75-0,5.0,5) = 2945 kN-m

1178 .(5,5-2,75-0,5.0,5) = 2945 KN-m

20612,703 kN-m > 14840,367 kN-m

b. Desak Daerah III

Karena bentuk dinding geser dan tulangan yang digunakan pada dinding geser simetris, maka perhitungan untuk desak pada daerah III sama dengan desak daerah I.

6.2.2 Perencanaan Geser

Perencanaan geser pada struktur terlentur didasarkan pada anggapan beton menahan sebagian gaya geser sedangkan selebihnya atau kekuatan geser diatas kemampuan beton menahannya ditahan baja tulangan geser.

Untuk menjamin agar dinding geser memiliki kuat geser yang cukup sepanjang tinggi dinding, maka bidang geser perlu akibat beban gempa sepanjang tinggi dinding harus dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari $V_{u,\,d\,maks}$ pada dasar sampai $0{,}5.V_{u,\,d\,maks}$ pada puncak dinding geser, seperti ditunjukkan Gambar 6.21.

$Vu = V_{wall} = \omega_v.\phi\,o.V_E$

$\omega_v = 1{,}3 + \frac{10}{30} = 1{,}63$

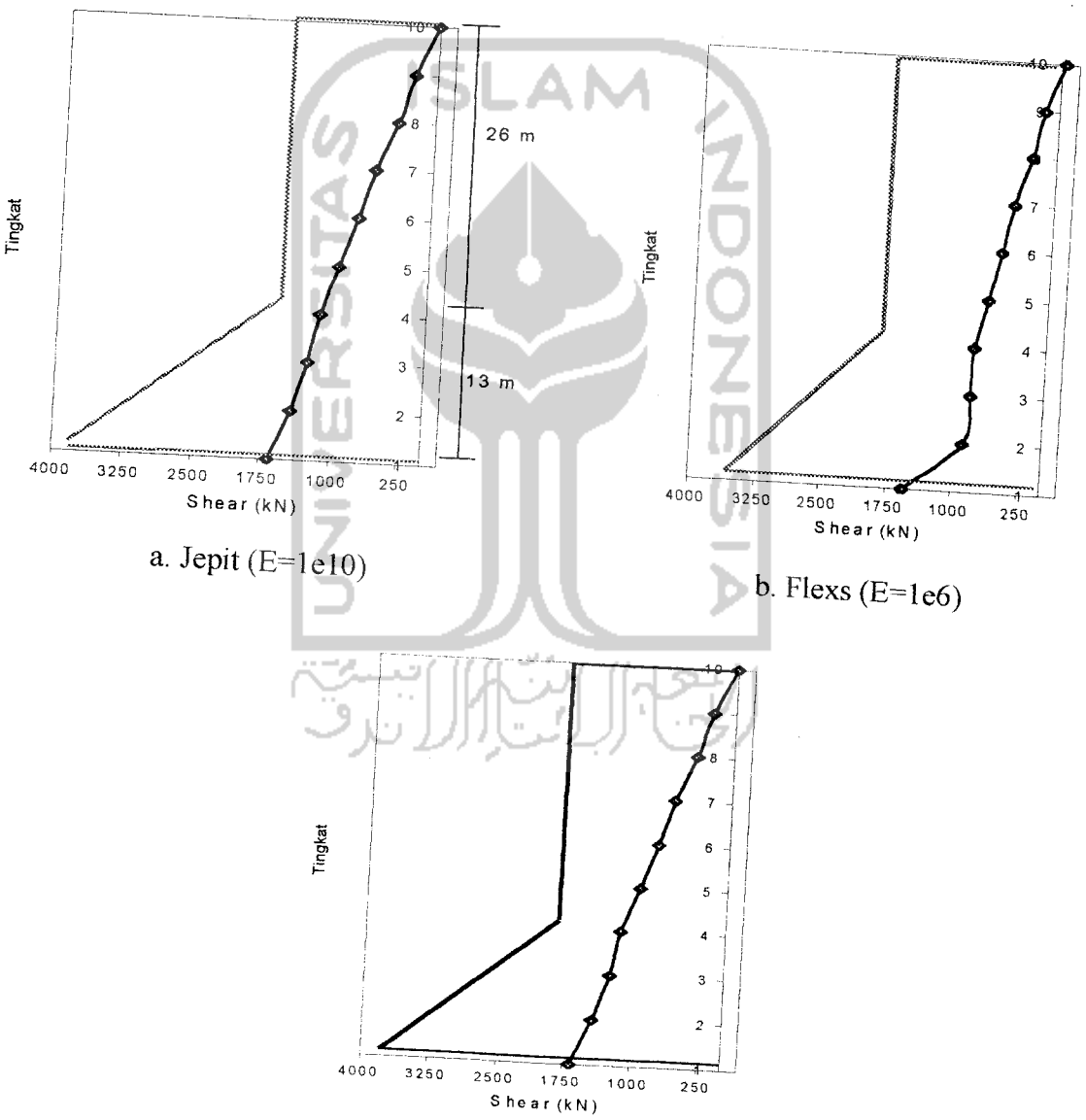
$Vu = V_{wall} = 1{,}63.1{,}4.1559{,}3 = 3565{,}599$ kN

6.2.3 Perencanaan Geser

$Vu = V_{wall} = \omega v . \phi o . V_E$

$\omega v = 1,3 + \frac{10}{30} = 1,63$

$Vu = V_{wall} = 1,63.1,4.1559,3 = 3565,599$ KN



a. Jepit (E=1e10)

b. Flexs (E=1e6)

c. Sendi (E=0)

Gambar 6.22 Bidang gaya geser yang diperhitungkan dalam perancangan

Tabel 6.62 Gaya geser rencana dinding geser

Tingkat	Jepit (E=1e10)	Flexs (E=1e6)	Sendi (E=0)
1	3784,448	3565,399	3303,8157
2	3020,281	2845,598	2636,699
3	2474,447	2331,341	2160,1871
4	1928,613	1817,083	1683,6753
5	1892,224	1782,799	1651,908
6	1892,224	1782,799	1651,908
7	1892,224	1782,799	1651,908
8	1892,224	1782,799	1651,908
9	1892,224	1782,799	1651,908
10	1892,224	1782,799	1651,908

$$vi = \frac{Vwall}{bw.d} = \frac{3565,599.10^3}{300.0,8.5500} = 2,7 \text{ Mpa}$$

tetapi tidak lebih besar dari :

$$\text{vi maks} = \left(\frac{0,22.1,4}{4} + 0,03\right).30 = 3,21 \text{ Mpa} < 0,16.fc' = 4,8 \text{ Mpa}$$

kontribusi beton didalam dinding geser sebesar :

$$vc = 0,6.\sqrt{\frac{Pi}{Ag}} = 0,6.\sqrt{\frac{5919,482.10^3}{170.10^4}} = 1,12 \text{ Mpa}$$

digunakan sengkang 2D12, Av = 226,19 mm^2

vs = vi-vc = 3,21-1,05 = 2,09 Mpa

$$\frac{Av}{s} = \frac{vs.bw}{fy}$$

$$s = \frac{Av.fy}{vs.bw} = \frac{226,19.400}{2,09.300} = 144,273 \text{ mm}^2$$

di pakai D12-140 untuk tulangan geser horisontal.

Kontrol efek tekuk pada tulangan daerah II :

$$\rho e = \frac{\Sigma Ab}{b.sv} < \frac{2}{fy}$$

$$= \frac{2.113,09}{300.300} = 0,0025 < \frac{2}{fy} = 0,0667$$

sehingga tulangan pada daerah II tidak perlu dikekang

Pengekangan tulangan daerah I dan III

Jarak sengkang tertutup

$sh \leq 6.db = 6.25 = 150$ mm

$sh \leq 0,5.\ b1 = 0,5.\ 500 = 250$ mm

$sh \leq 150$ mm

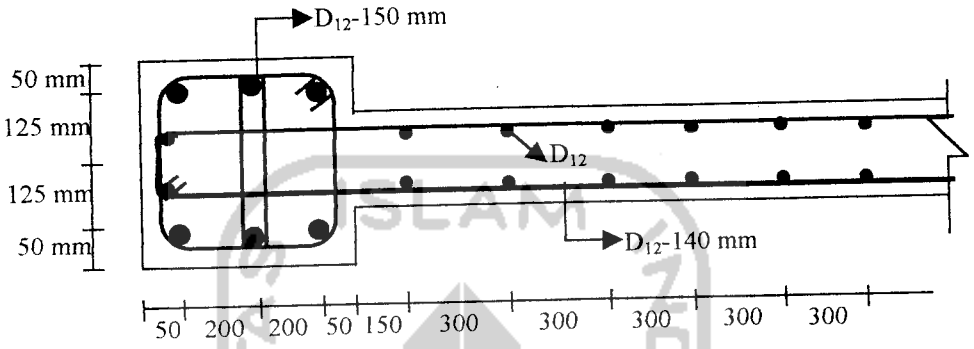
dipakai sengkang tertutup D12-150 mm

$$sv = \frac{500 - 40.2 - 10.2 - 3.25}{2} = 162,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

$$\rho e = \frac{\Sigma Ab}{b.sv} < \frac{2}{fy}$$

$$= \frac{2.491}{350.162,5} = 0,0173 < \frac{2}{fy} = 0,0667$$

sehingga tulangan pada daerah I dan III tidak perlu dikekang, tetapi untuk keamanan sebaiknya dikekang dengan sengkang tertutup.



Gambar 6.23 Penempatan tulangan sengkang pada dinding geser

Tabel 6.63 Tulangan pada dinding geser kondisi jepit

Tingkat	Tulangan lentur	Tulangan geser vertikal	Tulangan boundary element	Rasio Pn	Rasio Mn
1	$14D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{29}$	1.030	1.379
2	$14D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{22}$	1.032	1.162
3	$14D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{22}$	1.043	1.241
4	$14D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{22}$	1.045	1.213
5	$14D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{22}$	1.048	1.412
6	$14D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{22}$	1.053	1.414
7	$14D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{22}$	1.056	1.416
8	$14D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{22}$	1.078	1.501
9	$14D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{22}$	1.086	1.562
10	$14D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{22}$	1.218	1.687

Tabel 6.64 Tulangan pada dinding geser kondisi fleksibel

Tingkat	Tulangan lentur	Tulangan geser vertikal	Tulangan boundary element	Rasio Pn	Rasio Mn
1	$16D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{25}$	1.026	1.389
2	$16D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{20}$	1.038	1.187
3	$16D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{20}$	1.039	1.222
4	$16D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{20}$	1.041	1.260
5	$16D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{20}$	1.042	1.311
6	$16D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{20}$	1.044	1.361
7	$16D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{20}$	1.048	1.270
8	$16D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{20}$	1.054	1.317
9	$16D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{20}$	1.066	1.367
10	$16D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{20}$	1.108	1.656

Tabel 6.65 Tulangan pada dinding geser kondisi sendi

Tingkat	Tulangan lentur	Tulangan geser vertikal	Tulangan boundary element	Rasio Pn	Rasio Mn
1	$18D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{22}$	1.016	1.349
2	$18D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{19}$	1.036	1.188
3	$18D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{19}$	1.037	1.19
4	$18D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{19}$	1.038	1.21
5	$18D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{19}$	1.039	1.24
6	$18D_{12}$	D_{12}-150	$6D_{19}$	1.042	1.281
7	$18D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{19}$	1.043	1.290
8	$18D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{19}$	1.052	1.317
9	$18D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{19}$	1.065	1.347
10	$18D_{12}$	D_{12}-150	$4D_{19}$	1.102	1.606

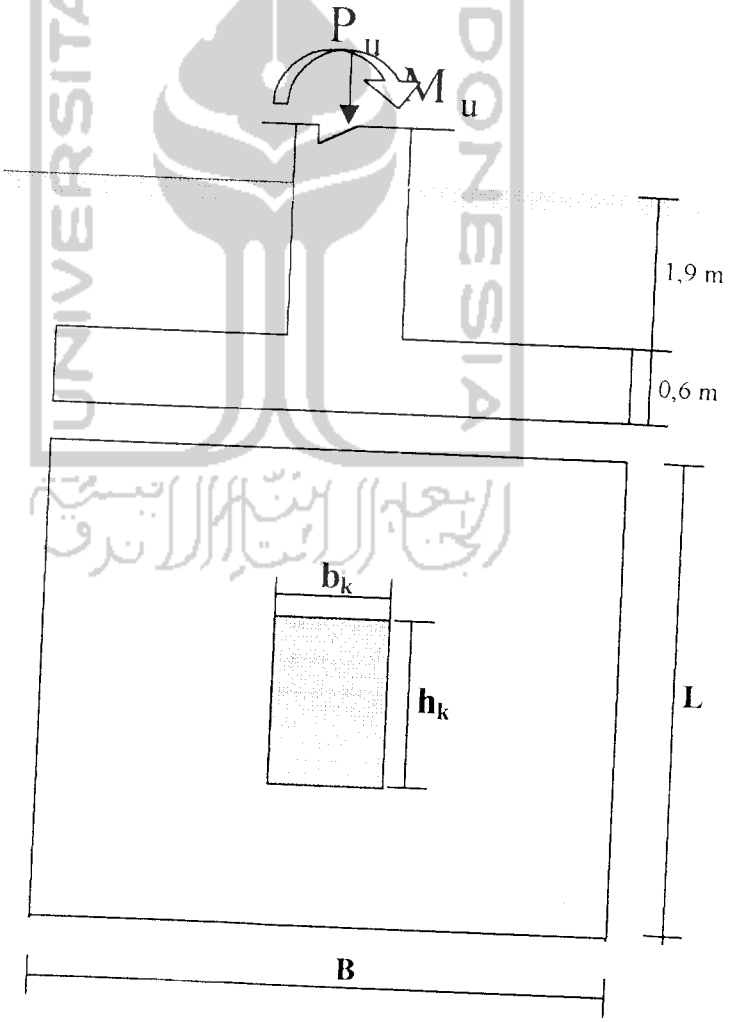
Dari tabel 6.60 dapat dilihat bahwa Mn tersedia masih jauh lebih besar dari Mn yang dibutuhkan, tetapi Pn yang tersedia sudah sama dengan Pn yang dibutuhkan. Bila dimensi dinding geser diperkecil lagi maka Pn yang tersedia tidak dapat lagi mencukupi Pn yang dibutuhkan.

6.3 Perencanaan Pondasi

6.3.1 Perencanaan Penempatan Pondasi

Pada perencanaan gedung ini pondasi yang digunakan adalah pondasi telapak setempat (*footplate*). Penempatan pondasi dapat dilihat pada gambar 6.24 Adapaun data-data tanah meliputi tegangan ijin tanah σ dan berat jenis tanah yang ditentukan berdasarkan data yang telah ada.

6.3.2 Menentukan Dimensi Pondasi



Gambar 6.24 Bentuk dan dimensi pondasi

Data-data yang digunakan untuk perencanaan ini adalah sebagai berikut :

a. Gaya aksial pada kolom 37, $P_{n,k,perlu}$ = 1002,28 kN

Momen kolom 37, $M_{u.k}$ k-x = 496,462 kNm

Momen kolom 37, $M_{u.k.}$ k-y = 725,332 kNm

b. Tegangan ijin tanah $\overline{\sigma}_t$ = 3,0 kg/cm² = 300 kN/m²

c. Berat jenis tanah τ_t = 18 kN/m²

d. Ukuran pondasi panjang = lebar (L = B)

1.a. Menentukan ukuran pondasi

Berat tanah di atas pondasi

$$q_t = (h - t).\tau_t = (2,5 - 0,6).18 = 34,2 \text{ kN/m}^2$$

Berat poer

$$q_p = t.\tau_c = 0,6.\ 23 = 13,8 \text{ kN/m}^2$$

Berat total $q_T = q_t + q_p = 34,2 + 13,8 = 48$ kN/m²

Karena ukuran pondasi panjang = lebar, maka :

$$\sigma = \frac{P_u}{B.L} + \frac{M_u k - x}{1/6.By^3.Bx} + \frac{M_u k - y}{1/6.Bx^3.By} + q_T \le \overline{\sigma}_t$$

$$\sigma = \frac{1002,28}{B^2} + \frac{725,332}{1/6\,B^3} + \frac{496,462}{1/6\,B^3} + 48 \le 300 \text{ kN/m}^2$$

sehingga didapat B = L = 3.1 m

tegangan yang terjadi pada pondasi

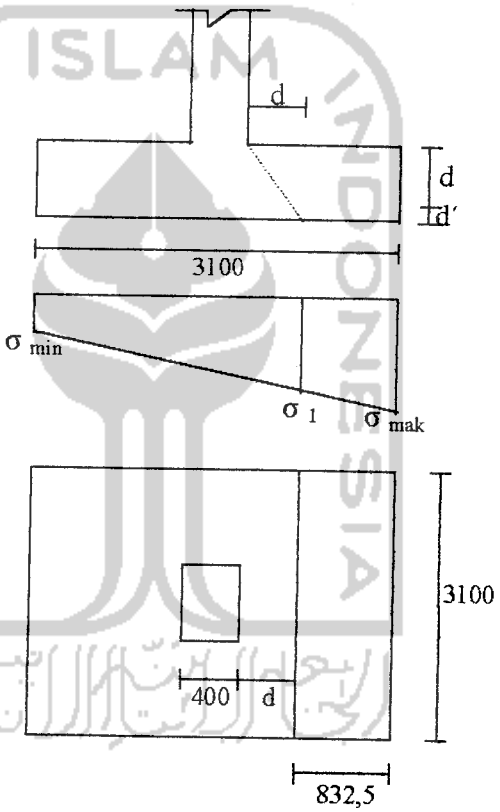
$$\sigma_{max} = \frac{1002,28}{3,1^2} + \frac{725,332}{1/6.3,1^3} + \frac{496,462}{1/6.3,1^3} + 48 = 298,385 \text{ kN/m}^2 < 300 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{min} = \frac{1002,28}{3,1^2} - \frac{725,332}{\frac{1}{6}.3,1^3} - \frac{496,462}{\frac{1}{6}.3,1^3} + 48 = 6,207 \text{ kN/m}^2 > 0 \text{ kN/m}^2$$

1.b Kontrol kuat geser satu arah

$d = t - pb - \frac{1}{2}.d_{tul} = 600 - 70 - \frac{1}{2}.25 = 517,5$ mm

$a = \frac{1}{2}.B - \frac{1}{2}.h_k - d = \frac{1}{2}.3100 - \frac{1}{2}.400 - 517,5 = 832,5$ mm



Gambar 6.25 Kuat geser satu arah

$$\sigma_1 = \sigma_{min} + (\sigma_{max} - \sigma_{min})\left(\frac{B-a}{B}\right)$$

$$= 6,207 + (298,385 - 6,207)\left(\frac{3,1 - 0,8325}{3,1}\right) = 219,921 \; kN/m^2$$

$$V_u = a.B.\sigma_1 = 0,8325.3,1.219,921 = 567,561 \text{ kN} \approx 567561 \text{ N}$$

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f_c'}.B.d = \frac{1}{6}\sqrt{30}.3100.517,5 = 1464473$ N

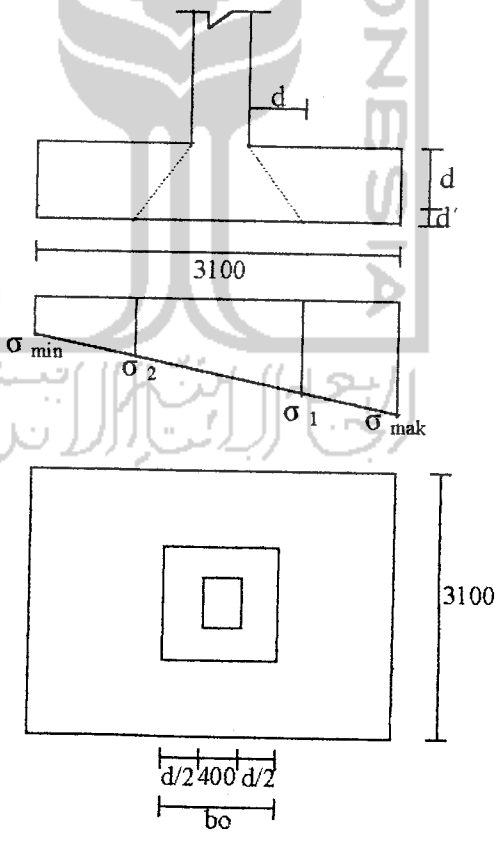
$\phi V_c = 0,6.\ 1464473 = 878683,913$ N $> V_u$ *aman*

1.c Kontrol kuat geser dua arah

$$\sigma_2 = \sigma_{min} + (\sigma_{max} - \sigma_{min})\left(\frac{a}{B}\right)$$

$$= 6,207 + (298,385 - 6,207)\left(\frac{0,8325}{3,1}\right) = 84,671\ kN/m^2$$

$$\sigma_{\overline{T}} = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2) = \text{½ } (219,921 + 84,671) = 152,296\ \text{kN/m}^2$$



Gambar 6.26 Kuat geser dua arah

$V_u = \sigma_t.(B^2 - bo^2) = 152{,}296\ (3{,}1^2 - 0{,}9175^2) = 1335{,}361\ \text{kN} \approx 1335361\ \text{N}$

$$\beta_c = \frac{L}{B} = \frac{3{,}1}{3{,}1} = 1$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right).2\sqrt{f_c'}.b_o.d$$

$$= \left(1 + \frac{2}{1}\right).2\sqrt{30}.917{,}5.517{,}5 = 15603726\ \text{N}$$

$$V_{c,\max} = 4\sqrt{f_c'}.b_o.d = 4\sqrt{30}.917{,}5.517{,}5 = 10402483{,}74\ \text{N}$$

dipakai $V_{c,\max} = 10402484\ \text{N}$

$\phi V_c = 0{,}6.\ 10402484 = 6241490\ \text{N} > V_u$ aman

1.d Hitungan tulangan

L1 = (3100-400)/2 = 1350 mm

$M_u = \frac{1}{2}.\sigma_{max}.x^2.B = \frac{1}{2}.\ 298{,}385.\ 1{,}35^2.\ 3{,}1 = 842{,}90\ \text{kNm}$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{400}{0{,}85.30} = 15{,}686$$

$$R_n = \frac{M}{\phi.B.d^2} = \frac{842{,}90.10^6}{0{,}7.3100.517{,}5^2} = 1{,}45\ \text{MPa}$$

$$\rho = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}}}{m} = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2.15{,}686.1{,}45}{400}}}{15{,}686} = 0{,}0037$$

$A_s = \rho.B.d = 0{,}0037.\ 3100.\ 517{,}5 = 5935{,}73\ \text{mm}^2$

jarak tulangan $s = \frac{\frac{1}{4}\pi.25^2.3100}{5935{,}73} = 256{,}36\ \text{mm}$ dipakai $\varnothing_D 25 - 250$

As 1D25 = 491 mm2

Jumlah tulangan = 5935,73/491 = 12, ⟶ dipakai $13D_{25}$

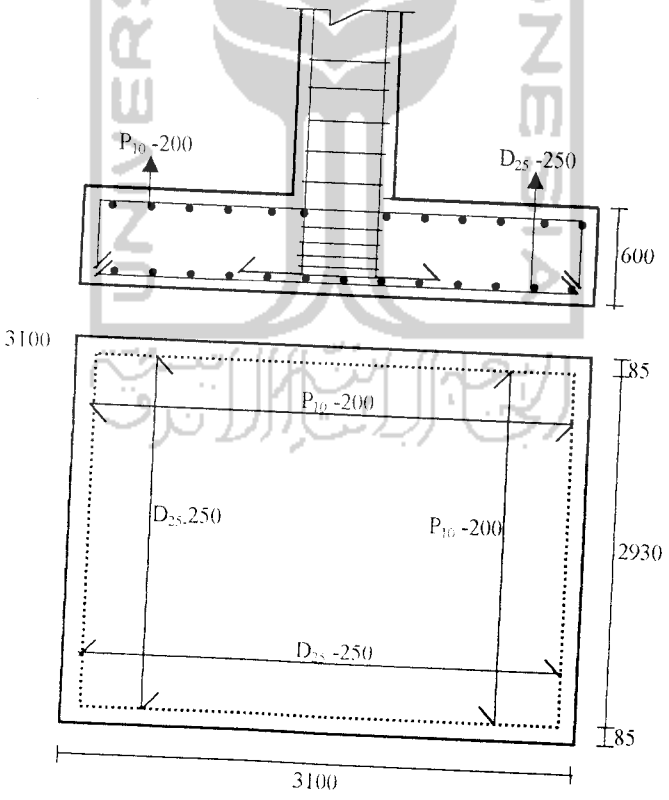
As ada = 13.491 = 6383 mm²

$$a = \frac{As.fy}{0{,}85.f'c.b} = \frac{6383.400}{0{,}85.30.1000} = 100{,}13mm$$

$$Mn = As.fy.(d - \frac{a}{2}).10^{-6} = 6383.400.(517{,}5 - \frac{100{,}13}{2}).10^{-6} = 1934{,}55kN - m$$

$$Mn > \frac{Mu}{\phi} = \frac{842{,}9}{0{,}8} = 1053{,}625kN - m$$

Dipakai tulangan susut P10-200



Gambar 6.27 Penulangan pondasi

6.3.3 Kontrol Kuat Dukung

Untuk mengetahui kuat dukung rencana yang mampu ditahan oleh kolom, maka perlu dikontrol dengan cara berikut :

Gaya aksial yang diijinkan $\overline{P_u} \geq P_{u,terjadi}$

$$\overline{P_u} = 0{,}8.\phi.f_c'.A_k$$

$$= 0{,}85.0{,}7.30.(400.850) = 6069000 \text{ N} \approx 6069 \text{ kN}$$

$$P_{u,terjadi} = 1002{,}28 \text{ kN} < \overline{P_u} = 6069 \text{ kN}$$

Berdasarkan kontrol diatas maka kolom masih mampu menahan gaya aksial yang terjadi.

BAB VII

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti disampaikan sebelumnya bahwa tanah dasar yang mendukung pondasi secara umum bukanlah suatu material yang sangat rigid, tetapi mempunyai fleksibilitas, sehingga memungkinkan terjadi interaksi antar tanah dan struktur. Apalagi apabila lantai dasar struktur hanya terdiri dari lantai tegel diatas tanah atau lantai kerja seadanya. Pada kondisi ini, lantai tingkat dasar tidak mempunyai kemampuan yang cukup untuk berfungsi sebagai jepit. Antara tanah dan kolom tidak berhubungan secara rigid. Tanah tidak mampu menahan tegangan tarik, sehingga apabila kolom bergoyang maka massa tanah disekitar kolom tidak dapat mengikatnya. Dengan demikian sistem penjepitan lateral pada muka tanah juga kurang realitis.

7.1 Simpangan Horisontal Struktur Frame-Wall

Pembatasan simpangan antar tingkat yang ada pada Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung (PPTGIUG, 1983) adalah salah satu contoh dipakainya parameter ini di dalam desain struktur tahan gempa. Simpangan horisontal arah X dan arah Y yang terjadi pada struktur frame-wall ditunjukkan pada Tabel 7.1 dan Tabel 7.2 sebagai berikut,

Tabel 7.1 Simpangan arah X

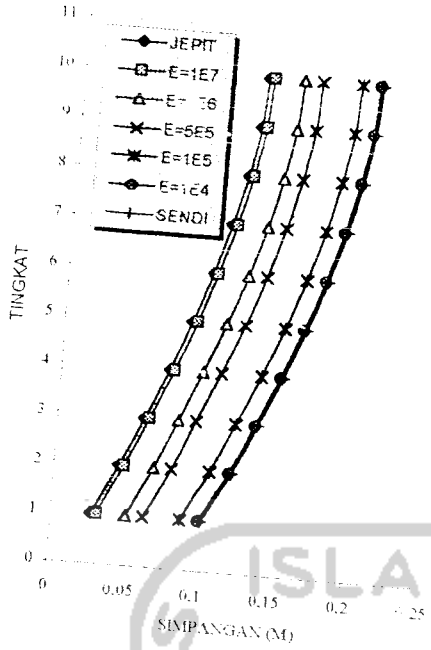
Tkt	E=1E10	E=1E7	E=1E6	E=5E5	E=1E5	E=1E4	E=0
1	0,027279	0,030586	0,049943	0,061905	0,087846	0,100257	0,101925
2	0,04323	0,046693	0,066832	0,079255	0,106176	0,119052	0,120818
3	0,057911	0,061431	0,081666	0,094105	0,12104	0,133917	0,135684
4	0,072667	0,076214	0,09649	0,108933	0,135862	0,148734	0,1505
5	0,086184	0,089747	0,110045	0,12249	0,149415	0,162284	0,16405
6	0,098129	0,1017	0,122012	0,134459	0,161385	0,174253	0,176019
7	0,108551	0,112127	0,132449	0,144898	0,171826	0,184695	0,186461
8	0,116749	0,120328	0,140657	0,153108	0,18004	0,19291	0,194676
9	0,122754	0,126335	0,146669	0,159123	0,186058	0,19893	0,200697
10	0,125429	0,12901	0,149348	0,161804	0,188744	0,201618	0,203385

Tabel 7.2 Simpangan arah Y

Tkt	JEPIT	E=1E7	E=1E6	E=5E5	E=1E5	E=1E4	SENDI
1	0,002787	0,005236	0,008439	0,008905	0,009339	0,009446	0,009475
2	0,005056	0,007869	0,011316	0,011815	0,01228	0,012394	0,012404
3	0,007286	0,010264	0,013671	0,014162	0,014618	0,01473	0,014743
4	0,009656	0,01277	0,016091	0,016566	0,017008	0,017116	0,017129
5	0,011819	0,015053	0,018297	0,018758	0,019187	0,019292	0,019304
6	0,013737	0,01708	0,020263	0,020713	0,021131	0,021234	0,021246
7	0,015585	0,019031	0,022163	0,022605	0,023014	0,023114	0,023126
8	0,016983	0,020513	0,023611	0,024045	0,024449	0,024547	0,024559
9	0,018175	0,021776	0,024848	0,025278	0,025676	0,025774	0,025785
10	0,018639	0,022284	0,025342	0,02577	0,026166	0,026263	0,026274

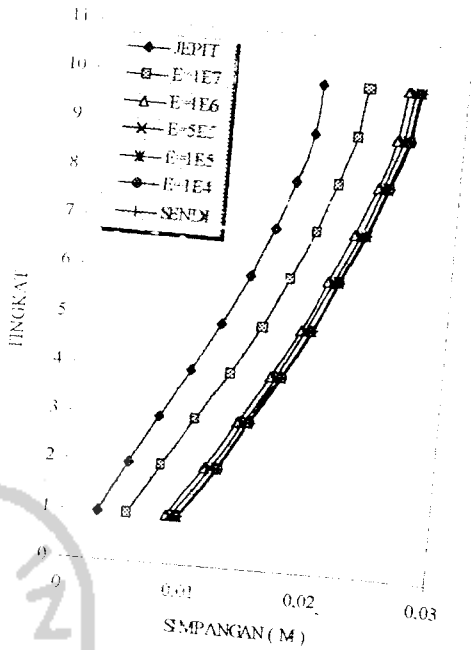
Tabel 7.1 dan Tabel 7.2 diperjelas dengan Gambar 7.1 dan Gambar 7.2 untuk simpangan horisontal yang terjadi pada struktur frame-wall dengan kombinasi dukungan pada pondasi yang berkisar antara dukungan jepit dan sendi (E = ~ sampai E = 0)

Gambar 7.1 Simpangan arah X



Gambar 7.1 Simpangan arah X

Gambar 7.2 Simpangan arah Y



Gambar 7.2 Simpangan arah Y

Dari kedua gambar diatas dapat dilihat bahwa simpangan yang terjadi berbentuk cembung. Hal ini dikarenakan struktur masing didominasi oleh frame daripada shear-wall.

Terdapat kecenderungan yang jelas bahwa semakin besar simpangan horisontal suatu struktur, rotasi sendi plastis yang terjadi pada struktur akan semakin besar pula. Hal ini terjadi karena simpangan horisontal yang besar akan menimbulkan drift yang besar dan drift yang besar akan menimbulkan momen lentur yang besar.

7.2 Inter-storey Drift

Inter-storey drift yang terjadi ditunjukkan pada Tabel 7.3 dan Tabel 7.4 dibawah ini.

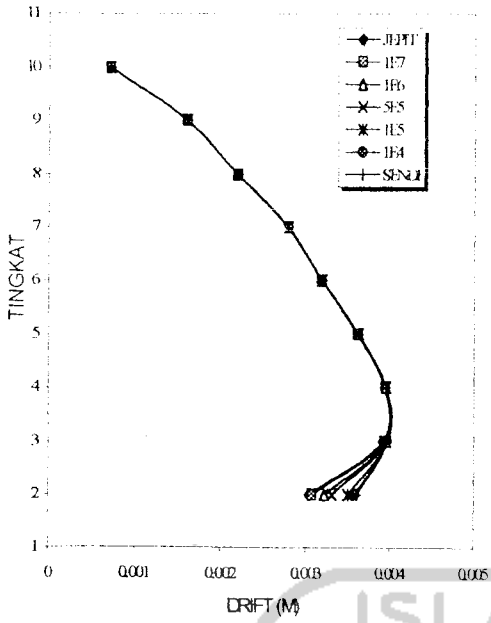
Tabel 7.3 Interstorey drift arah X

Tkt	E=1E10	E=1E7	E=1E6	E=5E5	E=1E5	E=1E4	E=0
2	0,0030383	0,003068	0,003217	0,0033048	0,0034914	0,00358	0,0035987
3	0,0039149	0,0039301	0,0039557	0,00396	0,0039637	0,003964	0,0039643
4	0,0039349	0,0039421	0,0039531	0,0039541	0,0039525	0,0039512	0,0039509
5	0,0036045	0,0036088	0,0036147	0,0036152	0,0036143	0,0036133	0,0036133
6	0,0031853	0,0031875	0,0031912	0,0031917	0,003192	0,0031917	0,0031917
7	0,0027792	0,0027805	0,0027832	0,0027837	0,0027843	0,0027845	0,0027845
8	0,0021861	0,0021869	0,0021888	0,0021893	0,0021904	0,0021907	0,0021907
9	0,0016013	0,0016019	0,0016032	0,001604	0,0016048	0,0016053	0,0016056
10	0,0007133	0,0007133	0,0007144	0,0007149	0,0007163	0,0007168	0,0007168

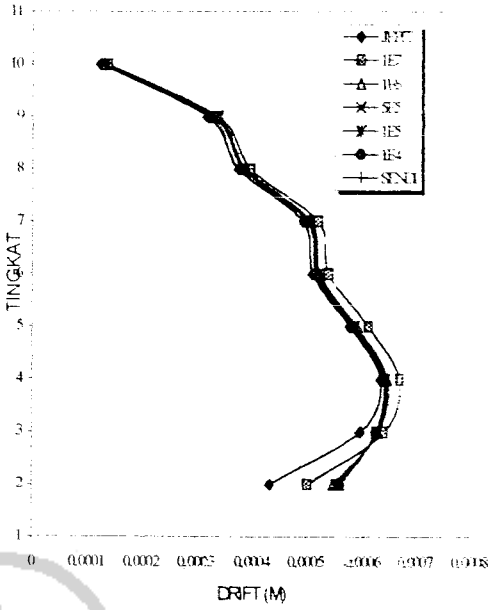
Tabel 7.4 Interstorey drift arah Y

Tkt	JEPIT	E=1E7	E=1E6	E=5E5	E=1E5	E=1E4	SENDI
2	0,0004322	0,0005015	0,000548	0,0005543	0,0005602	0,0005615	0,0005579
3	0,0005947	0,0006387	0,000628	0,0006259	0,0006235	0,0006229	0,0006237
4	0,000632	0,0006683	0,0006453	0,0006411	0,0006373	0,0006363	0,0006363
5	0,0005768	0,0006088	0,0005883	0,0005845	0,0005811	0,0005803	0,00058
6	0,0005115	0,0005405	0,0005243	0,0005213	0,0005184	0,0005179	0,0005179
7	0,0004928	0,0005203	0,0005067	0,0005045	0,0005023	0,0005013	0,0005013
8	0,0003728	0,0003952	0,0003861	0,000384	0,0003827	0,0003821	0,0003821
9	0,0003179	0,0003368	0,0003299	0,0003288	0,0003272	0,0003272	0,0003269
10	0,0001237	0,0001355	0,0001317	0,0001312	0,0001307	0,0001304	0,0001304

Inter-storey drift untuk kombinasi frame dengan wall masing-masing untuk pondasi Fix dan Flex disajikan pada gambar 7.3 dan 7.4. Tampak pada gambar inter-storey drift kurang dari 0,5 % (PPTGIUG, 1983) dan drift untuk struktur frame dengan pondasi Flex lebih besar dari struktur dengan pondasi Fix terutama pada tingkat-tingkat atas.



Gambar 7.3 Inter-storey drift arah X



Gambar 7.4 Inter-storey drift arah Y

7.3 Gaya geser dasar pada frame-wall

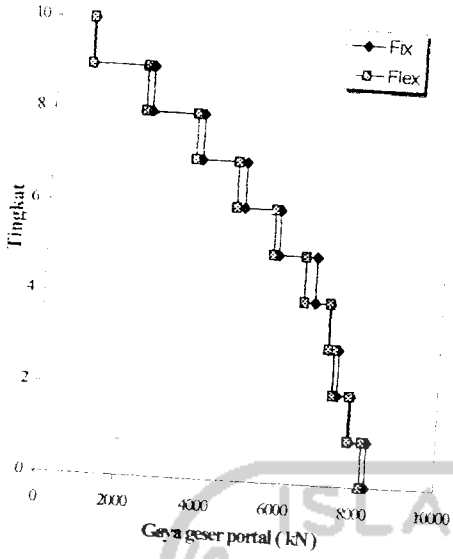
Gaya geser dasar adalah parameter respon struktur yang mempunyai dimensi. Parameter ini juga kadang-kadang dipakai sebagai indikator kemungkinan kerusakan struktur. Semakin besar gaya geser dasar yang harus ditahan semakin besar pula gaya horisontal tingkat yang terjadi. Akibatnya gaya-gaya dalam yang terjadi pada setiap elemen juga semakin besar.

Gaya geser dasar yang terjadi pada struktur ditunjukkan tabel dibawah ini.

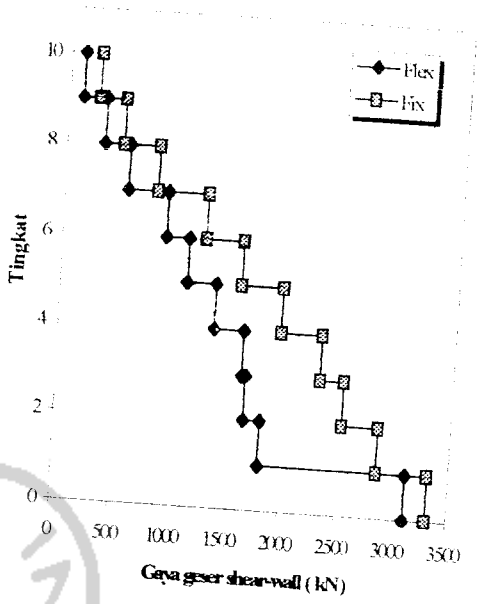
Tabel 7.5 Gaya geser dasar struktur frame-wall

Lantai	FRAME		WALL	
	Flex	Fix	Fix	Flex
1	8145,218	8294,513	3316,782	3118,6
2	7783,22	7831,74	2861,412	1798,696
3	7345,688	7459,625	2527,606	1650,016
4	7173,874	7198,569	2313,79	1614,528
5	6501,568	6791,972	1945,512	1355,61
6	5679,22	5810,876	1570,184	1101,964
7	4673,906	4896,326	1248,196	896,448
8	3567,468	3745,658	799,304	534,644
9	2290,068	2453,985	479,432	315,1
10	870,2	900,265	254,625	116,532

Tabel 7.5 diperjelas Gambar 7.5 dan 7.6 dibawah ini,



Gambar 7.5 Gaya geser dasar portal



Gambar 7.6 Gaya geser dasar shear-wall

Tampak pada Gambar 7.5 bahwa gaya geser yang didukung struktur LFix sedikit lebih besar daripada struktur LFlex. Hal ini terjadi karena adanya rotasi pondasi pada struktur Lflex akibat tanah dibawah pondasi bersifat fleksible yang ditunjukkan adanya kekakuan dan redaman interaksi. Kekakuan dan redaman interaksi tersebut kemudian dicangkokkan pada struktur atas sehingga membentuk sistem struktur baru. Dengan diperhitungkannya interaksi antara tanah dengan pondasi, maka kekakuan sistem struktur ini lebih kecil daripada struktur Lfix. Dengan menurunnya kekakuan sistem struktur dan berotasinya pondasi karena fleksibilitas tanah maka gaya geser yang dapat didukung oleh struktur LFlex menjadi berkurang.

Momen rencana yang digunakan dalam desain balok adalah momen dari hasil analisa struktur (output SAP90), dengan tinjauan momen pada as kolom dan muka kolom. Dari semua tinjauan momen rencana tersebut diambil momen maksimum hasil dari kombinasi-kombinasi pembebanan baik beban mati, beban hidup ataupun beban gempa. Hasil keseluruhan momen rencana ditabelkan dan digambarkan dengan grafik sebagai berikut,

Tabel 7.6 Momen rencana balok arah X-2

Lantai	Dimensi Balok	Momen di as kolom (kN-m)		Momen di muka kolom (kN-m)	
		M_u^-	M_u^+	M_u^-	M_u^+
1	300 x 600	741,38	714,56	682,65	668,564
2	300 x 550	516	515,89	498,66	492,32
3	300 x 550	506,54	492,74	484,34	475,21
4	300 x 500	493,12	474,12	471,63	461,39
5	250 x 500	455,61	445,12	435,59	419,37
6	250 x 500	415,1	405,08	396,87	380,09
7	250 x 450	361,91	355,88	345,96	340,98
8	250 x 450	296,45	288,59	275,59	261,43
9	250 x 400	227,88	201	191,47	179,58
10	250 x 400	140,65	128,86	134,66	121,69

Tabel 7.7 Momen rencana balok arah X-3

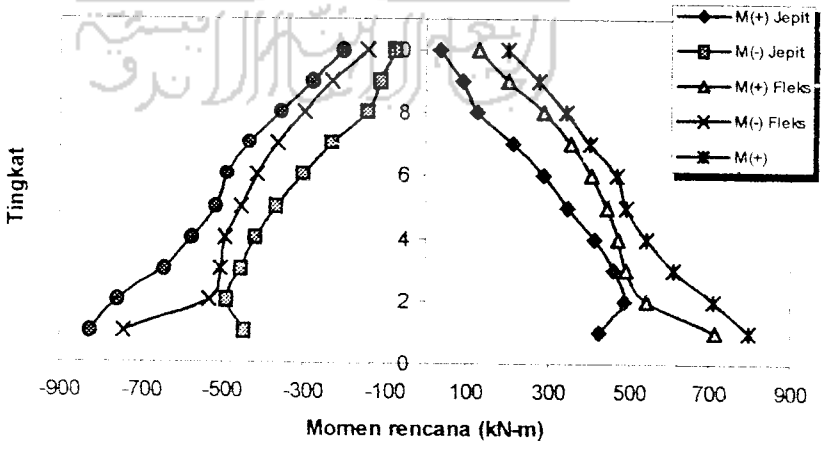
Lantai	Dimensi Balok	Momen di as kolom (kN-m)		Momen di muka kolom (kN-m)	
		M_u^-	M_u^+	M_u^-	M_u^+
1	300 x 550	603,16	633,16	575,69	594,26
2	300 x 550	408,19	435,29	389,45	401,35
3	300 x 500	377,18	401,73	358,32	379,25
4	300 x 500	341,49	363,84	325,82	335,02
5	250 x 500	294,18	315,15	280,64	295,65
6	250 x 450	244,14	267,13	232,78	250,21
7	250 x 450	236,12	185,38	226,75	171,26
8	250 x 400	147,59	183,52	140,23	170,02
9	250 x 350	89,771	125,38	84,99	111,26
10	250 x 350	73,378	66,069	70,279	64,98

Tabel 7.8 Momen rencana balok arah Y-F

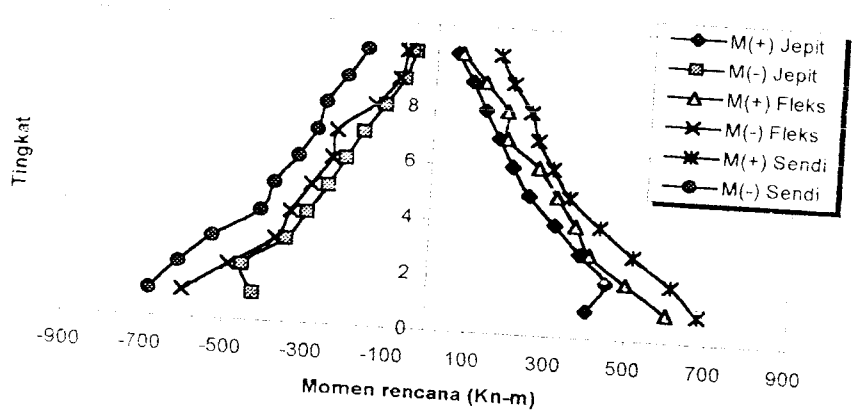
Lantai	Dimensi Balok	Momen di as kolom (kN-m)		Momen di muka kolom (kN-m)	
		M_u^-	M_u^+	M_u^-	M_u^+
1	350 x 650	847,34	519,85	758,61	469,698
2	350 x 600	687,01	457,65	616,95	414,54
3	350 x 600	652,83	421,68	586,88	389,28
4	350 x 600	620,12	398,02	566,79	361,54
5	300 x 600	592,87	361,21	544,12	326,73
6	300 x 600	534,97	264,65	492,67	245,95
7	300 x 550	500,28	231,94	466,23	210,92
8	300 x 550	435,67	201,65	408,49	179,65
9	300 x 500	384,05	159,61	366,67	146,25
10	250 x 450	173,17	134,61	167,24	124,65

Tabel 7.9 Momen rencana balok arah Y-E

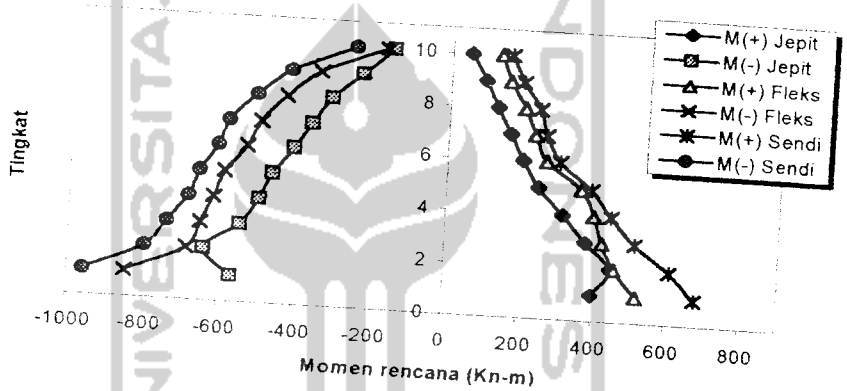
Lantai	Dimensi Balok	Momen di as kolom (kN-m)		Momen di muka kolom (kN-m)	
		M_u^-	M_u^+	M_u^-	M_u^+
1	300 x 500	1365,4	1038,3	1165,1	894,25
2	300 x 550	1264,7	975,73	1077,9	785,61
3	300 x 550	1121,6	828,17	958,97	701,56
4	300 x 500	991,09	690,36	869,65	612,54
5	250 x 500	893,31	593,23	785,95	499,64
6	250 x 500	796,16	491,82	703,14	435,25
7	250 x 450	710,4	401,69	636,27	364,19
8	250 x 450	634,72	317,36	571,25	287,26
9	250 x 400	579,22	289,61	530,95	-40,32
10	250 x 400	432,84	250,29	394,88	216,56



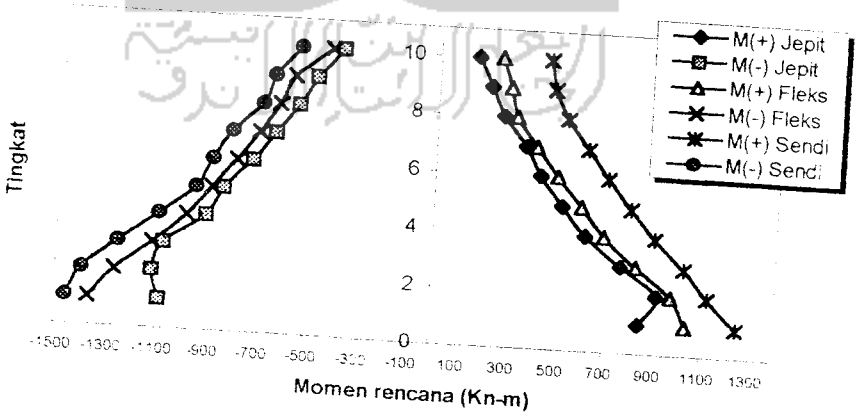
Gambar 7.7 Momen rencana balok arah X-2



Gambar 7.8 Momen rencana balok arah X-3



Gambar 7.9 Momen rencana balok arah Y-F



Gambar 7.10 Momen rencana balok arah Y-E

Dari keempat gambar diatas terlihat bahwa momen rencana pada as kolom lebih besar dari momen rencana di muka kolom, sehingga dalam perencanaan terkesan boros. Gambar 7.10 momen balok frame-wall lebih besar dari portal tanpa shear-wall sehingga dimensi balok lebih besar.

7.4.3 Perencanaan kolom

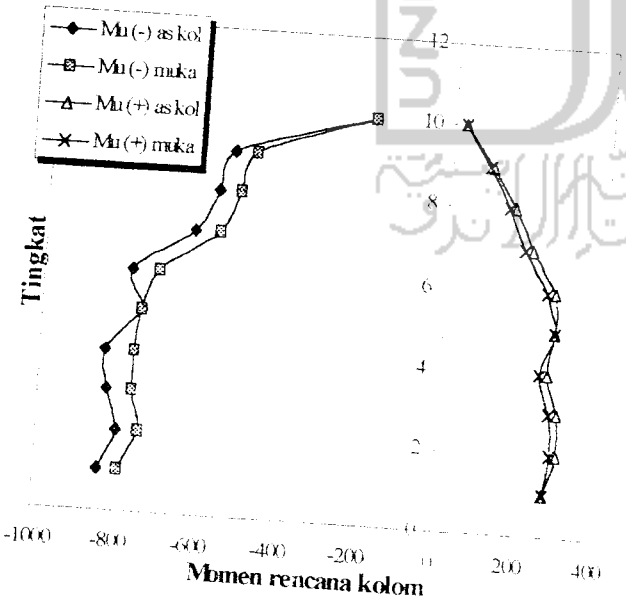
Momen rencana kolom di dapat dari momen kapasitas balok sehingga diharapkan terjadi *strong column weak beam*. Hal ini berakibat bila terjadi gaya gempa yang relatif besar, keruntuhan struktur di balok tidak di kolom.

Tabel 7.10 Momen rencana kolom F-2 dan F-3

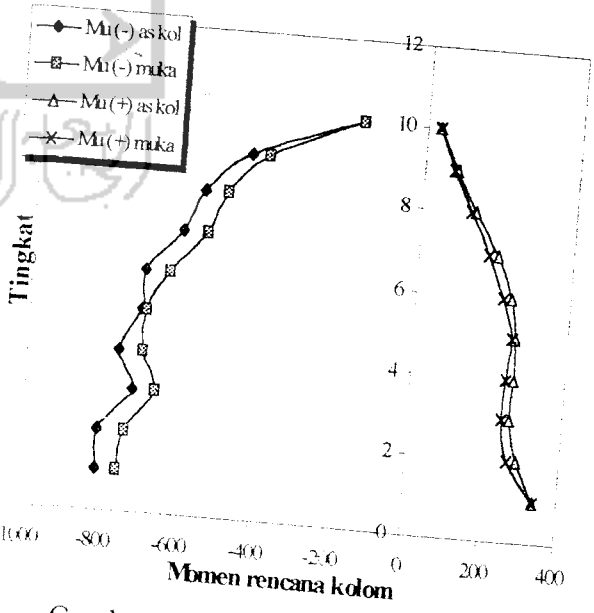
Kolom	Posisi	Dimensi Kolom (mm)	Pada as kolom		Pada muka kolom	
			M_u^-, k	M_u^+, k	M_u^-, k	M_u^+, k
1	Tengah	400 x 850	840,054	273,92	789,827	273,92
	Tepi	400 x 750	808,659	338,95	752,147	338,95
2	Tengah	400 x 850	799,065	303,854	744,498	285,684
	Tepi	400 x 750	806,465	285,884	735,478	262,366
3	Tengah	400 x 850	828,379	299,308	765,915	277,412
	Tepi	400 x 750	719,572	261,832	662,483	241,203
4	Tengah	400 x 750	838,478	270,518	763,936	248,737
	Tepi	400 x 650	759,928	264,444	700,228	246,061
5	Tengah	400 x 750	753,057	281,78	753,057	281,784
	Tepi	400 x 650	708,864	262,417	695,246	255,695
6	Tengah	400 x 750	780,968	277,869	715,443	257,417
	Tepi	400 x 650	704,797	246,315	641,458	226,215
7	Tengah	400 x 650	632,576	215,159	569,417	193,658
	Tepi	400 x 600	612,471	202,164	547,621	179,63
8	Tengah	400 x 650	578,443	165,339	523,531	150,708
	Tepi	400 x 600	562,435	138,504	504,756	124,407
9	Tengah	400 x 600	544,412	104,497	491,596	93,675
	Tepi	400 x 500	448,999	83,171	401,804	72,907
10	Tengah	400 x 600	195,81	28,258	195,81	28,252
	Tepi	400 x 500	162,397	32,521	162,397	32,513

Tabel 7.11 Momen rencana kolom E-2 dan E-3

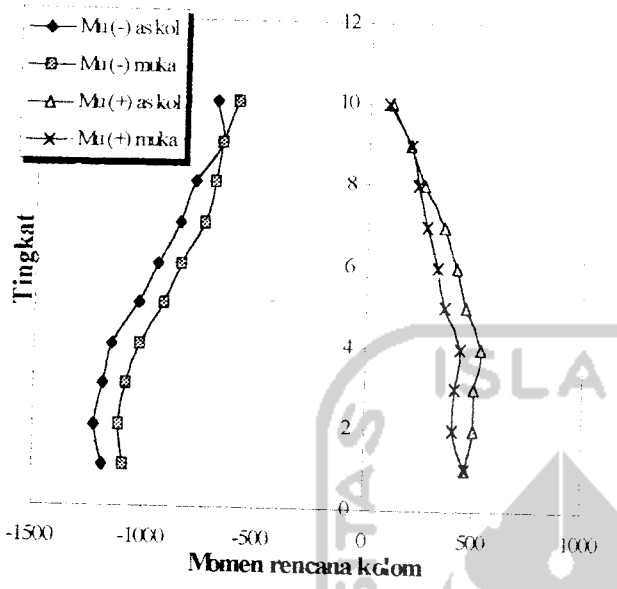
Kolom	Posisi	Dimensi Kolom (mm)	Pada as kolom		Pada muka kolom	
			M_u^-, k	M_u^+, k	M_u^-, k	M_u^+, k
1	Tengah	400 x 850	1182,97	459,66	1089,54	459,66
	Tepi	400 x 750	794,148	425,69	725,332	425,69
2	Tengah	400 x 850	1222,39	496,685	1113,88	406,476
	Tepi	400 x 750	1236,92	646,679	1111,16	518,753
3	Tengah	400 x 850	1182,99	496,292	1079,04	407,071
	Tepi	400 x 750	1268,74	449,651	1153,55	365,121
4	Tengah	400 x 750	1148,11	531,157	1025,41	429,226
	Tepi	400 x 650	1104,91	431,69	993,823	348,573
5	Tengah	400 x 750	1029,58	458,543	917,688	358,809
	Tepi	400 x 650	981,606	421,016	857,493	317,792
6	Tengah	400 x 750	944,975	412,035	842,243	322,438
	Tepi	400 x 650	949,885	378,718	841,003	290,403
7	Tengah	400 x 650	853,582	354,191	738,59	268,328
	Tepi	400 x 600	749,948	306,252	644,592	227,344
8	Tengah	400 x 650	783,268	250,478	694,162	226,079
	Tepi	400 x 600	779,409	251,313	685,561	224,539
9	Tengah	400 x 600	660,677	184,559	660,677	184,559
	Tepi	400 x 500	414,891	155,359	612,352	154,961
10	Tengah	400 x 600	691,141	99,522	594,411	84,981
	Tepi	400 x 500	651,902	127,366	556,31	132,88



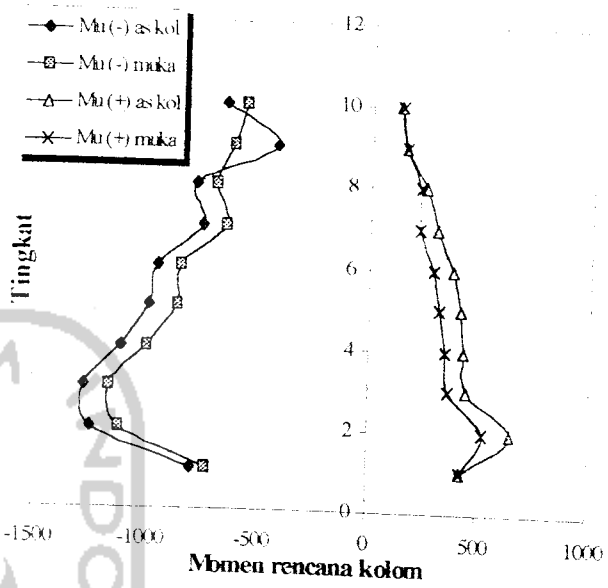
Gambar 7.11 Momen rencana kolom F tengah



Gambar 7.12 Momen rencana kolom F tepi



Gambar 7.13 Momen rencana kolom E tengah



Gambar 7.14 Momen rencana kolom E tepi

Dari keempat gambar diatas diketahui bahwa momen kolom E (Gambar 7.13 dan 7.14) lebih besar dari kolom F (Gambar 7.11 dan 7.12) atau dengan kata lain momen kolom pada portal dengan dinding geser lebih besar dari kolom pada portal tanpa dinding geser.

Pada prinsipnya penentuan momen rencana untuk perencanaan kolom haruslah dikomparasikan antara hasil analisa *overstreng* elemen dengan hasil analisa struktur secara keseluruhan. Hal ini untuk mengantisipasi terjadinya perencanaan *under capacity* dimana kapasitas elemen yang direncanakan memiliki kekuatan dibawah kebutuhan gaya yang harus didukung. Komparasi itu juga perlukan karena perhitungan akibat *overstreng* balok pada konsep *strong*

coloumn weak beam belum dapat memberikan jaminan terhadap penentuan kebutuhan gaya yang harus didukung pada suatu elemen kolom.

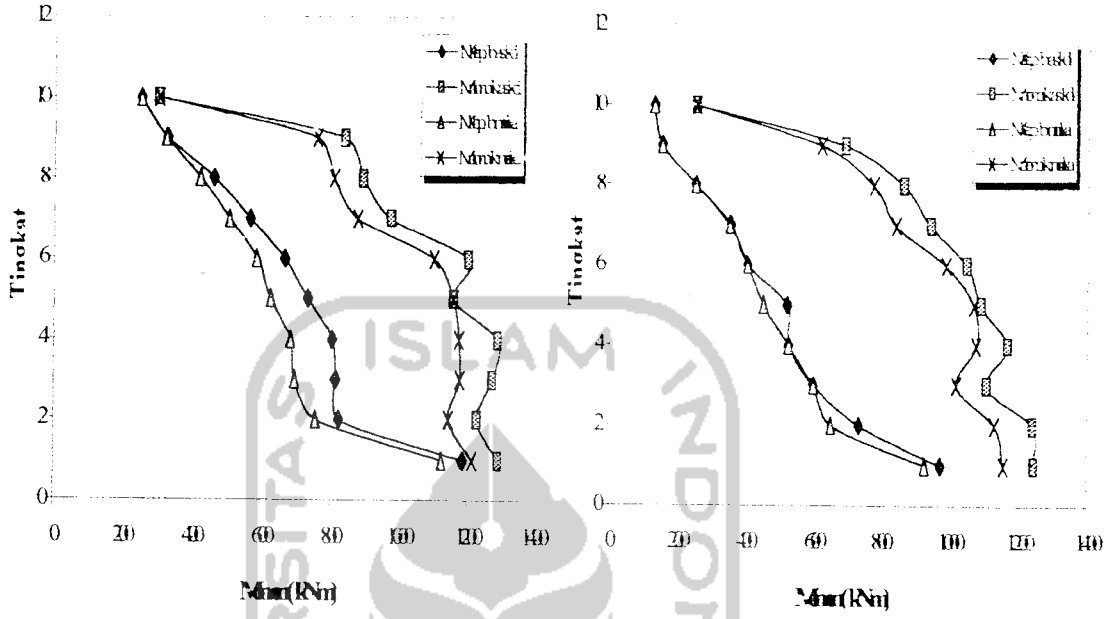
7.6 Perbandingan momen kapasitas balok terhadap momen nominal kolom

Pada desain struktur tahan gempa dalam Tugas Akhir ini, mekanisme keruntuhan yang dipilih adalah mekanisme keruntuhan pada balok sehingga dalam perencanaan elemen kolom, momen rencana kolom yang digunakan harus lebih besar dari momen kapasitas balok (*strong coloumn weak beam*).

Untuk mengetahui apakah struktur kolom lebih kuat dari balok, maka penulis menampilkan perbandingan antara momen kapasitas balok dengan momen nominal kolom seperti pada tabel dibawah ini,

Tabel 7.12 Perbandingan $M_{kap,\,b}$ dengan $M_{nom,\,kol}$

Lantai	Posisi	Momen as kolom (kN-m)		Momen muka kolom (kN-m)	
		$M_{kap,\,balok}$	$M_{nom,\,kolom}$	$M_{kap,\,balok}$	$M_{nom,\,kolom}$
1	Tengah	1186,637	1292,39	1125,65	1215,1184
	Tepi	972	1244,09	926,8	1157,1492
2	Tengah	823,5125	1229,33	755,658	1145,3825
	Tepi	733,7375	1240,72	648,25	1131,5046
3	Tengah	813,5125	1274,43	694,659	1178,3308
	Tepi	597,075	1107,03	597,075	1019,2046
4	Tengah	803,4875	1289,97	681,51	1175,2861
	Tepi	527,5375	1169,12	527,5375	1077,2738
5	Tengah	730,775	1158,55	624,056	1158,5492
	Tepi	522,875	1090,56	452,5625	1069,6092
6	Tengah	664,1375	1201,49	584,268	1100,6815
	Tepi	404,3125	1048,31	404,3125	986,8584
7	Tengah	565,0875	973,19	504,659	876,0261
	Tepi	354,3125	942,26	350,075	842,4938
8	Tengah	459,8375	889,91	419,356	805,4323
	Tepi	249,55	865,28	249,55	776,5477
9	Tengah	325,725	837,56	322,546	756,3015
	Tepi	152,1125	690,77	152,1125	618,1554
10	Tengah	249,55	360,78	249,55	301,2461
	Tepi	129,2875	249,84	129,2875	249,831



Momen kolom tengah

(a)

Momen kolom tepi

(b)

Gambar 7.15 Perbandingan $M_{kap.\ balok}$ dan $M_{nom.\ kolom}$

Dari Gambar 7.15 diatas dapat dilihat bahwa momen nominal rencana kolom lantai 1 sampai 10 dengn tinjauan momen di as kolom dan muka kolom lebih besar dibandingkan dengan momen kapasitas balok. Hal ini menunjukkan bahwa dalam pendesainan tulangan kolom lebih kuat dari balok, sehingga mekanisme keruntuhan di balok atau sendi-sendi plastik yang diharapkan terjadi di ujung-ujung balok dapat terpenuhi (*strong coloumn weak beam*).

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil serangkaian penelitian tentang variasi kekakuan balok pondasi dalam hubungannya dengan desain struktur frame wall daktail, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekakuan balok pondasi yang dipakai dalam perancangan yaitu pada nilai E=1E6 yang simpangan horisontalnya antara simpangan akibat perletakan jepit murni (E=1E10) dan sendi murni (E=0),
2. Gaya geser pada dinding geser dengan dukungan jepit lebih besar dibandingkan dukungan fleksible dan sendi murni sehingga dalam perencanaannya boros,
3. Momen, gaya aksial dan gaya geser yang terjadi pada portal dengan dinding geser lebih besar dari portal tanpa dinding geser. Gaya aksial yang terjadi lebih banyak akibat beban mati dan hidup daripada beban gempa, sedangkan pada gaya geser dan momen beban gempa lebih mendominasi.
4. Secara keseluruhan struktur masih didominasi oleh *frame* dibandingkan *shear wall,* karena shear wall yang digunakan hanya didua portal dan hanya pada kolom tengah sehingga pengaruhnya tidak mendominasi struktur secara keseluruhan.

5. Desain struktur dengan tinjauan momen pada as kolom relatif lebih boros dibandingkan desain struktur dengan tinjauan momen pada muka kolom.

8.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hasil dari tugas akhir ini dan juga batasan-batasan yang digunakan dalam pengerjaannya, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Penempatan dinding geser dalam penelitian ini terbatas pada dua portal saja dan belum diketahui pengaruh penempatan dinding geser pada banyak portal terhadap struktur.
2. Momen yang terjadi di *shearwall* berubah drastis apabila kondisi kekakuan balok pondasi itu fleksibel (E=1E6), karena itu perlu pengambilan nilai modulus elastisitas yang dekat dari kondisi jepit (E=1E10).
3. Belum diketahui apakah hasil-hasil pada tugas akhir ini dapat digunakan pada struktur dengan panjang yang berbeda, sehingga perlu penelitian pada posisi dinding geser yang sama dengan bentang yang berbeda.
4. Struktur yang digunakan dalam penelitian ini adalah struktur yang simetris baik pada bentuk dan beban yang bekerja sehingga belum diketahui pengaruh penempatan dinding geser pada struktur yang tidak simetris.
5. Perletakan pondasi dalam tugas akhir ini ditinjau berdasarkan variasi kekakuan balok pondasi dan belum dicoba pengaruh perletakan pondasi dengan peredam, misalnya pegas atau ban terhadap struktur.

DAFTAR PUSTAKA

A. K. Maliki, R. Soekrisno, 1997, **ANALISIS SRUKTUR DENGAN SAP 90**, Jilid 1-2, Andi Offset, Yogyakarta.

Agus T. H., Husnadi, **STUDI KOMPARATIF PEMAKAIAN STRUKTUR DINDING GESER PADA GEDUNG HOTEL MELIA PUROSANI YOGYAKARTA**, Laporan Tugas akhir, UII, Yogyakarta.

Agus Widodo dan Nugroho Adijono, 1996, **PERHITUNGAN SENGKANG PADA JOINT BALOK KOLOM PERSEGI DAN TULANGAN GESER PADA PENAMPANG KRITIS**, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Dipohusodo, Istimawan, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia Pustaka Utama , Jakarta.

Dowrick, David J, 1987, ***EARTQUAKE RESISTANT DESIGN***, Edisi 2, John Wiley and Son, Singapura.

George, Winter dan Arthur H. Nilson, 1993, **PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT. Pratnya Paramita, Jakarta.

Gusti Andri Wahyudi, 1998, **ANALISIS PENULANGAN TAHAN GEMPA PADA PORTAL BETON BERTULANG KONVENSIONAL DENGAN MENGGUNAKAN KONSEP *STRONG COLUMN WEAK BEAM***, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hutchison, 1990, **DESAIN STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DI DAERAH RAWAN GEMPA**, Jakarta.

Kiyoshi Muto, 1993, **ANALISIS PERANCANGAN GEDUNG TAHAN GEMPA**, Erlangga, Jakarta.

Kusuma, Gideon H, 1993, **DISAIN STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG DI DAERAH RAWAN GEMPA**, Eralangga, Jakarta

Mosley, W.H, Bungey, J.H, 1984, **PERENCANAAN BETON BERTULANG**, Edisi 2, Erlangga, Jakarta.

M. Syafruddin, S.A. Iryawan, 1999, **ANALISIS DAN DESAIN PENULANGAN UNTUK LENTUR DAN GESER PADA STRUKTUR DINDING GESER**, Laporan Tugas Akhir, UII, Yogyakarta.

Nawy, Edward G, 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, Erasko, Bandung.

Sudarmoko, 1994, **PERENCANAAN DAN ANALISIS KOLOM BETON BERTULANG**, Biro penerbit UGM, Yogyakarta.

Suryolelono, K.B., TEKNIK PONDASI BAGIAN I, PONDASI TELAPAK DAN DINDING PENAHAN TANAH, Biro penerbit UGM, Yogyakarta.

T. Paulay, M.J.N.Priestley, 1992, ***SEISMIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE AND MASONRY BUILDINGS***, John Wiley and Sons, Inc., Canada

Utomo, Junaedi, 1992, **PERENCANAAN DINDING GESER BETON DAKTAIL**, Seminar Nasional, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.

Wang, Chu Kia, Salmon, Charles, G, 1993, **DISAIN BETON BERTULANG**, Edisi 4,Erlangga, Jakarta.

Widodo, 1998, **Diktat Perkuliahan Teknik Gempa**, UII, Yogyakarta.

_____, 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG**, SKBI-1.3.53.1987, Yayasan Penerbit DPU.

_____, 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN UNTUK RUMAH DAN GEDUNG**, SKBI-1.3.53.1987, Yayasan Penerbit DPU.

_____, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG (SK SNI T-15 1991-03)**, Yayasan LPMB, Bandung.

Proposal dll
TA 3 bulan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	LEPTI SUBANDI	95 511 047		STRUKTUR
2.	ROBBY DWI HARTANTO	95 511 080		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR : DESAIN STRUKTUR PLAT DENGAN METODE PENDEKATAN - HITUNGAN KEKAKUAN PADA PLAT LANTAI

Dosen Pembimbing I : IR. WIDODO MOERTI, MSCE, PhD
Dosen Pembimbing II : IR. FATKHURRAHMAN M, MT

1



2



Yogyakarta, 11 AGUSTUS 1999
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN YOGYAKARTA

(TAUFIQUR RACHMAN, MSc)

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
			lanjutkan dg analisis Konsultasi selasa Rabu Dimensi balok & kolom cek x diperbesar Tabel momen rencana balok dibuat lengkap dan diberi nomor ! Gunakan momen muka kolom bukan kolom, kemudian dirancang struktur atas Distribusi gaya geser oleh gempa ke elemen vertikal proporsional dg kekakuan elemen Perhatikan eksentrisitas antar	8/11-99. 26/11-99

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
			Tadi ada Struktur, kolom Beam atau Wall, $F = m.a$ Desain kolom dijelaskan untuk tarik atau tekan desain. atau gunakan pcm/interaksi kolom untuk beroleh A_s dan A_s'. Tugaskan. Beam column joint dg. Gambar Dilanjutkan kepada Dosen Pembimbing utama Agar mempersiapkan	4/1 2000

9/1/2000

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
			Perhitungan kolom biaksial & Gambar diagram interaksi telah selesai.	1/2 - 2008
10			Dapat maju pendadaran	
			Perbaikan telah selesai	08/02 2008

LAMPIRAN 2

```
PERANCANGAN APARTEMEN 10 LANTAI
C SATUAN      : KN,M
C ENGINEER : 1. ROBBY DWI HARTANTO
             2. LEPTI SUBANDI
SYSTEM
L=4 : BEBAN MATI, BEBAN HIDUP, GEMPA ARAH X, GEMPA ARAH Y
JOINTS
1   X=0  Y=0   Z=0
16  X=60 Y=0   Z=0 G=1,16,1
17  X=0  Y=-9  Z=0
32  X=60 Y=-9  Z=0 G=17,32,1
33  X=0  Y=-18 Z=0
48  X=60 Y=-18 Z=0 G=33,48,1
49  X=0  Y=0   Z=5.25
64  X=60 Y=0   Z=5.25
481 X=0  Y=0   Z=39
496 X=60 Y=0   Z=39 Q=49,64,481,496,1,48
65  X=0  Y=-9  Z=5.25
80  X=60
497 X=0  Y=-9  Z=39
512 X=60 Y=-9  Z=39 Q=65,80,497,512,1,48
81  X=0  Y=-18 Z=5.25
96  X=60
513 X=0  Y=-18 Z=39
528 X=60 Y=-18 Z=39 Q=81,96,513,528,1,48
RESTRAINTS
1 48 1    R=1,1,1,0,0,0 : SENDI
FRAME
NM=9 NL=20 NSEC=3 Z=-1
1 SH=R T=0.85,0.4 E=2.6E7 G=1.07E7 W=0.85*0.4*2400*0.00981  : KOL INT 1-3
2 SH=R T=0.75,0.4 E=2.6E7 G=1.07E7 W=0.75*0.4*2400*0.00981  : KOL INT 4-6 DAN EKS 1-3
3 SH=R T=0.65,0.4 E=2.6E7 G=1.07E7 W=0.65*0.4*2400*0.00981  : KOL INT 7-8 DAN EKS 4-6
4 SH=R T=0.6,0.4  E=2.6E7 G=1.07E7 W=0.6*0.4*2400*0.00981   : KOL INT 9-10 DAN EKS 7-8
5 SH=R T=0.5,0.4  E=2.6E7 G=1.07E7 W=0.5*0.4*2400*0.00981   : KOL EKS 9-10
6 SH=R T=0.5,0.3                                            : BALOK ARAH X
7 SH=R T=0.8,0.4                                            : BALOK ARAH Y
8 SH=R T=0.8,0.4  E=1E6    G=1.07E7 W=0.8*0.4*2400*0.00981  : BALOK PONDASI
9 SH=R T=5.5,0.3  E=2.6E7 G=1.07E7 W=5.5*0.3*2400*0.00981   : DINDING GESER
1 WG=0,0,-7.54    : BEBAN MATI ATAP ARAH X PORTAL I DAN III
2 WG=0,0,-14.56   : BEBAN MATI LANTAI 2-9
3 WG=0,0,-15.48   : BEBAN MATI LANTAI 1
4 WG=0,0,-0.981   : BEBAN HIDUP ATAP
5 WG=0,0,-2.45    : BEBAN HIDUP LANTAI 1-9
6 WG=0,0,-11.53   : BEBAN MATI ATAP PORTAL II
7 WG=0,0,-25.60   : BEBAN MATI LANTAI 2-9
8 WG=0,0,-27.40   : BEBAN MATI LANTAI 1
9 WG=0,0,-1.96    : BEBAN HIDUP ATAP
10 WG=0,0,-4.91   : BEBAN HIDUP LANTAI 1-9
11 TRAP=0,-13.11,0,9,-13.11,0  : BEBAN MATI ATAP ARAH Y PORTAL A
12 TRAP=0,-25.76,0,9,-25.76,0  : BEBAN MATI LANTAI 2-9
13 TRAP=0,-27.56,0,9,-27.56,0  : BEBAN MATI LANTAI 1
14 TRAP=0,-1.4,0,9,-1.4,0      : BEBAN HIDUP ATAP
15 TRAP=0,-3.44,0,9,-3.44,0    : BEBAN HIDUP LANTAI 1-9
16 TRAP=0,-18.76,0,9,-18.76,0  : BEBAN MATI ATAP PORTAL E
17 TRAP=0,-34.76,0,9,-34.76,0  : BEBAN MATI LANTAI 2-9
18 TRAP=0,-36.57,0,9,-36.57,0  : BEBAN MATI LANTAI 1
19 TRAP=0,-2.7,0,9,-2.7,0      : BEBAN HIDUP ATAP
20 TRAP=0,-6.87,0,9,-6.87,0    : BEBAN HIDUP LANTAI 1-9
```

C KOLOM LANTAI 1
1 1 49 M=2 LP=3 G=15,1,1,1
17 17 65 M=1 LP=3 G=3,1,1,1
21 21 69 M=9 LP=3
22 22 70 M=1 LP=3 G=5,1,1,1
28 28 76 M=9 LP=3
29 29 77 M=1 LP=3 G=3,1,1,1
33 33 81 M=2 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 2
49 49 97 M=2 LP=3 G=15,1,1,1
65 65 113 M=1 LP=3 G=3,1,1,1
69 69 117 M=9 LP=3
70 70 118 M=1 LP=3 G=5,1,1,1
76 76 124 M=9 LP=3
77 77 125 M=1 LP=3 G=3,1,1,1
81 81 129 M=2 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 3
97 97 145 M=2 LP=3 G=15,1,1,1
113 113 161 M=1 LP=3 G=3,1,1,1
117 117 165 M=9 LP=3
118 118 166 M=1 LP=3 G=5,1,1,1
124 124 172 M=9 LP=3
125 125 173 M=1 LP=3 G=3,1,1,1
129 129 177 M=2 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 4
145 145 193 M=3 LP=3 G=15,1,1,1
161 161 209 M=2 LP=3 G=3,1,1,1
165 165 213 M=9 LP=3
166 166 214 M=2 LP=3 G=5,1,1,1
172 172 220 M=9 LP=3
173 173 221 M=2 LP=3 G=3,1,1,1
177 177 225 M=3 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 5
193 193 241 M=3 LP=3 G=15,1,1,1
209 209 257 M=2 LP=3 G=3,1,1,1
213 213 261 M=9 LP=3
214 214 262 M=2 LP=3 G=5,1,1,1
220 220 268 M=9 LP=3
221 221 269 M=2 LP=3 G=3,1,1,1
225 225 273 M=3 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 6
241 241 289 M=3 LP=3 G=15,1,1,1
257 257 305 M=2 LP=3 G=3,1,1,1
261 261 309 M=9 LP=3
262 262 310 M=2 LP=3 G=5,1,1,1
268 268 316 M=9 LP=3
269 269 317 M=2 LP=3 G=3,1,1,1
273 273 321 M=3 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 7
289 289 337 M=4 LP=3 G=15,1,1,1
305 305 353 M=3 LP=3 G=3,1,1,1
309 309 357 M=9 LP=3
310 310 358 M=3 LP=3 G=5,1,1,1
316 316 364 M=9 LP=3
317 317 365 M=3 LP=3 G=3,1,1,1
321 321 369 M=4 LP=3 G=15,1,1,1

C KOLOM LANTAI 8
337 337 385 M=4 LP=3 G=15,1,1,1
353 353 401 M=3 LP=3 G=3,1,1,1
357 357 405 M=9 LP=3
358 358 406 M=3 LP=3 G=5,1,1,1
364 364 412 M=9 LP=3
365 365 413 M=3 LP=3 G=3,1,1,1
369 369 417 M=4 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 9
385 385 433 M=5 LP=3 G=15,1,1,1
401 401 449 M=4 LP=3 G=3,1,1,1
405 405 453 M=9 LP=3
406 406 454 M=4 LP=3 G=5,1,1,1
412 412 460 M=9 LP=3
413 413 461 M=4 LP=3 G=3,1,1,1
417 417 465 M=5 LP=3 G=15,1,1,1
C KOLOM LANTAI 10
433 433 481 M=5 LP=3 G=15,1,1,1
449 449 497 M=4 LP=3 G=3,1,1,1
453 453 501 M=9 LP=3
454 454 502 M=4 LP=3 G=5,1,1,1
460 460 508 M=9 LP=3
461 461 509 M=4 LP=3 G=3,1,1,1
465 465 513 M=5 LP=3 G=15,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 2
481 49 50 M=6 LP=2 NSL=3,5 G=14,1,1,1
496 65 66 M=6 LP=2 NSL=8,10 G=14,1,1,1
511 81 82 M=6 LP=2 NSL=3,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 3
526 97 98 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
541 113 114 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
556 129 130 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 4
571 145 146 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
586 161 162 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
601 177 178 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 5
616 193 194 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
631 209 210 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
646 225 226 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 6
661 241 242 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
676 257 258 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
691 273 274 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 7
706 289 290 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
721 305 306 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
736 321 322 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 8
751 337 338 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
766 353 354 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
781 369 370 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X LANTAI 9
796 385 386 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
811 401 402 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
826 417 418 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1

C BALOK ARAH X LANTAI 10
841 433 434 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
856 449 450 M=6 LP=2 NSL=7,10 G=14,1,1,1
871 465 466 M=6 LP=2 NSL=2,5 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH X ATAP
886 481 482 M=6 LP=2 NSL=1,4 G=14,1,1,1
901 497 498 M=6 LP=2 NSL=6,9 G=14,1,1,1
916 513 514 M=6 LP=2 NSL=1,4 G=14,1,1,1
C BALOK PONDASI ARAH X
1251 1 2 M=8 LP=2 NSL=0,0 G=14,1,1,1
1266 17 18 M=8 LP=2 NSL=0,0 G=14,1,1,1
1281 33 34 M=8 LP=2 NSL=0,0 G=14,1,1,1
C BALOK ARAH Y LANTAI 2
931 49 65 M=7 LP=3 NSL=13,15 G=1,16,16,16
932 50 66 M=7 LP=3 NSL=18,20 G=2,1,1,1
935 53 69 M=7 LP=3 NSL=18,20 RE=0,2.75
936 54 70 M=7 LP=3 NSL=18,20 G=5,1,1,1
942 60 76 M=7 LP=3 NSL=18,20 RE=0,2.75
943 61 77 M=7 LP=3 NSL=18,20 G=2,1,1,1
946 64 80 M=7 LP=3 NSL=13,15 G=1,16,16,16
948 66 82 M=7 LP=3 NSL=18,20 G=2,1,1,1
951 69 85 M=7 LP=3 NSL=18,20 RE=2.75,0
952 70 86 M=7 LP=3 NSL=18,20 G=5,1,1,1
958 76 92 M=7 LP=3 NSL=18,20 RE=2.75,0
959 77 93 M=7 LP=3 NSL=18,20 G=2,1,1,1
C BALOK ARAH Y LANTAI 3
963 97 113 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
964 98 114 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
967 101 117 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
968 102 118 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
974 108 124 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
975 109 125 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
978 112 128 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
980 114 130 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
983 117 133 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
984 118 134 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
990 124 140 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
991 125 141 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
C BALOK ARAH Y LANTAI 4
995 145 161 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
996 146 162 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
999 149 165 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1000 150 166 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1006 156 172 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1007 157 173 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1010 160 176 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1012 162 178 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1015 165 181 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1016 166 182 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1022 172 188 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1023 173 189 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
C BALOK ARAH Y LANTAI 5
1027 193 209 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1028 194 210 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1031 197 213 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1032 198 214 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1038 204 220 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1039 205 221 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1042 208 224 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16

1044 210 226 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1047 213 229 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1048 214 230 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1054 220 236 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1055 221 237 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1

C BALOK ARAH Y LANTAI 6

1059 241 257 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1060 242 258 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1063 245 261 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1064 246 262 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1070 252 268 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.70
1071 253 269 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1074 256 272 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1076 258 274 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1079 261 277 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1080 262 278 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1086 268 284 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1087 269 285 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1

C BALOK ARAH Y LANTAI 7

1091 289 305 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1092 290 306 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1095 293 309 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1096 294 310 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1102 300 316 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1103 301 317 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1106 304 320 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1108 306 322 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1111 309 325 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1112 310 326 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1118 316 332 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1119 317 333 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1

C BALOK ARAH Y LANTAI 8

1123 337 353 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1124 338 354 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1127 341 357 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1128 342 358 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1134 348 364 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1135 349 365 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1138 352 368 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1140 354 370 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1143 357 373 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1144 358 374 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1150 364 380 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1151 365 381 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1

C BALOK ARAH Y LANTAI 9

1155 385 401 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1156 386 402 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1159 389 405 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1160 390 406 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1166 396 412 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1167 397 413 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1170 400 416 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1172 402 418 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1175 405 421 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1176 406 422 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1182 412 428 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1183 413 429 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1

C BALOK ARAH Y LANTAI 10
1187 433 449 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1188 434 450 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1191 437 453 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1192 438 454 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1198 444 460 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=0,2.75
1199 445 461 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1202 448 464 M=7 LP=3 NSL=12,15 G=1,16,16,16
1204 450 466 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
1207 453 469 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1208 454 470 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=5,1,1,1
1214 460 476 M=7 LP=3 NSL=17,20 RE=2.75,0
1215 461 477 M=7 LP=3 NSL=17,20 G=2,1,1,1
C BALOK ARAH Y LANTAI 11
1219 481 497 M=7 LP=3 NSL=11,14 G=1,16,16,16
1220 482 498 M=7 LP=3 NSL=16,19 G=2,1,1,1
1223 485 501 M=7 LP=3 NSL=16,19 RE=0,2.75
1224 486 502 M=7 LP=3 NSL=16,19 G=5,1,1,1
1230 492 508 M=7 LP=3 NSL=16,19 RE=0,2.75
1231 493 509 M=7 LP=3 NSL=16,19 G=2,1,1,1
1234 496 512 M=7 LP=3 NSL=11,14 G=1,16,16,16
1236 498 514 M=7 LP=3 NSL=16,19 G=2,1,1,1
1239 501 517 M=7 LP=3 NSL=16,19 RE=2.75,0
1240 502 518 M=7 LP=3 NSL=16,19 G=5,1,1,1
1246 508 524 M=7 LP=3 NSL=16,19 RE=2.75,0
1247 509 525 M=7 LP=3 NSL=16,19 G=2,1,1,1
C BALOK PONDASI ARAH Y
1296 1 17 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=1,16,16,16
1297 2 18 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=2,1,1,1
1300 5 21 M=8 LP=3 NSL=0,0 RE=0,2.75
1301 6 22 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=5,1,1,1
1307 12 28 M=8 LP=3 NSL=0,0 RE=0,2.75
1308 13 29 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=2,1,1,1
1311 16 32 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=1,16,16,16
1313 18 34 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=2,1,1,1
1316 21 37 M=8 LP=3 NSL=0,0 RE=2.75,0
1317 22 38 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=5,1,1,1
1323 28 44 M=8 LP=3 NSL=0,0 RE=2.75,0
1324 29 45 M=8 LP=3 NSL=0,0 G=2,1,1,1
LOADS
C GEMPA ARAH X
49 81 16 L=3 F=83,0,0
97 129 16 L=3 F=132,0,0
145 177 16 L=3 F=186,0,0
193 225 16 L=3 F=239,0,0
241 273 16 L=3 F=293,0,0
289 321 16 L=3 F=346,0,0
337 369 16 L=3 F=398,0,0
385 417 16 L=3 F=449,0,0
433 465 16 L=3 F=500,0,0
481 513 16 L=3 F=344,0,0
C GEMPA ARAH Y
49 64 1 L=4 F=0,-16,0
97 112 1 L=4 F=0,-25,0
145 160 1 L=4 F=0,-35,0
193 208 1 L=4 F=0,-45,0
241 256 1 L=4 F=0,-55,0
289 304 1 L=4 F=0,-65,0
337 352 1 L=4 F=0,-75,0

385 400 1 L=4 F=0,-84,0
433 448 1 L=4 F=0,-94,0
481 496 1 L=4 F=0,-65,0

COMBO

1 C=1,0,0,0 : AKIBAT BEBAN MATI
2 C=0,1,0,0 : AKIBAT BEBAN HIDUP
3 C=0,0,1,0 : AKIBAT BEBAN GEMPA ARAH X
4 C=0,0,0,1 : AKIBAT BEBAN GEMPA ARAH Y

PERANCANGAN APARTEMEN 10 LANTAI
GAYA KOLOM AS E-2

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	SHEAR	SHEAR	PLANE MOMENT	PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE
21	-----	----------	----------		----------			--------
	1	0.000					0.000	2265.208
		0.000	0.007	0.068	0.000	-0.082		
		2.625	0.007	0.068	0.017	0.096		
		5.250	0.007	0.068	0.035	0.274		
		5.250						
	2	0.000					0.000	2469.158
		0.000	0.001	-0.002	0.000	0.006	0.000	736.528
		2.625	0.001	-0.002	0.004	0.001		
		5.250	0.001	-0.002	0.007	-0.003		
		5.250						
	3	0.000					0.000	736.528
		0.000	0.000	309.695	0.000	493.832	0.000	-4.275
		2.625	0.000	309.695	0.000	-319.117		-
		5.250	0.000	309.695	0.000	-1132.067		-
		5.250						-
	4	0.000					0.000	-4.275
		0.000	-1559.303	0.000	131.233	0.000	0.169	-0.651
		2.625	-1559.303	0.000	-3961.936	0.000		
		5.250	-1559.303	0.000	-8055.106	0.000		
		5.250						
							0.169	-0.651
69	1	0.000						
		0.000	0.004	-0.165	0.017	0.345	0.000	2107.631
		1.875	0.004	-0.165	0.025	0.036		
		3.750	0.004	-0.165	0.032	-0.273		
		3.750						
	2	0.000					0.000	2253.310
		0.000	0.001	-0.021	0.004	0.033	0.000	667.929
		1.875	0.001	-0.021	0.005	-0.006		
		3.750	0.001	-0.021	0.006	-0.045		
		3.750						
	3	0.000					0.000	667.929
		0.000	0.000	220.534	0.000	300.749	0.000	-3.872
		1.875	0.000	220.534	0.000	-112.753		-
		3.750	0.000	220.534	0.000	-526.254		-
		3.750						-
	4	0.000					0.000	-3.872
		0.000	-899.348	0.000	-3909.506	0.000	0.110	-0.524
		1.875	-899.348	0.000	-5595.783	0.000		
		3.750	-899.348	0.000	-7282.060	0.000		
		3.750						
117	-----	----------	----------		----------		0.110	-0.524
	1	0.000						--------
		0.000	0.003	-0.003	0.015	-0.050	0.000	1901.071
		1.875	0.003	-0.003	0.022	-0.055		
		3.750	0.003	-0.003	0.028	-0.060	0.000	2046.750

PERANCANGAN APARTEMEN 10 LANTAI
GAYA KOLOM AS E-2

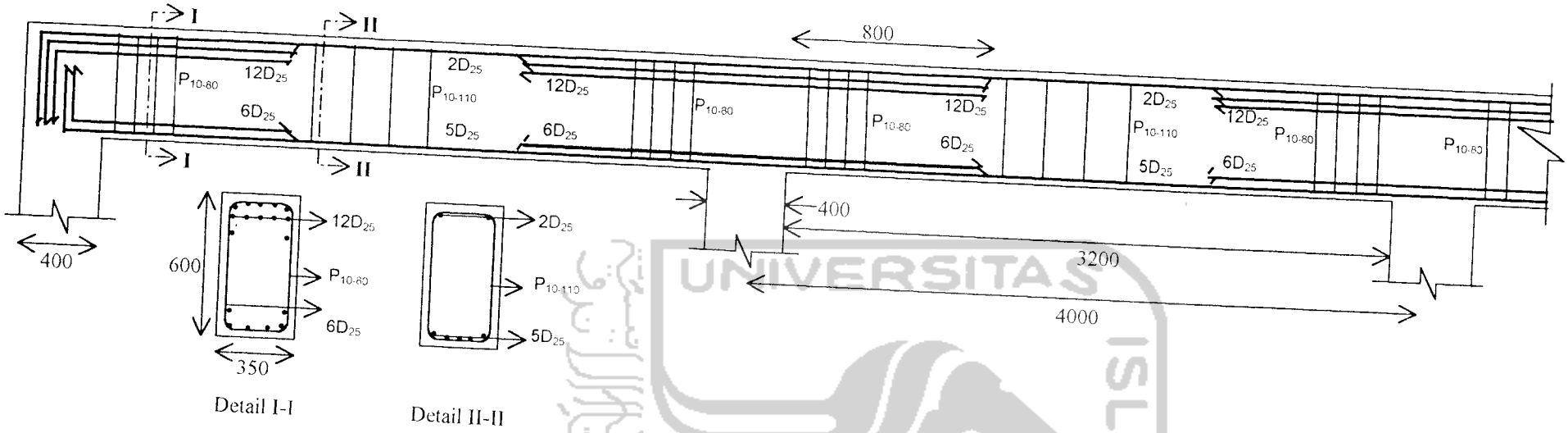
ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	SHEAR	SHEAR	PLANE MOMENT	PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE
	2	0.000					0.000	597.658
		0.000	0.001	0.014	0.003	-0.033		
		1.875	0.001	0.014	0.004	-0.007		
		3.750	0.001	0.014	0.006	0.019		
		3.750					0.000	597.658
	3	0.000					0.000	-3.254
		0.000	0.000	251.767	0.000	466.808		-
		1.875	0.000	251.767	0.000	-5.256		-
		3.750	0.000	251.767	0.000	-477.319		-
		3.750					0.000	-3.254
	4	0.000					0.050	-0.391
		0.000	-825.008	0.000	-3354.523	0.000		
		1.875	-825.008	0.000	-4901.413	0.000		
		3.750	-825.008	0.000	-6448.303	0.000		
		3.750					0.050	-0.391
165	-----	----------	----------		----------			--------
	1	0.000					0.000	1680.353
		0.000	0.003	0.035	0.014	-0.074		
		1.875	0.003	0.035	0.020	-0.008		
		3.750	0.003	0.035	0.026	0.058		
		3.750					0.000	1826.032
	2	0.000					0.000	524.728
		0.000	0.001	0.003	0.003	-0.005		
		1.875	0.001	0.003	0.004	0.001		
		3.750	0.001	0.003	0.005	0.006		
		3.750					0.000	524.728
	3	0.000					0.000	-2.687
		0.000	0.000	255.822	0.000	469.262		-
		1.875	0.000	255.822	0.000	-10.404		-
		3.750	0.000	255.822	0.000	-490.071		-
		3.750					0.000	-2.687
	4	0.000					0.016	-0.258
		0.000	-807.264	0.000	-3050.737	0.000		
		1.875	-807.264	0.000	-4564.358	0.000		
		3.750	-807.264	0.000	-6077.978	0.000		
		3.750					0.016	-0.258
213	-----	----------	----------		----------			--------
	1	0.000					0.000	1444.993
		0.000	0.003	0.010	0.014	-0.002		
		1.875	0.003	0.010	0.019	0.016		
		3.750	0.003	0.010	0.024	0.034		
		3.750					0.000	1590.672
	2	0.000					0.000	448.848
		0.000	0.001	0.009	0.003	-0.021		
		1.875	0.001	0.009	0.004	-0.005		
		3.750	0.001	0.009	0.005	0.012	0.000	448.848
	3	0.000					0.000	-2.078
		0.000	0.000	226.796	0.000	400.736		-
		1.875	0.000	226.796	0.000	-24.506		-
		3.750	0.000	226.796	0.000	-449.747	0.000	-2.078

PERANCANGAN APARTEMEN 10 LANTAI
GAYA KOLOM AS E-2

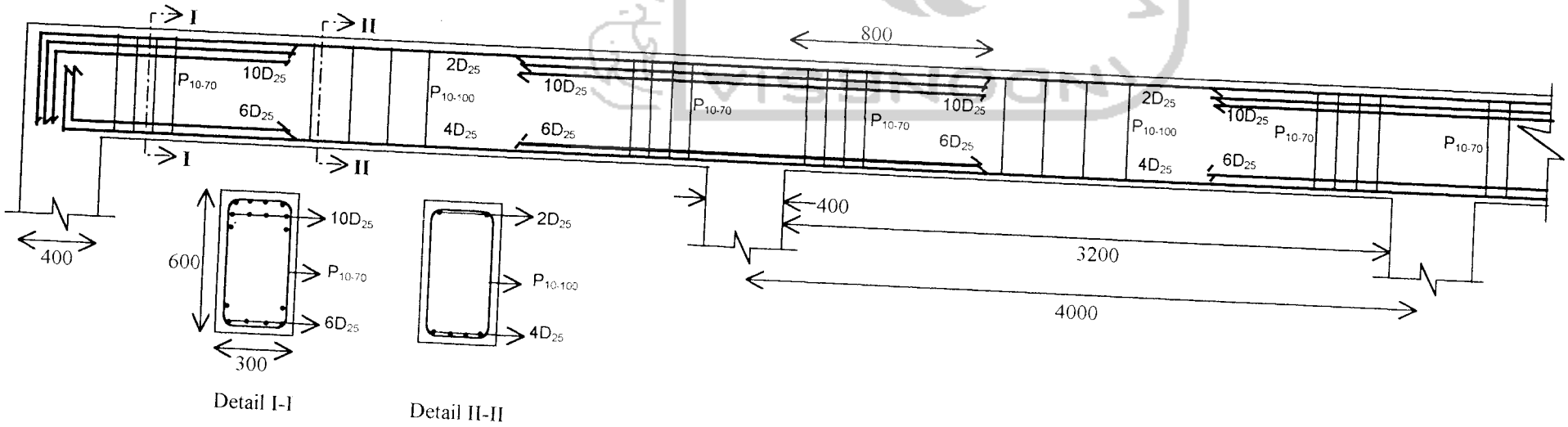
ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	SHEAR	SHEAR	PLANE MOMENT	PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE
	4	0.000					0.009	-0.135
		0.000	-677.805	0.000	-3170.527	0.000		
		1.875	-677.805	0.000	-4441.411	0.000		
		3.750	-677.805	0.000	-5712.295	0.000		
		3.750					0.009	-0.135
261	-----	----------	----------		----------			--------
	1	0.000					0.000	1199.738
		0.000	0.002	-0.017	0.014	0.025		
		1.875	0.002	-0.017	0.018	-0.007		
		3.750	0.002	-0.017	0.022	-0.039		
		3.750					0.000	1345.417
	2	0.000					0.000	370.986
		0.000	0.000	0.022	0.003	-0.038		
		1.875	0.000	0.022	0.004	0.004		
		3.750	0.000	0.022	0.004	0.046		
		3.750					0.000	370.986
	3	0.000					0.000	-1.432
		0.000	0.000	193.221	0.000	340.519		-
		1.875	0.000	193.221	0.000	-21.771		-
		3.750	0.000	193.221	0.000	-384.062		-
		3.750					0.000	-1.432
	4	0.000					0.006	-0.011
		0.000	-550.982	0.000	-3138.854	-0.001		
		1.875	-550.982	0.000	-4171.945	0.000		
		3.750	-550.982	0.000	-5205.037	0.000		
		3.750					0.006	-0.011
309	-----	----------	----------		----------			--------
	1	0.000					0.000	945.488
		0.000	0.002	0.045	0.013	-0.084		
		1.875	0.002	0.045	0.016	0.000		
		3.750	0.002	0.045	0.019	0.083		
		3.750					0.000	1091.167
	2	0.000					0.000	291.375
		0.000	0.000	-0.004	0.003	0.008		
		1.875	0.000	-0.004	0.003	0.002		
		3.750	0.000	-0.004	0.004	-0.005		
		3.750					0.000	291.375
	3	0.000					0.000	-0.814
		0.000	0.000	179.357	0.000	307.987		-
		1.875	0.000	179.357	0.000	-28.306		-
		3.750	0.000	179.357	0.000	-364.600	0.000	-0.814
	4	0.000					-0.005	0.109
		0.000	-448.224	0.000	-2983.150	0.000		
		1.875	-448.224	0.000	-3823.569	0.000		
		3.750	-448.224	0.000	-4663.988	0.000		
		3.750					-0.005	0.109
357	-----	----------	----------		----------			--------
	1	0.000	0.001	0.009	0.011	0.027	0.000	682.942
		1.875	0.001	0.009	0.013	0.045		
		3.750	0.001	0.009	0.015	0.062	0.000	828.621

PERANCANGAN APARTEMEN 10 LANTAI
GAYA KOLOM AS E-2

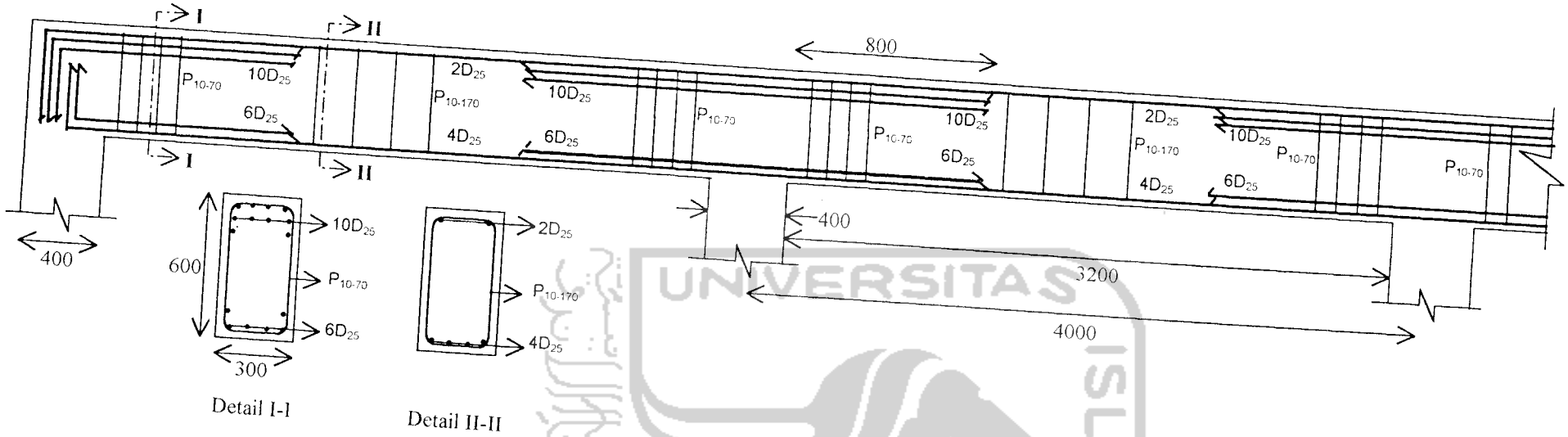
ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	SHEAR	SHEAR	PLANE MOMENT	PLANE MOMENT	AXIAL TORQ	AXIAL FORCE
	2	0.000	0.000	0.023	0.002	-0.038	0.000	210.134
		1.875	0.000	0.023	0.003	0.005		
		3.750	0.000	0.023	0.003	0.048	0.000	210.134
	3	0.000					0.000	-0.235
		0.000	0.000	130.364	0.000	205.340		-
		1.875	0.000	130.364	0.000	-39.092		-
		3.750	0.000	130.364	0.000	-283.525		-
		3.750					0.000	-0.235
	4	0.000					-0.003	0.216
		0.000	-267.322	0.000	-2752.170	0.000		
		1.875	-267.322	0.000	-3253.398	0.000		
		3.750	-267.322	0.000	-3754.626	0.000		
		3.750					-0.003	0.216
405	-----	---	---		---			---
	1	0.000					0.000	411.960
		0.000	0.001	-0.069	0.009	0.175		
		1.875	0.001	-0.069	0.010	0.047		
		3.750	0.001	-0.069	0.011	-0.082		
		3.750					0.000	557.638
	2	0.000					0.000	127.319
		0.000	0.000	-0.049	0.002	0.028		
		1.875	0.000	-0.049	0.002	-0.064		
		3.750	0.000	-0.049	0.002	-0.156		
		3.750					0.000	127.319
	3	0.000					0.000	0.237
		0.000	0.000	-93.265	0.000	129.151		
		1.875	0.000	-93.265	0.000	-45.722		
		3.750	0.000	-93.265	0.000	-220.595		
		3.750					0.000	0.237
	4	0.000					-0.003	0.331
		0.000	-152.550	0.000	-2133.896	0.000		
		1.875	-152.550	0.000	-2419.927	0.000		
		3.750	-152.550	0.000	-2705.957	0.000		
453	-----	---	---		---		-0.003	0.331
	1	0.000					0.000	131.187
		0.000	0.000	-0.115	0.005	0.204		
		1.875	0.000	-0.115	0.005	-0.013		
		3.750	0.000	-0.115	0.005	-0.229		
	2	0.000					0.000	276.866
		0.000	0.000	0.214	0.001	-0.431	0.000	42.530
		1.875	0.000	0.214	0.001	-0.031		
		3.750	0.000	0.214	0.001	0.369		
	3	0.000					0.000	42.530
		0.000	0.000	-24.832	0.000	10.355	0.000	0.188
		1.875	0.000	-24.832	0.000	-36.205		
		3.750	0.000	-24.832	0.000	-82.765		
	4	0.000					0.000	0.188
		0.000	58.266	0.000	-1316.672	0.000	0.061	0.216
		1.875	58.266	0.000	-1207.423	0.000		
		3.750	58.266	0.000	-1098.174	0.000		
							0.061	0.216



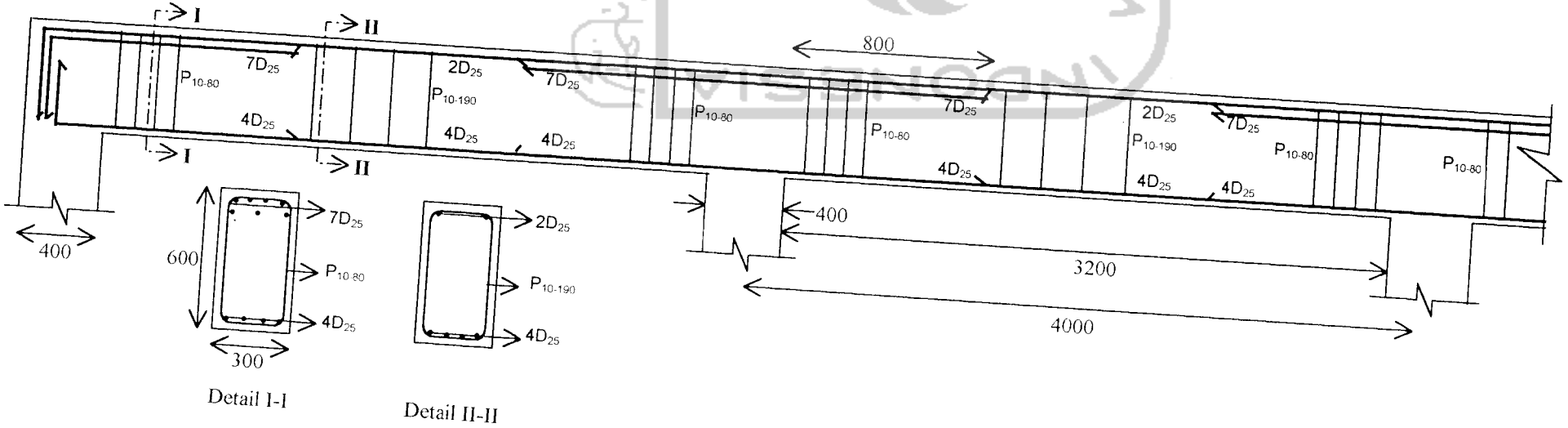
Gambar 1 Penulangan balok X-2 pada lantai 1



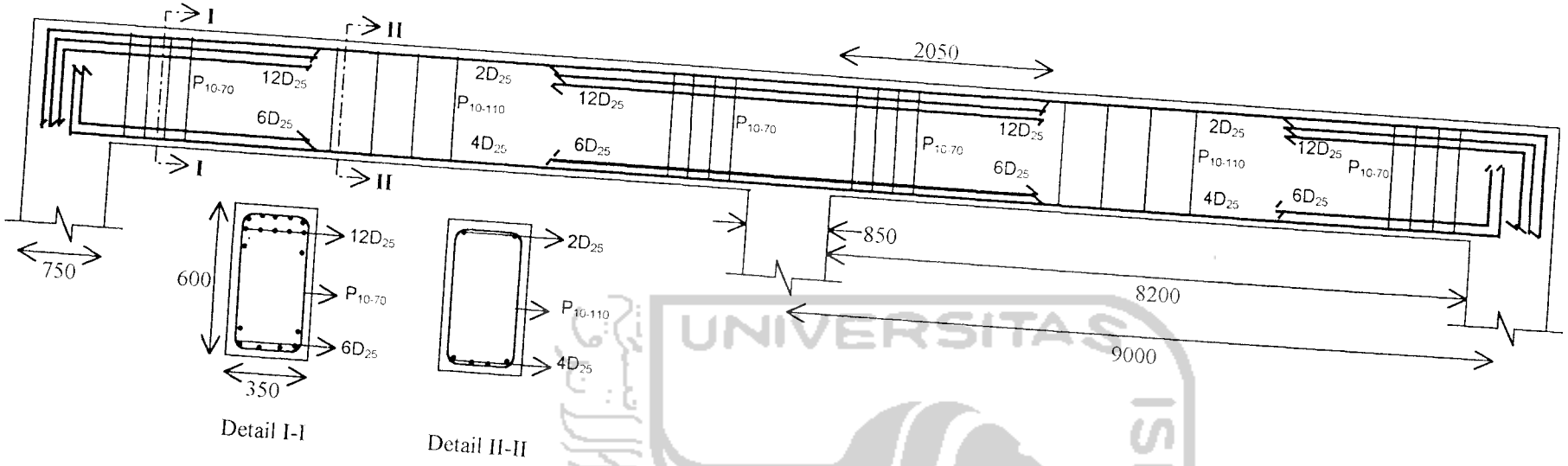
Gambar 2 Penulangan balok X-2 pada lantai 5



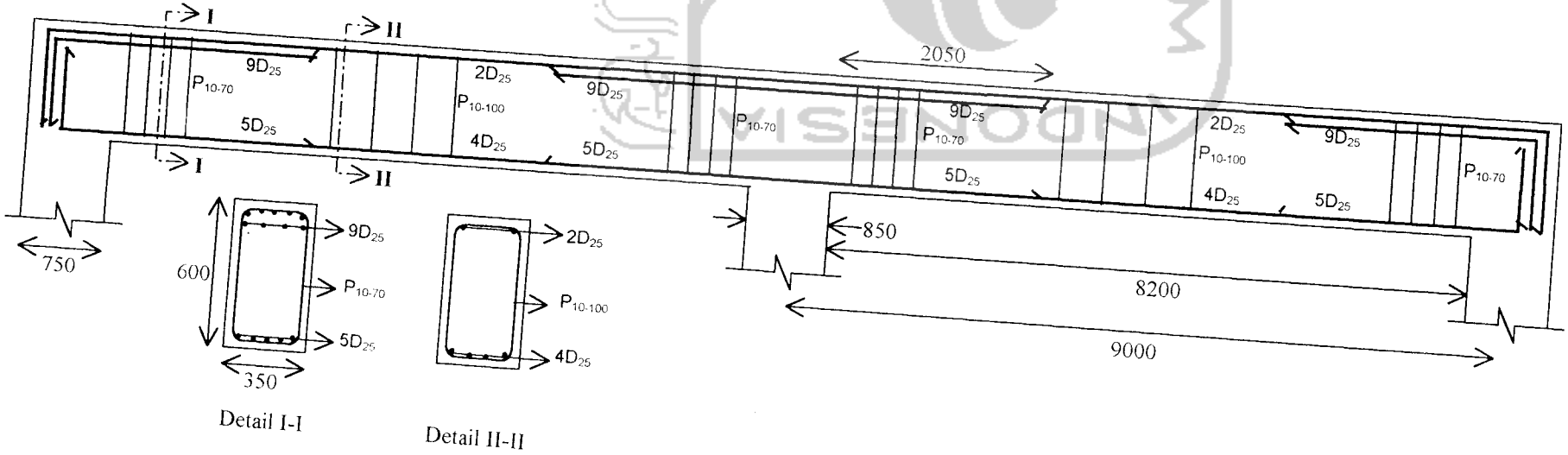
Gambar 3 Penulangan balok X-3 pada lantai 1



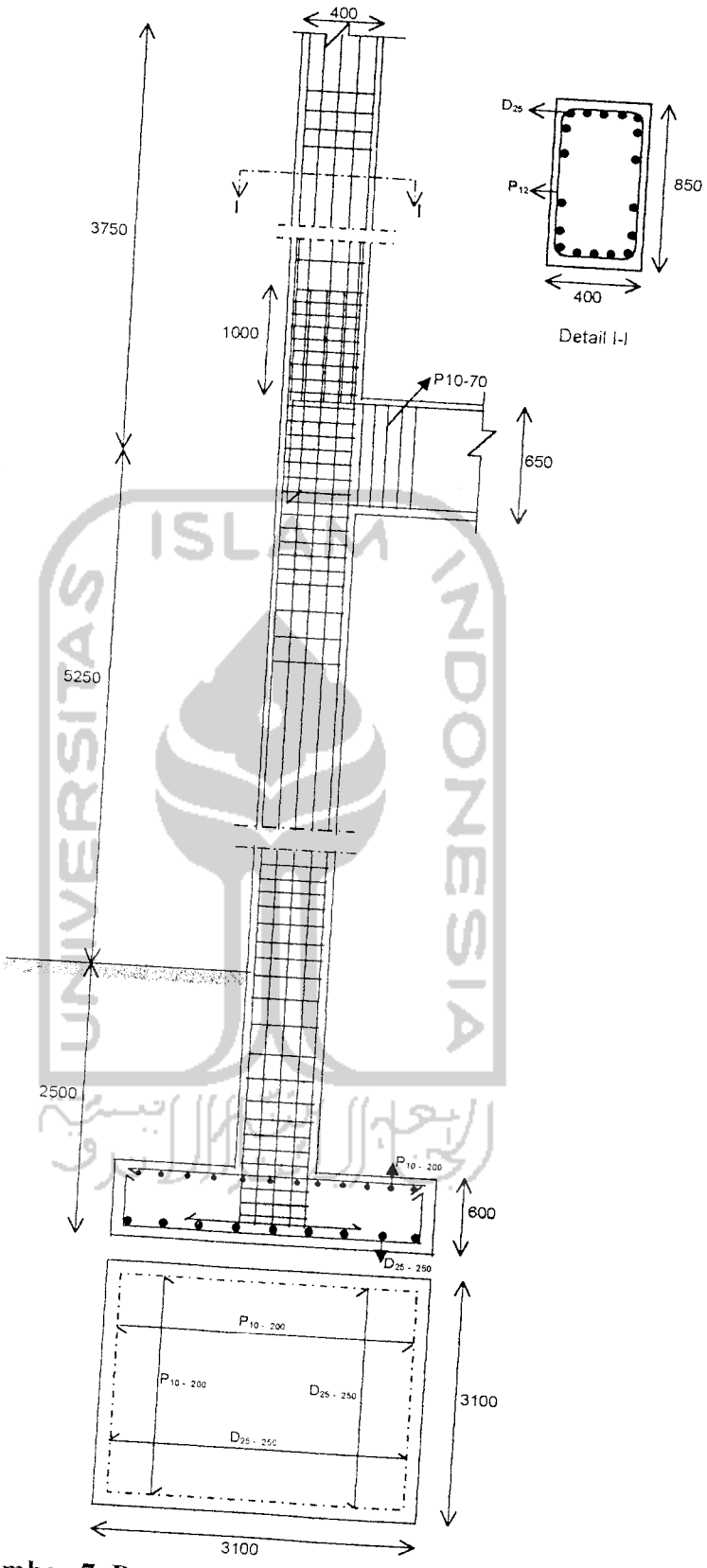
Gambar 4 Penulangan balok X-3 pada lantai 5



Gambar 5 Penulangan balok Y-F pada lantai 1



Gambar 6 Penulangan balok Y-F pada lantai 5



Gambar 7 Penulangan kolom dan pondasi