

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012, Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional, 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013, Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional, 2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya, SNI 1727-2013, Jakarta.

Muto Kiyoshi. 1987. *ASEISMIC DESIGN ANALYSIS OF BUILDINGS (Analisis Perancangan Gedung Tahan Gempa)* yang di terjemahkan oleh Wira, Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia – Penerbit Erlangga.

Purwono, Rachmat . 2010. *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa : perencanaan dan perhitungan sesuai SNI 1726 dan SNI 2847 terbaru – edisi keempat.*

Tavio. 2009. *DESAIN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN DAN DINDING STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPA (sesuai SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 dilengkapi pemodelan dan analisis dengan menggunakan program bantu ETABS v.9.07) – Cetakan Pertama– Penerbit itspress.*

DPU. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (PPURG) SKBI-1.3.53.1987. Jakarta

Tavio, Benny Kusuma. 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, sesuai SNI 03-2847-2002 DAN SNI 03-1726-2002 Dilengkapi Pemodelan dan Analisis Dengan Program Bantu ETABS V.9.07.*

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**“PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM GANDA PADA
GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN UNIVERSITAS
BRAWIJAYA MALANG”**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Sipil (S-1)
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

Muchamad Brani Nova Bisma

NIM. 13.21.064

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. A. Agus Santosa, MT.

Muhammad Erfan, ST.MT

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang

Ir. A. Agus Santosa, MT.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM GANDA PADA
GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN UNIVERSITAS
BRAWIJAYA MALANG**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Selasa

Tanggal : 08 Agustus 2017

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

Muchamad Brani Nova Bisma

NIM. 13.21.064

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi

Teknik Sipil S-1



Ir. A. Agus Santosa, MT.

Sekretaris Program Studi

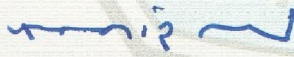
Teknik Sipil S-1



Ir. Munasih, MT

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



Ir. Sudirman Indra, M.Sc

Dosen Penguji II



Ir. Eding Iskak I., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma

Nim : 13.21.064

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM GANDA PADA GEDUNG B UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG" adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau meniadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Malang, 7 September 2017

Yang Membuat Pernyataan



Muchamad Brani Nova Bisma

13.21.064

SKRIPSI

**PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG**



Disusun Oleh:
MUCHAMAD BRANI NOVA BISMA
NIM. 1321064

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017

ABSTRAK

Bisma, Muchamad Brani Nova. 2017. Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda Pada Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang, Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan S-1, Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing : (I) Ir. A. Agus Santosa, MT; (II) Muhammad Erfan, ST .MT

Perencanaan di dalam skripsi ini adalah modifikasi struktur Gedung B Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya dengan menggunakan sistem ganda (dual system) yang akan di bangun di Malang, Jawa Timur. Modifikasi yang dilakukan pada gedung tersebut adalah letak terhadap dinding geser dan ketebalannya. Perancangan gedung ini dihitung berdasarkan "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012) dan "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)".

Analisa struktur gedung ini akan ditinjau dengan pengaruh beban dinamik terhadap struktur gedung tersebut. Dengan ketinggian gedung 27 meter yang berjumlah 8 lantai. Dari analisa dan perhitungan yang telah dikerjakan maka diperoleh hasil, yaitu struktur atas terdiri dari tebal plat lantai 12 cm dan plat atap 12 cm; dimensi dinding geser 30 cm; dimensi kolom 40x40cm; dimensi balok 1 adalah 30x55cm, dimensi balok 2 adalah 20x40cm, dan dimensi balok 3 adalah 15x30cm untuk dimensi kolom dan dimensi balok diterapkan untuk semua lantai dengan disesuaikan terhadap bentang balok.

Berdasarkan dari hasil elemen struktur yang dipilih maka sistem ganda dalam memikul momen khusus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dan dinding geser sebesar sedikitnya 75%. Struktur tersebut sudah memenuhi ketentuan gedung dual sistem.

Kata kunci : Perencanaan, Dinding Geser, Sistem Ganda.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-nya saya dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG”.

Selesainya skripsi ini berkat adanya dorongan, bimbingan dan motivasi dari semua pihak. Oleh karena itu tak lupa saya mengucapkan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Nusa Sembayang, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa., MT selaku dosen pembimbing I.
4. Bapak M. Erfan, ST.MT selaku dosen pembimbing II.
5. Ayah, Ibu dan Adek yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan do’a.
6. Rekan-rekan Teknik Sipil S-1 yang sedikit banyak telah membantu.

Dalam penulisan proposal skripsi ini maupun dalam pengerjaan masih jauh dari sempurna dan masih banyak terdapat kesalahan. Oleh karena itu saya sangat mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan penyusunan proposal skripsi ini selanjutnya.

Malang,September 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Maksud Dan Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah.....	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Dinding Geser.....	5
2.2. Perilaku Struktur Rangka Kaku, Dinding Geser, dan Struktur Rangka Dinding Geser (<i>Dual System</i>).....	6
2.2.1 Perilaku Struktur Rangka Kaku (<i>Rigid Frame</i>).....	6
2.2.2 Perilaku Dinding Geser (<i>Shearwall / Cantilever Wall</i>) ..	8
2.2.3 Perilaku Struktur Rangka – Dinding Geser (<i>Dual System</i>)	9
2.3 Sistem Struktur Penahan Gaya Seismik	11
2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).....	11

2.4	Jenis – Jenis Dinding Geser.....	12
2.4.1	Dinding Geser Berdasarkan Bentuk.....	12
2.4.2	Dinding Geser Berdasarkan Geometrinya.....	13
2.5	Perencanaan Dinding Geser Kantilever	16
2.5.1	Pendimensian Dinding Geser	17
2.5.2	Perencanaan Dinding Geser Terhadap Beban Lentur dan Beban Aksial	18
2.6.	Perencanaan Dinding Geser Terhadap Beban Geser	22
2.7.	Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan.....	24
2.7.1.	Pembebanan.....	24
2.7.2.	Kombinasi Pembebanan.....	26
2.8.	Perencanaan Terhadap Beban Gempa.....	27
2.8.1.	Pengaruh Arah Pembebanan Gempa.....	27
2.8.2.	Faktor Reduksi Gempa.....	30
2.9.	Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa (SRPMB).....	34
2.10.	Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	35
2.10.1.	Detail Penulangan.....	35
2.10.2.	Perencanaan Kolom Pada SRPMM.....	35
2.10.3.	Perencanaan Balok Pada SRPMM	37
2.10.4.	Kuat Geser.....	37
2.11.	Perencanaan Struktur Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	40
2.11.1.	Perencanaan Komponen Lentur Pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	40
2.11.2.	Persyaratan Kuat Geser Pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	47
2.11.3.	Perencanaan Komponen Terkena Beban Aksial Pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ..	49

BAB III. DATA PERENCANAAN

3.1. Data-Data Perencanaan	54
3.2. Data Pembebanan	54
3.2.1. Data Beban Mati	54
3.2.2. Data Beban Hidup	55
3.2.3. Data Material	55
3.3. Data Gambar Perencanaan Struktur Sesuai Data Existing Gedung.....	56
3.4. Diagram Alir	57
3.5. Perhitungan Pendimensian Kolom, Balok, Plat, dan Dinding Geser.....	58
3.5.1. Dimensi Balok	58
3.5.2. Dimensi Kolom.....	60
3.5.3. Dimensi Plat.....	60
3.5.4. Dimensi Dinding Geser	64
3.6. Perhitungan Berat Sendiri Bangunan dan Beban Gempa.....	68
3.6.1. Pembebanan Pada Lantai Atap	69
3.6.2. Pembebanan Pada Lantai 6.....	73
3.7. Perhitungan Pembebanan	85
3.7.1. Pada Lantai Atap.....	85
3.7.2. Pada Lantai 2 – 7.....	86
3.8. Deskripsi Gedung.....	87
3.8.1. Menentukan Katagori Desain Seismik (KDS).....	87
3.8.2. Menentukan Nilai S_s (Respon Spektra Percepatan 0,2 detik) dan S_1 (Respon Spektra Percepatan 0,1 detik).....	89
3.8.3. Menentukan Katagori Resiko Bangunan dan Faktor (I_e)..	90
3.8.4. Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v	90
3.8.5. Menentukan Nilai S_{DS} (Katagori Desain Seismik Berdasarkan Parameter respons percepatan pada periode pendek) dan S_{DI} (Katagori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 detik).....	92

3.8.6. Membuat Spektrum Respon Design.....	93
3.8.7. Menentukan Faktor R, Cd dan Ω untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	96
3.8.8. Menentukan Nilai <i>Base Shear</i>	96
3.8.9. Menghitung Gaya Gempa Lateral.....	96
3.9. Perhitungan Beban Kombinasi	100
3.10. Kontrol <i>Dual System</i>	102
3.10.1. Data Gaya Geser Nominal Pada <i>Shear Wall</i>	103
3.10.2. Jumlah Total Gaya Geser Nominal Pada <i>Shear Wall</i> dan Rangka	106
3.10.3. Rata – Rata Gaya Geser Nominal Pada <i>Shear Wall</i> dan Rangka	106
3.10.4. Jumlah Rata - Rata Gaya Geser Nominal Pada <i>Shear Wall</i> dan Rangka	107
3.10.5. Presentase Gaya Geser Nominal Pada Sumbu x dan Sumbu Y	107
3.11. Lantai Tingkat Sebagai <i>Diafragma</i>	109
3.12. Eksentrisitas Rencana (e_d)	112
3.13. Kontrol Partisipasi Massa, Kontrol Simpangan Struktur, Kontrol Batas Layan dan Batas Ultimate.....	114

BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1. Perhitungan Penulangan Dinding Geser.....	118
4.1.1. Penulangan Longitudinal Ditinjau Terhadap Sumbu X	118
4.1.2. Penulangan Longitudinal Ditinjau Terhadap Sumbu Y	126
4.1.3. Penulangan Transversal Ditinjau Terhadap Sumbu X	130
4.1.4. Penulangan Transversal Ditinjau Terhadap Sumbu Y	134
4.1.5. Panjang Sambungan Lewatan Tulangan Longitudinal.....	136
4.2. Perhitungan Lebar Efektif Pada Balok T dan L.....	138
4.3. Penulangan Pada Balok	138

4.3.1. Penulangan Longitudinal Pada Balok Potongan Melintang Line 11	143
4.3.2. Penulangan Geser Balok Pada Potongan Melintang Line 11 (B44).....	164
4.3.3. Penulangan Longitudinal Pada Balok Potongan Melintang Line 11	177
4.3.4. Penulangan Geser Balok Pada Potongan Melintang Line 11 (B40).....	198
4.3.5. Penulangan Longitudinal Pada Balok Potongan Melintang Line D.....	210
4.3.6. Penulangan Geser Balok Pada Potongan Melintang Line D (B103).....	231
4.4. Perhitungan Penulangan Kolom.....	243
4.4.1. Perhitungan Penulangan Longitudinal Pada Kolom	243
4.4.2. Perhitungan Penulangan Geser Kolom.....	262
4.5. Persyaratan “ <i>Strong Columns Weak Beams</i> ”	270
4.6. Perhitungan Pertemuan Balok – Kolom	272

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	277
5.2 Saran.....	278

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN GAMBAR DENAH, POTONGAN, DAN DENAH KOLOM BALOK

LAMPIRAN DATA BORING

LAMPIRAN GAMBAR TEGANGAN DAN REGANGAN, GAMBAR PENULANGAN

LAMPIRAN PENULANGAN KOLOM BALOK

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Bearing Walls</i>	5
Gambar 2.2 <i>Frame Walls</i>	6
Gambar 2.3 <i>Core Walls</i>	6
Gambar 2.4 Respons Lenturan Balok dan Kolom	7
Gambar 2.5 Simpangan Pada Struktur Rangka Kaku	8
Gambar 2.6 Superimpos Mode Individu Dari Deformasi	10
Gambar 2.7 Bentuk Dinding Geser	12
Gambar 2.8 Tata Letak Dinding Geser	13
Gambar 2.9 Dinding Geser Dengan Buka-an	14
Gambar 2.10 Dinding Geser Kantilever.....	15
Gambar 2.11 Dinding Geser Berangkai	15
Gambar 2.12 Perbandingan Antara Konvensional dan Diagonal	16
Gambar 2.13 Pendimensian Dinding Geser.....	17
Gambar 2.14 Faktor Pembesaran Torsi, A_x	29
Gambar 2.15 Gaya Lintang Untuk Rencana SRPMM	39
Gambar 2.16 Lokasi Tulangan Pada Slab	40
Gambar 2.17 Penempatan Tulangan Pada Slab	41
Gambar 2.18 persyaratan Penulangan Komponen Lentur Pada SRPMK	42
Gambar 2.19 Sambungan Lewatan dan Sengkang Tertutup Pada SRPMK... ..	45
Gambar 2.20 Penulangan Transversal Untuk Komponen Lentur Pada SRPMK	46
Gambar 2.21 Geser Desain Untuk Kolom.....	48
Gambar 2.22 “ <i>Strong Column Weak Beam</i> ” Persyaratan Pada SRPMK	50
Gambar 2.23 Tipikal Detail Sambungan Lewatan Kolom Pada SRPMK.....	50
Gambar 2.24 Tulangan Transversal Pada Kolom	51
Gambar 2.25 Syarat Pengekangan Ujung – Ujung Kolom Penulangan Hoops (Sengkang Tertutup) Persegi	53
Gambar 3.1 Perletakan Dinding Geser	56
Gambar 3.2 Potongan Dimensi Penampang Dinding Geser.....	64

Gambar 3.3 Perletakan Balok, Kolom dan Dinding Geser	67
Gambar 3.4 Tampak Depan Dinding Geser	68
Gambar 3.5 Pembagin Berat Perlantai	68
Gambar 3.6 Nilai Spektrum Percepatan Gempa Dikota Malang	89
Gambar 3.7 Elemen Plat Disetiap Lantai Yang Berkerja Sebagai Diafragma 2D	110
Gambar 3.8 Elemen Plat Disetiap Lantai Yang Berkerja Sebagai Diafragma 3D	111
Gambar 3.9 Grafik Simpangan Struktur	115
Gambar 4.1 Penampang Dinding Geser	118
Gambar 4.2 Balok T1	138
Gambar 4.3 Balok T2	139
Gambar 4.4 Balok T3	139
Gambar 4.5 Balok L1	140
Gambar 4.6 Balok L2	141
Gambar 4.7 Balok L3	142
Gambar 4.8 Portal Dan Letak Balok (B44) Yang Direncanakan.....	143
Gambar 4.9 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri.....	145
Gambar 4.10 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri	149
Gambar 4.11 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan Yang Sudah Dihitung Ulang	152
Gambar 4.12 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan.....	155
Gambar 4.13 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan	159
Gambar 4.14 Detail Panjang Pulangan Kait.....	163
Gambar 4.15 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri	166
Gambar 4.16 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kanan	167
Gambar 4.17 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kanan.....	169
Gambar 4.18 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kanan.....	171
Gambar 4.19 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kiri.....	172
Gambar 4.20 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kiri.....	174

Gambar 4.21 Tulangan Sengkang Pada Balok	175
Gambar 4.22 Tulangan Torsi	176
Gambar 4.23 Portal Dan Letak Balok (B40) Yang Direncanakan.....	177
Gambar 4.24 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri.....	179
Gambar 4.25 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri	183
Gambar 4.26 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan Yang Sudah Dihitung Ulang	186
Gambar 4.27 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan.....	189
Gambar 4.28 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan	193
Gambar 4.29 Detail Panjang Pulangan Kait.....	197
Gambar 4.30 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri	200
Gambar 4.31 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kanan	201
Gambar 4.32 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kanan.....	203
Gambar 4.33 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kanan.....	205
Gambar 4.34 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kiri.....	206
Gambar 4.35 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kiri.....	208
Gambar 4.36 Tulangan Sengkang Pada Balok	209
Gambar 4.37 Portal Dan Letak Balok (B103) Yang Direncanakan.....	210
Gambar 4.38 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri.....	212
Gambar 4.39 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri	216
Gambar 4.40 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan Yang Sudah Dihitung Ulang	219
Gambar 4.41 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan.....	222
Gambar 4.42 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan	226
Gambar 4.43 Detail Panjang Pulangan Kait.....	230
Gambar 4.44 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri	233
Gambar 4.45 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kanan	234
Gambar 4.46 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kanan.....	236
Gambar 4.47 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kanan.....	238

Gambar 4.48 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kiri.....	239
Gambar 4.49 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kiri.....	241
Gambar 4.50 Tulangan Sengkang Pada Balok	242
Gambar 4.51 Penampang Kolom dan Jumlah Tulangan Per Baris.....	244
Gambar 4.52 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Seimbang.	246
Gambar 4.53 Diagram Regangan Kolom Kondisi Seimbang.....	246
Gambar 4.54 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Seimbang 1,25 f_y	248
Gambar 4.55 Diagram Regangan Kolom Kondisi Seimbang 1,25 f_y	249
Gambar 4.56 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Patah Desak.....	251
Gambar 4.57 Diagram Regangan Kolom Kondisi Patah Desak.....	252
Gambar 4.58 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Patah Tarik.....	254
Gambar 4.59 Diagram Regangan Kolom Kondisi Patah Tarik	255
Gambar 4.60 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kolom	266
Gambar 4.61 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kolom	267
Gambar 4.62 Tulangan Geser Pada Daerah Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom.....	269
Gambar 4.63 Detail Penulangan Longitudinal dan Transversal Kolom	271
Gambar 4.64 Analisa Geser Dari Hubungan Balok Kolom (joint 68).....	272
Gambar 4.65 Luas Efektif (A_j) Untuk HBK	273
Gambar 4.66 Penulangan Hubungan Balok Kolom (joint 68)	276

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Daktilitas Maksimum (μ_m), Faktor Reduksi Gempa Maksimum (R_m), Faktor Tahanan Lebih Struktur (f) untuk beberapa jenis sistem struktur gedung.....	31
Tabel 3.1 Beban Total Berat Sendiri Bangunan	85
Tabel 3.2 Perhitungan N (Nilai rata-rata hasil Test Penetrasi Standart Lapisan Tanah.....)	87
Tabel 3.3 Klasifikasi situs	88
Tabel 3.4 Katagori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban gempa.....	90
Tabel 3.5 faktor keutamaan gempa	90
Tabel 3.6 klasifikasi situs F_a	91
Tabel 3.7 klasifikasi situs F_v	91
Tabel 3.8 katagori disain sesmik berdasarkan respon percepatan pada periode pendek	92
Tabel 3.9 katagori disain sesmik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik	93
Tabel 3.10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	94
Tabel 3.11 nilai parameter pendekatan C_t dan x	94
Tabel 3.12 faktor R , C_d , Ω untuk sistem penahan gaya gempa	96
Tabel 3.13 Perhitungan gaya Gempa lateral.....	99
Tabel 3.14 Perhitungan gaya Gempa 100% Arah Yang Ditinjau.....	99
Tabel 3.15 Perhitungan gaya Gempa 30% Arah Tegak Lurus	99
Tabel 3.16 Gaya Geser Nominal Pada <i>Shear Wall</i>	103
Tabel 3.17 Gaya Geser Nominal Pada Rangka	104
Tabel 3.18 Hasil Presentase Gaya Geser Nominal Dimensi Rangka Yang Sesuai Dilapangan	108
Tabel 3.19 Hasil Presentase Gaya Geser Nominal Dimensi Rangka Yang Direncanakan.....	108
Tabel 3.20 Pusat massa dan Pusat Rotasi.....	112

Tabel 3.21 Koordinat pusat massa baru akibat eksentrisitas	113
Tabel 3.22 kontrol partisipasi massa.....	114
Tabel 3.23 Kontrol Kinerja Batas Layan arah X	116
Tabel 3.24 Kontrol Kinerja Batas Layan arah Y	116
Tabel 3.25 Kontrol Kinerja Batas Ultimate arah X	116
Tabel 3.26 Kontrol Kinerja Batas Ultimate arah Y	117
Tabel 4.1 Luas Tulangan Pada Masing – Masing Serat.....	120
Tabel 4.2 Jarak Masing – Masing Tulangan Pada Serat Penampang Atas	120
Tabel 4.3 Jarak Masing – Masing Tulangan Terhadap Tengah - Tengah Penampang	120
Tabel 4.4 Tabel Regangan.....	121
Tabel 4.5 Tabel Hasil Murni Nilai Tegangan.....	122
Tabel 4.6 Tabel Tegangan Yang Dipakai.....	122
Tabel 4.7 Tabel Gaya – Gaya Yang Bekerja Pada Eleman Dinding Geser	123
Tabel 4.8 Tabel Momen Terhadap Titik Berat Penampang	125
Tabel 4.9 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi	246
Tabel 4.10 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan.....	247
Tabel 4.11 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Seimbang.....	247
Tabel 4.12 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi	249
Tabel 4.13 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan.....	249
Tabel 4.14 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Seimbang 1,25 fy ...	250
Tabel 4.15 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi	252
Tabel 4.16 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan.....	252
Tabel 4.17 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Patah Desak	253
Tabel 4.18 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi	255
Tabel 4.19 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan.....	255
Tabel 4.20 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Patah Tarik	256
Table 4.21 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi	258
Tabel 4.22 Momen Yang Terjadi Pada Kolom.....	259
Tabel 4.23 Koordinat Diagram	259

DAFTAR NOTASI

Notasi

Penjelasan

a	= tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
A_g	= luas bruto penampang, mm ²
A_s	= luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
A's	= luas tulangan tekan, mm ²
A_{s, min}	= luas minimum tulangan lentur, mm ²
A_v	= luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak s, mm ²
b_E	= Lebar efektif dari potongan flens, mm
b_w	= lebar badan balok, atau diameter dari penampang bulat,
mm	
c	= jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm
d	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
d'	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan,
mm	
D	= beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E	= pengaruh beban gempa, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
f'c	= kuat tekan beton, Mpa
f's	= tegangan pada tulangan baja tekan, Mpa
f_y	= tegangan leleh baja tulangan yang diisyaratkan, Mpa

h	= tebal atau tinggi total komponen struktur, mm
l_d	= panjang penyaluran, mm
l_n	= panjang bentang bersih untuk yang diukur dari muka ke muka tumpuan
M_e⁻	= momen negatif rencana kiri bentang
M_m⁺	= momen lapangan
M_n	= kuat momen nominal pada penampang, N-mm
M_u	= momen terfaktor pada penampang, N-mm
M_{pr}	= kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka join dengan menggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum 1,25 f _y dan faktor reduksi kekuatan $\phi = 1$, N-mm
P_n	= kuat nominal penampang yang mengalami tekan, N
P_o	= kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol, N
P_u	= beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu, N
q_d	= beban mati
q_l	= beban hidup
q_u	= beban terfaktor
s	= spasi tulangan geser pada arah sejajar tulangan longitudinal, mm
s_o	= spasi maksimum tulangan transversal, mm

s_x	= spasi longitudinal tulangan transversal dalam rentang panjang l_0 , mm
v_c	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
V_n	= kuat geser nominal
V_s	= kuat geser normal yang disumbangkan oleh tulangan geser
V_u	= kuat geser terfaktor pada penampang
y_t	= jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, keserat tarik terluar, mm
ρ	= rasio tulangan tarik non-prategang
ρ_g	= rasio tulangan total terhadap luas penampang kolom
ϕ	= faktor reduksi kekuatan
μ	= koefisien friksi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu perguruan tinggi negeri di Malang, Universitas Brawijaya semakin berkembang dari tahun ketahun. Mulai dari sumber daya manusianya yaitu dosen pengajar, mahasiswa, dan karyawan, hingga perbaikan lingkungan di sekitar Universitas tersebut. Namun, dalam proses menuju perbaikan tersebut, tidak jarang terhadang berbagai kendala. Salah satu kendala yang dihadapi adalah terjadinya ketidakseimbangan antara jumlah mahasiswa dengan jumlah ruang kelas yang tersedia. Jumlah mahasiswa yang meningkat tentunya mempengaruhi kegiatan belajar - mengajar, terutama dalam hal pengaturan penjadwalan maupun pengaturan pembagian kelas bagi mahasiswa. Terkadang, pengaturan ini dapat berubah menjadi masalah saat jumlah kelas yang tersedia tak mampu menampung jumlah mahasiswa, atau ketika kegiatan kuliah tambahan tidak dapat dilakukan karena tidak tersedianya ruang kelas yang kosong. Sehingga dilakukan merencanakan gedung tersebut agar bisa mengatasi masalah yang dialami sekarang ini. Gedung yang direncanakan agar efisien dengan cara mendesain sesuai fungsi dari bangunan tersebut. Tingkat kenyamanan suatu gedung dapat dilihat dengan tersedianya fasilitas-fasilitas yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan didirikannya gedung tersebut. Aspek keamanan merupakan aspek yang penting diperhatikan dalam merencanakan sebuah bangunan tinggi untuk penggunaan berskala lebih besar, sudah tentu memerlukan pendekatan berbagai disiplin ilmu perencanaan, fabrikasi bahan, dan konstruksi bangunan.

Karena skala bangunan tinggi, pasti memerlukan sistem penunjang struktur yang cukup rumit dimana saat bangunan telah digunakan struktur dapat menahan gaya-gaya vertikal, horizontal serta gaya gempa dibawah tanah. Untuk memenuhi syarat bangunan “nyaman”, maka deformasi bangunan tidak boleh besar. Untuk memperoleh deformasi yang kecil, gedung harus kaku. Salah satu cara untuk memperkaku gedung adalah dengan menambahkan *shear wall* (dinding geser) pada sistem struktur gedung.

Struktur yang akan ditinjau dalam skripsi ini adalah struktur Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang menggunakan *Dual System* (sistem ganda), dimana 25% beban lateral dipikul oleh *space frame* (Rangka) dan sisanya dipikul oleh *shear wall* (Dinding Geser/ Dinding Struktur) untuk gedung 8 lantai. Selain struktur yang lebih kuat, dengan sistem ini dapat diperoleh dimensi rangka utama lebih kecil dibandingkan dengan Sistem Rangka Momen biasa, karena dalam Sistem Rangka Momen semakin tinggi struktur gedung maka semakin besar pula ukuran rangka yang diperlukan.

Dalam perhitungan bangunan bertingkat dapat menggunakan bantuan program komputer yang khusus untuk merancang struktur bangunan tinggi tahan gempa. Dengan program computer tersebut dapat dihasilkan perhitungan yang cukup akurat. Sehingga dapat memperkecil resiko runtuhnya bangunan bertingkat.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam permasalahan analisis kerja struktur atas Bangunan Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang dengan menggunakan bantuan aplikasi ETABS, yang meliputi:

1. Berapa dimensi dinding geser yang dibutuhkan?
2. Berapa jumlah tulangan longitudinal yang dibutuhkan pada dinding geser?
3. Berapa jumlah tulangan trasversal yang dibutuhkan pada dinding geser?
4. Bagaimana gambar pada dinding geser dan pendetailanya?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari skripsi ini antara lain :

1. Mengetahui dimensi pada dinding geser setiap lantainya.
2. Mengetahui jumlah tulangan longitudinal pada dinding geser.
3. Mengetahui jumlah tulangan Transversal pada dinding geser.
4. Mengetahui gambar pada dinding geser dan pendetailanya.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah untuk membatasi penyimpangan pembahasan pada perencanaan dinding geser dengan sistem ganda pada Gedung B Universitas Brawijaya Malang. Batasan-batasan yang di pakai ialah:

1. Merencanakan dimensi dinding geser Gedung B Universitas Brawijaya Malang.

2. Menghitung jumlah tulangan longitudinal yang dibutuhkan pada dinding geser.
3. Menghitung jumlah tulangan transversal yang dibutuhkan pada dinding geser.
4. Gambar dari dinding geser dan pendetailannya.

Adapun buku peraturan yang digunakan:

- a. Badan Standardisasi Nasional, 2012. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1726-2012, Jakarta
- b. Badan Standardisasi Nasional, 2013. Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung, SNI 2847-2013, Jakarta.
- c. Badan Standardisasi Nasional, 2013. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lainnya, SNI 1727-2013, Jakarta.

BAB II

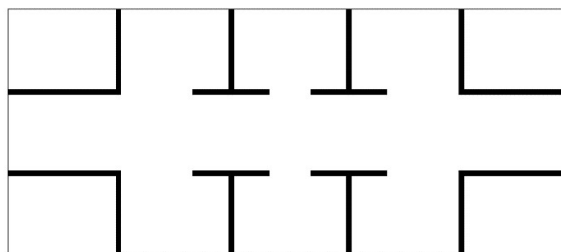
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dinding Geser

Bangunan tinggi tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

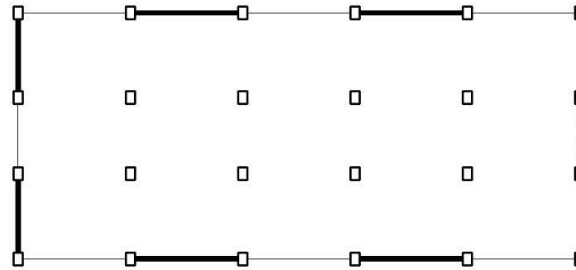
Dinding geser adalah struktur vertikal yang digunakan pada bangunan tingkat tinggi. Fungsi utama dari dinding geser adalah menahan beban lateral seperti gaya gempa dan angin. Berdasarkan letak dan fungsinya, dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu :

1. *Bearing walls* adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi . Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.



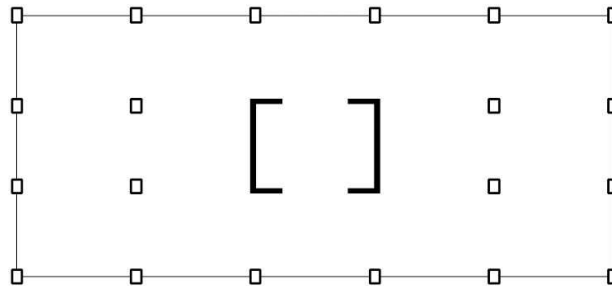
Gambar 2.1 *Bearing Walls.*

2. *Frame walls* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom.



Gambar 2.2 *Frame Walls.*

3. *Core walls* adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak dikawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap pilihan yang ekonomis.



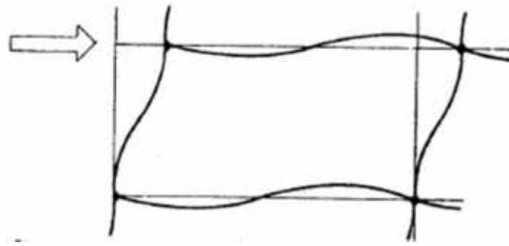
Gambar 2.3 *Core Walls.*

2.2 Perilaku Struktur Rangka Kaku, Dinding Geser, dan Struktur Rangka Dinding Geser (*Dual System*)

2.2.1 Perilaku Struktur Rangka Kaku (*Rigid Frame*)

Sistem rangka kaku atau *rigid frame* biasanya berbentuk rangka segi empat teratur yang terdiri dari balok horizontal dan kolom vertikal yang terhubung pada suatu bidang secara kaku (*rigid*), sehingga pertemuan antara kolom dan balok dapat menahan momen. Pada dasarnya rangka kaku akan ekonomis digunakan sampai 30 lantai untuk rangka baja dan sampai 20 lantai untuk rangka

beton bertulang (Schueller, 1989). Karena sifat hubungan yang kontinuitas antara kolom dan balok, maka mekanisme rangka kaku dalam menahan beban lateral merupakan suatu respons bersama dari balok dan kolom, terutama respons melalui lentur dari kedua jenis elemen tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Respons lenturan balok dan kolom

Sumber: Schueller (1989)

Schueller (1989) menjelaskan bahwa lendutan lateral yang terjadi pada balok dan kolom pada struktur rangka kaku disebabkan oleh dua hal, yaitu:

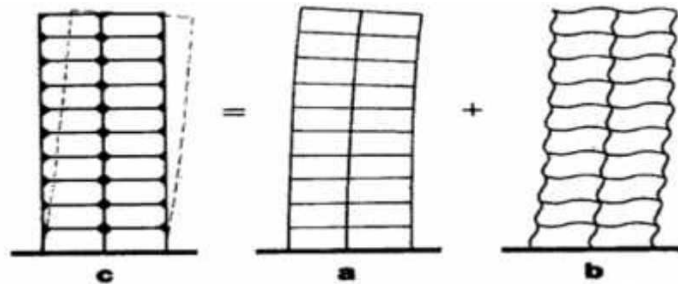
- a. Lendutan disebabkan oleh lentur kantilever

Lenturan ini dikenal sebagai *chord drift*, yaitu dimana saat menahan momen guling (*overturning moment*) akibat beban lateral, struktur rangka beraksi sebagai suatu balok kantilever vertikal yang melentur dalam bentuk deformasi aksial dari kolom-kolom penyusunnya. Lentur kantilever ini kira-kira menyumbangkan 20% dari total simpangan struktur.

- b. Deflaksi karena lentur balok dan kolom

Perilaku struktur akibat lentur balok dan kolom dikenal sebagai *shear lag* atau *frame wracking*. Adanya gaya geser yang terjadi pada kolom dan balok akan menimbulkan momen lentur pada kedua elemen tersebut. Lenturan pada

kolom dan balok menyebabkan terjadi distorsi secara keseluruhan pada rangka gedung. Tipe deformasi ini menyebabkan $\pm 80\%$ dari total simpangan struktur yang terdiri dari 65% akibat lenturan balok dan 15% akibat lenturan kolom.



Gambar 2.5 Simpangan pada struktur rangka kaku
Sumber: Schueller (1989)

Pada Gambar 2.5 menunjukkan suatu struktur rangka kaku yang menerima gaya lateral akan mengalami simpangan ke arah beban yang bekerja (Gambar 2.5c), yang merupakan kombinasi simpangan yang diakibatkan oleh lentur kantilever (Gambar 2.5a) sebesar 20% dari total keseluruhan simpangan dan lentur balok dan kolom (Gambar 2.5b) sebesar 80% dari total keseluruhan simpangan (Schueller,1989).

2.2.2 Perilaku Dinding Geser (shearwall/Cantilever Wall)

Dinding geser merupakan suatu subsistem gedung yang memiliki fungsi utama untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa. Keruntuhan pada dinding geser disebabkan oleh momen lentur karena terjadinya sendi plastis pada kaki dinding. Semakin tinggi suatu gedung, simpangan horizontal yang terjadi akibat gaya lateral akan semakin besar, untuk itu sering digunakan dinding geser pada struktur bangunan tinggi untuk memperkaku struktur sehingga simpangan yang

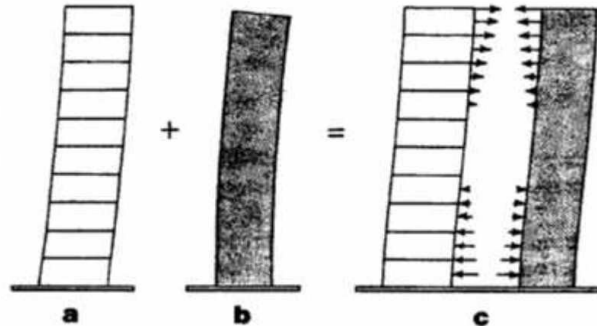
terjadi dapat berkurang. Dinding geser juga berfungsi untuk mereduksi momen yang diterima struktur rangka sehingga dimensi struktur rangka dapat dibuat seefisien mungkin pada struktur bangunan tinggi akibat gaya lateral.

Gaya lateral yang terjadi pada suatu gedung, baik diakibatkan oleh beban gempa maupun angin akan disebar melalui struktur lantai yang berfungsi sebagai diafragma horizontal yang kemudian akan ditahan oleh dinding geser karena memiliki kekakuan yang besar untuk menahan gaya lateral (Shueller, 1989). Dinding geser dapat dianggap sebagai balok yang tebal karena kekakuannya dan berinteraksi terhadap gaya lateral serta lentur terhadap momen guling (*overtuning momen*). Kemampuan dinding geser dalam menahan gaya lateral, torsi, dan momen guling tergantung dari konfigurasi geometri, orientasi, dan lokasi dinding geser pada suatu bangunan.

2.2.3 Perilaku Struktur Rangka-Dinding Geser (*Dual System*)

Semakin tinggi suatu gedung, penggunaan struktur rangka saja untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa menjadi kurang ekonomis karena akan menyebabkan dimensi struktur balok dan kolom yang dibutuhkan akan semakin besar untuk menahan gaya lateral. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kekakuan kekuatan struktur terhadap gaya lateral dapat digunakan kombinasi antara 9 rangka kaku dengan dinding geser (*dual system*). Pada struktur kombinasi ini, dinding geser dan kolom-kolom struktur akan dihubungkan secara kaku (*rigid*) oleh balok-balok pada setiap lantai bangunan. Dengan adanya hubungan yang *rigid* antara kolom, balok, dan dinding geser akan memungkinkan terjadinya interaksi antara struktur rangka dan dinding geser secara menyeluruh pada

bangunan, dimana struktur rangka dan dinding geser akan bekerja bersama-sama dalam menahan beban yang bekerja baik itu beban gravitasi maupun beban lateral. Selain itu, dengan menggunakan sistem ganda ini, maka simpangan lateral akan jauh berkurang seiring dengan peningkatan jumlah lantai struktur. Semakin tinggi suatu struktur gedung, semakin kecil simpangan yang terjadi. Besarnya simpangan keseluruhan yang terjadi pada sistem rangka kaku-dinding geser diperoleh dengan cara menggabungkan perilaku kedua elemen tersebut seperti yang terdapat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Superimpos *mode* individu dari deformasi
Sumber: Schueller (1989)

- a. Deformasi *mode* geser untuk rangka kaku (Gambar 2.6a)

Pada struktur rangka kaku, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada dasar struktur dimana terjadi geser maksimum.

- b. Deformasi mode lentur untuk dinding geser (Gambar 2.6b)

Pada struktur dinding geser, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada bagian atas bangunan sehingga sistem dinding geser memberikan kekakuan paling kecil pada bagian atas bangunan.

- c. Interaksi antara rangka kaku dan dinding geser (Gambar 2.6c)

Interaksi antara struktur rangka kaku dan dinding geser diperoleh dengan membuat superposisi *mode s* defleksi terpisah yang menghasilkan kurva S datar. Perbedaan sifat defleksi antara dinding geser dan rangka kaku menyebabkan dinding geser menahan simpangan rangka kaku pada bagian bawah, sedangkan rangka kaku akan menahan simpangan dinding geser pada bagian atas. Dengan demikian, geser akibat gaya lateral akan dipikul oleh rangka pada bagian atas bangunan dan dipikul oleh dinding geser dibagian bawah bangunan.

2.3 Sistem Struktur Penahan Gaya Seismik

Sistem struktur Penahan Gaya Seismik secara umum dapat dibedakan atas Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Dinding Struktural (SDS), dan Sistem Ganda (Gabungan SRPM dan SDS)

2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Sistem Rangka Pemikul Momen menurut buku “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa” oleh Prof. Ir. Rachmat Purwono, M.sc adalah suatu sistem rangka dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yaitu :

a) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Sistem rangka pemikul momen biasa merupakan sistem yang memiliki deformasi inelastik dan tingkat daktilitas yang paling kecil, tetapi memiliki kekuatan yang besar. Faktor reduksi gempa (R) = 3,5.

b) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem rangka pemikul momen menengah adalah suatu sistem perencanaan struktur sistem rangka pemikul momen yang menitik beratkan kewaspadaannya pada kegagalan struktur akibat keruntuhan struktur. Faktor reduksi gempa (R) = 5,5.

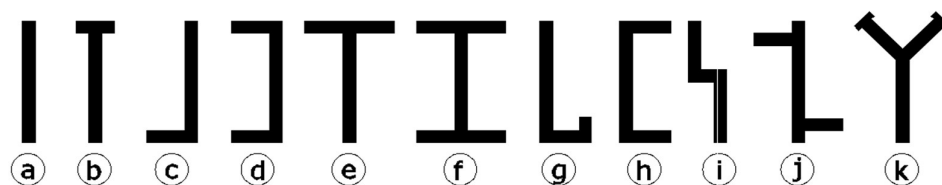
c) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem rangka pemikul momen khusus adalah komponen struktur yang mampu memikul gaya akibat beban gaya yang direncanakan untuk memikul lentur. Faktor reduksi gempa (R) = 8,5

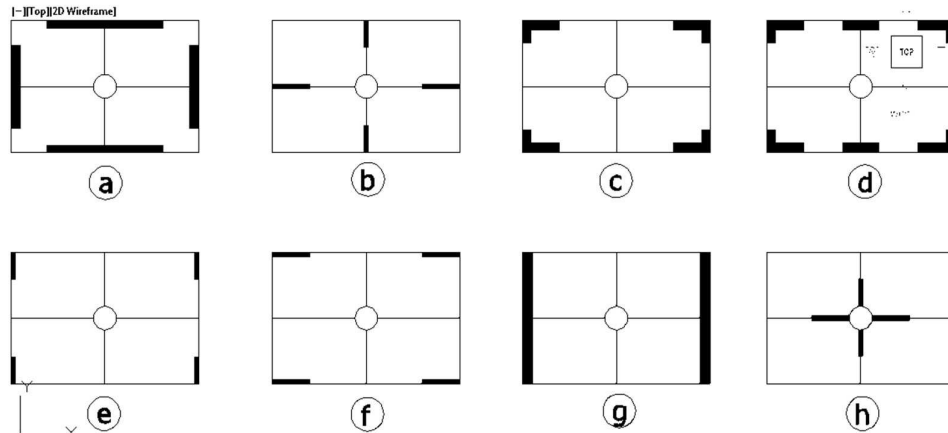
2.4 Jenis – Jenis Dinding Geser

2.4.1 Dinding Geser Berdasarkan Bentuk

Sistem dinding geser dapat dibagi menjadi system terbuka dan tertutup. Sistem terbuka terdiri dari unsure linear tunggal atau gabungan unsure yang tidak lengkap, melingkupi ruang asimetris. Contohnya L,X,T,V,Y atau H. Sedang system tertutup melingkupi ruang geometris, bentuk-bentuk yang sering di jumpai adalah bujur sangkar, segitiga, persegi panjang dan bulat. Bentuk dan penempatan dinding geser mempunyai akibat yang besar terhadap perilaku structural apabila dibebani secara lateral. Dinding geser yang diletakkan asimetris terhadap bentuk bangunan harus memikul torsi selain lentur dan geser langsung.



Gambar 2.7 Bentuk Dinding Geser



Gambar 2.8 Tata Letak Dinding Geser

Dimana :

- Lingkaran yang terdapat pada tiap denah adalah CR (Center of Rigidity) atau pusat kekakuan.
- Garis yang tebal menunjukkan dinding geser.
- Garis yang tipis menunjukkan garis denah gedung.

Contoh perhitungan CR atau kekakuan struktur itu sendiri terdiri dari dua yaitu :

- Kekakuan penampang : $E_{(\text{Modulus Elastisitas})} \times I_{(\text{inersia})}$
- Kekakuan batang, Balok atau kolom $= \frac{E \times I}{L}$

Dimana : $E = 200 \times 10^3 \text{ Mpa}$ (SNI 03-2847-2002 Ps.10.5.2) dan

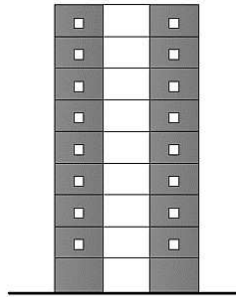
$$I = 1/12 \times b \times h^3$$

2.4.2 Dinding Geser Berdasarkan Geometrinya

Dinding geser adalah struktur vertikal yang digunakan pada bangunan tingkat tinggi. Fungsi utama dari dinding geser adalah menahan beban lateral seperti gaya gempa dan angin. Berdasarkan geometrinya dinding geser dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu :

1. Dinding Geser dengan Bukaannya (Opening Shearwall)

Pada banyak keadaan, dinding geser tidak mungkin digunakan tanpa beberapa bukaan di dalamnya untuk jendela, pintu, dan saluran-saluran mekanikal dan elektrik. Meskipun demikian, kita dapat menempatkan bukaan-bukaan pada tempat di mana bukaan-bukaan tersebut tidak banyak mempengaruhi kekakuan atau tegangan pada dinding. Jika bukaan-bukaan tersebut kecil, pengaruh keseluruhannya sangat kecil tetapi tidak demikian halnya bila bukaan-bukaan yang berukuran besar.



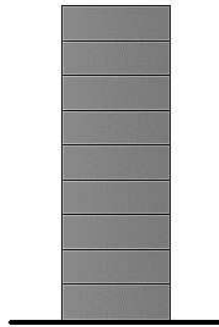
Gambar 2.9 Dinding Geser dengan Bukaannya

Biasannya bukaan-bukaan tersebut (jendela, pintu, dan sebagainya) ditempatkan pada baris vertikal dan simetris pada dinding sepanjang ketinggian struktur. Penampang dinding pada sisi bukaan ini diikat menjadi satu, baik oleh balok yang terdapat pada dinding, pelat lantai, atau kombinasi keduanya. Seperti yang dapat anda lihat, analisis struktur untuk situasi seperti ini sangat rumit dan biasanya dilakukan dengan persamaan empiris.

2. Dinding geser kantilever (free standing shearwall).

Adalah suatu dinding geser tanpa lubang-lubang yang membawa pengaruh penting terhadap perilaku dari struktur gedung yang bersangkutan. Dinding

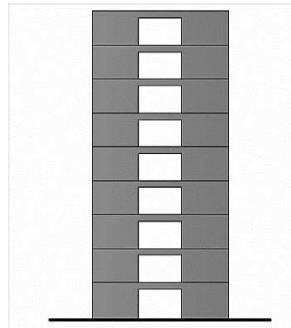
geser kantilever ada dua macam, yaitu dinding geser kantilever daktail dan dinding geser katilever dengan daktilitas terbatas.



Gambar 2.10 Dinding Geser Kantilever

3. Dinding geser berangkai (coupled shearwall).

Dinding geser berangkai terdiri dari dua atau lebih dinding kantilever yang mempunyai kemampuan untuk membentuk suatu mekanisme peletakan lentur alasnya. Antara dinding geser kantilever tersebut saling dirangkaikan oleh balok-balok perangkai yang mempunyai kekuatan cukup sehingga mampu memindahkan gaya dari satu dinding ke dinding yang lain.

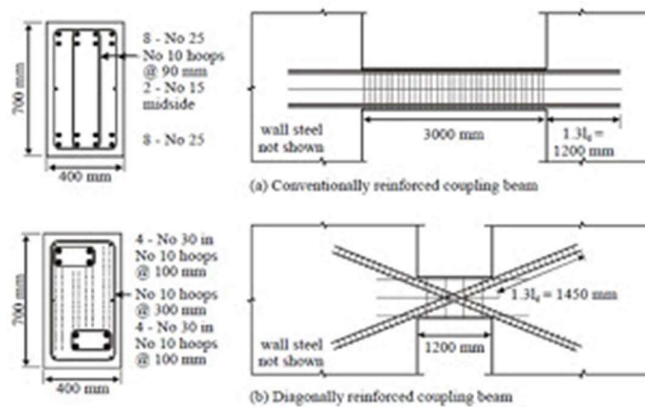


Gambar 2.11 Dinding Geser berangkai

Balok perangkai merupakan balok penghubung antara dua buah atau lebih dinding geser berangkai (coupled walls system). Balok ini membuat dinding geser berangkai bekerja sebagai sebuah unit dalam menahan gaya gempa.

Balok perangkai membuat struktur menjadi kaku dan dapat mendispasi energi. Karena kekakuan balok perangkai yang sangat tinggi, dinding geser berperilaku seperti dua buah kantilever bebas. Balok perangkai menyalurkan gaya geser dari satu dinding ke dinding lainnya sehingga mengakibatkan deformasi struktur yang besar.

Pada awalnya balok perangkai di desain mempunyai tulangan yang sama dengan balok konvensional. Namun Robert Park dan Thomas Paulay (Reinforced Concrete Structures, 1975) mengatakan dalam eksperimennya bahwa tulangan diagonal dapat menyalurkan gaya geser lebih baik dari tulangan konvensional.



Gambar 2.12 Perbandingan Antara Tulangan Konvensional dan Diagonal

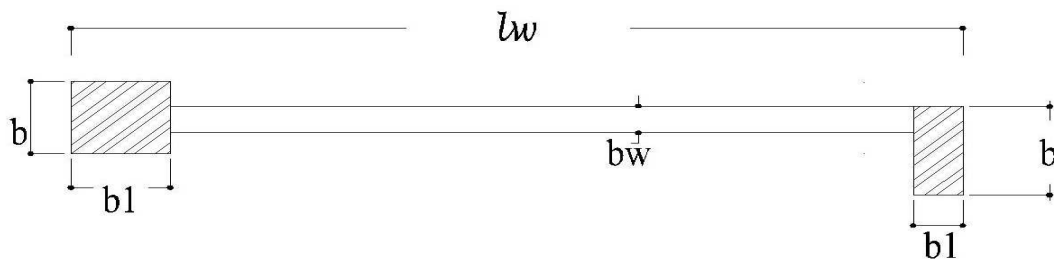
2.5 Perencanaan Dinding Geser Kantilever

Dinding geser kantilever merupakan suatu dinding geser tanpa lubang-lubang yang membawa pengaruh penting terhadap perilaku dari struktur gedung yang bersangkutan. Dinding geser kantilever ada dua macam, yaitu dinding geser kantilever daktail dan dinding geser katilever dengan daktilitas terbatas.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia SNI 03-2847-2013, dinding-dinding geser harus diperhitungkan memikul kombinasi pembebanan oleh momen lentur, gaya vertical dan gaya melintang horizontal. Harus diusahakan agar terdapat penyaluran yang baik dari momen-momen dinding, gaya vertical dan gaya melintang kepada pondasi atau konstruksi-konstruksi pemikul lainnya. Tebal minimum dinding (secara umum) jika tidak ditentukan lain oleh pembatasan tulangan, lebar retak atau ketahanan dalam kebakaran maka dalam segala hal tebal dinding tidak boleh diambil kurang dari 1/30 dari bentang bersih dinding atau 12 cm.

2.5.1 Pendimensian Dinding Geser

Berdasarkan rumusan hasil T. Paulay dan M. J. N. Priestley dalam bukunya yang berjudul "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building", (BAB 5 hal. 403), pembatasan dimensi dinding geser berdasarkan tinggi dinding harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :



Gambar 2.13 Pendimensian Dinding Geser

$$\text{Tebal Dinding geser}(b_w) \geq \frac{1}{16} h_i$$

$$\text{Tebal Dinding geser}(b_w) \geq \frac{1}{25} l_w$$

$$b \geq b_w \qquad b_1 \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10 \cdot b}$$

$$b \geq bc \qquad b_1 \geq \frac{bc^2}{b}$$

$$b \geq h_i/16 \qquad b_1 \geq h_i/16$$

dimana : $bc = 0,0171 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu_\phi}$

μ_ϕ = rasio daktilitas kurva

b_w = Tebal dinding geser

h_i = tinggi bagian dinding

l_w = panjang bagian dinding

2.5.2 Perencanaan Dinding Geser Terhadap Beban Lentur dan Beban Aksial

Menurut *Paulay dan Priestley* Tulangan dinding pada dinding struktural dipasang paling sedikit 2 lapis dimana dinding harus memiliki tulangan geser tersebar yang memberikan perlawanan dalam dua arah yang saling tegak lurus dalam bidang apabila:

1. Tebal Dinding ≥ 200 mm
2. Gaya geser terfaktor $> \frac{1}{6} \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'c}$

Beberapa pembatasan untuk penulangan lentur vertikal dinding geser menurut *Paulay dan Priestley (hal.392)*, yaitu :

- a. Besarnya $\rho_v > 0,7/f_y$ (dalam MPa) dan $\rho_v < 16/f_y$ (MPa).
- b. Jarak antar tulangan vertikal tidak boleh lebih dari 200 mm daerah plastis dan pada daerah lain (yaitu daerah elastis) 450 mm atau tiga kali tebal dinding.
- c. Diameter tulangan yang digunakan tidak boleh melebihi $1/8$ dari tebal dinding geser.

Jika pembatas tulangan lentur dibatasi sesuai dengan momen yang terjadi, maka sendi plastis dapat terbentuk di semua bagian di sepanjang tinggi dinding geser dengan tingkat kemungkinan yang sama. Hal ini tidak diinginkan dari segi perencanaan karena daerah sendi plastis memerlukan detail tulangan khusus. Jika sendi plastis mempunyai kemungkinan yang sama untuk terjadi pada setiap bagian sepanjang tinggi dinding geser, maka pendetailan khusus untuk sendi plastis harus dilakukan di sepanjang tinggi dinding. Tentu saja hal ini sangatlah tidak ekonomis. Selain itu, kuat dinding geser akan berkurang pada daerah dimana pelelehan tulangan lentur terjadi. Hal ini akan mengharuskan penambahan tulangan geser pada setiap tingkat. Akan lebih rasional memastikan bahwa sendi plastis hanya bisa terjadi pada lokasi yang telah ditentukan sebelumnya, secara logika yaitu di dasar dinding geser, dengan cara menetapkan kuat lentur melebihi kekuatan lentur maksimum yang dibutuhkan.

Diagram bidang momen menunjukkan momen dari hasil aplikasi gaya statis lateral dengan kekuatan ideal terjadi pada dasar. Gambar tersebut menunjukkan kekuatan lentur minimum ideal yang harus ditetapkan dimana kekuatan ideal terjadi pada dasar dinding geser.

Daerah perubahan kekuatan diasumsikan terjadi pada jarak yang sama dengan lebar dinding geser l_w . Dimana daerah dengan ketinggian sebesar l_w akan menerima momen lentur yang sama dengan momen pada dasar dinding geser. Daerah setinggi l_w tersebut merupakan daerah sendi plastis.

Langkah-langkah perhitungan tulangan longitudinal adalah sebagai berikut:

1. $M_n = \frac{M_u}{\phi} (\phi = 0,65)$

$$2. Pn = \frac{Pu}{\phi} (\phi = 0,65)$$

3. Menentukan daerah tarik dan daerah tekan dengan mencoba garis netral

$$= c$$

4. Menghitung luas masing-masing tulangan pada serat yang sama

$$As = n \frac{1}{4} \pi d^2$$

5. Hitung jarak masing-masing tulangan terhadap pusat plastis (y)

$$d' = \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter } As1$$

$$\frac{1}{2} h = \text{Tengah} - \text{tengah penampang}$$

6. Hitung jarak masing-masing tulangan terhadap serat atas penampang (d_i)

$$d_i = d' + \text{jarak tulangan}$$

7. Menghitung regangan yang terjadi

Untuk daerah tekan :

$$\frac{\epsilon_s'}{\epsilon_c'} = \frac{c - d}{c} \quad \Longrightarrow \quad \epsilon_s' = \frac{c - d}{c} \times \epsilon_c \quad ; \epsilon_c = 0.003$$

Untuk daerah tarik :

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_c} = \frac{d - c}{c} \quad \Longrightarrow \quad \epsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \epsilon_c \quad ; \epsilon_c = 0.003$$

Dimana : ϵ_s' = regangan tekan

ϵ_s = regangan tarik

d = Jarak masing-masing tulangan terhadap serat penampang atas.

ϵ_c = regangan maksimum pada serat beton terluar

8. Menghitung nilai f_s

Jika nilai tegangan dalam tulangan (f_s) di bawah kuat leleh (f_y) yang ditentukan maka mutu tulangan yang digunakan ialah

Untuk daerah tekan

$$f_s = \epsilon'_s \times E_s$$

Untuk daerah tarik

$$f_s = \epsilon_s \times E_s$$

Jika, nilai tegangan dalam tulangan (f_s) di atas kuat leleh (f_y) yang ditentukan maka mutu tulangan yang digunakan nilai f_y .

Dimana : f'_s = tegangan tulangan tekan (mPa)

f_s = tegangan tulangan tarik (mPa)

ϵ'_s = regangan tekan

ϵ_s = regangan tarik

E_s = modulus elastisitas non prategang = 200000 Mpa

9. Menghitung nilai besarnya gaya-gaya yang bekerja

C_c = Gaya tekan beton

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

$$= 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b$$

Untuk daerah tekan: $C_s = A_s \times f_s$

Untuk daerah tarik : $T_s = A_s \times f_s$

Kontrol $\Sigma H = 0$

$$C_c + C_s - T_s - P_n = 0$$

Apabila $\Sigma H \neq 0$ maka perhitungan diulang dari no. 3 sampai no. 9

10. Setelah memenuhi maka hitung nilai M_n

M_{nc} = Gaya yang bekerja x jarak terhadap pusat penampang

$M_r = M_{nc} + \Sigma M_n$

Kontrol $M_r > M_n$

2.6 Perencanaan Dinding Geser Terhadap Beban Geser

Elemen dinding (Wall) dikatakan sebagai dinding geser (shear wall) karena kemampuannya untuk memikul beban geser akibat beban lateral lebih diandalkan/ditekankan bila dibandingkan dengan kemampuannya menahan beban yang lain, walaupun tidak menutup kemungkinan untuk dapat ikut serta memikul.

Beberapa pembatasan untuk penulangan dinding geser menurut *Paulay dan Priestley* adalah :

- a. Besarnya rasio penulangan horizontal (ρ_h) minimal 0,0025 atau $\rho_h \geq 0,0025$.
- b. Jarak antar tulangan horizontal tidak boleh melebihi dua setengah kali tebal dinding atau 450 mm.
- c. Diameter tulangan yang digunakan tidak boleh lebih dari $\frac{1}{8}$ tebal dinding geser.

Keruntuhan akibat geser sedapat mungkin dihindarkan. Karena itu, kekuatan dinding geser terhadap geser harus dibuat melampaui besarnya gaya geser maksimum yang mungkin terjadi.

Pada waktu berlangsungnya gempa, pada dinding geser akan terjadi gaya geser yang lebih besar dibandingkan dengan perkiraan semula dengan analisa statik. Untuk mendapatkan kapasitas yang ideal pada setiap ketinggian dinding, maka gaya geser rencana harus diperbesar dengan memasukkan faktor ϕ dan faktor pembesaran dinamis (ω). Faktor ϕ dimaksudkan agar tidak terjadi

keruntuhan geser terlebih dahulu sebelum terjadi keruntuhan/pelelehan lentur pada struktur.

Menurut SK-SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.4 butir 1, kuat geser nominal V_n dinding struktural tidak diperkenankan lebih daripada :

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y)$$

Dimana koefisien :

- $\alpha_c = 1/4$ untuk $(h_w/l_w) \leq 1,5$
- $\alpha_c = 1/6$ untuk $(h_w/l_w) \leq 2$

Kontrol Penulangan, Ukuran dimensi dan jarak antar tulangan agar dinding tersebut dapat memenuhi persyaratan yang ada. Rasio penulangan dinding geser adalah sebesar :

$$\rho_1 = \sum A_b / b_{sv}$$

Dimana A_b adalah luas tulangan dan b_{sv} adalah jarak antar tulangan, tidak boleh kurang dari $0,7/f_y$ (Mpa) dan tidak boleh lebih dari $1,6/f_y$ (Mpa).

- o Langkah – langkah perhitungan penulangan transversal

$$\phi V_n \geq V_u \text{ dimana } V_n = V_c + V_s \text{ (Menurut SNI 2487 : 2013 pasal 11.1)}$$

$V_c = V$ yang disumbangkan oleh beton

$V_s = V$ yang disumbangkan tulangan

$$V_c = 0,17 \left[1 + \frac{V_u}{14 A_g} \right] \lambda \sqrt{f'_c} . b_w . d \quad \text{(Pasal 11.2.1.2)}$$

$$V_s = \frac{A_v . f_y . d}{s} \quad \text{(Pasal 11.4.7.2)}$$

Dimana : V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (N)

A_g = Luas penampang (m²)

- f_c = Kuat tekan beton (mPa)
- b_w = tebal dinding geser (m)
- d = Jarak pusat tulangan pada serat tepi penampang (mm)
- A_v = Luas tulangan geser (mm^2)
- F_y = Kuat leleh baja (mPa)
- S = jarak tulangan geser (mm)

Maka $V_n \geq V_u$

$$\text{Kontrol kuat geser } A_v \geq A_{v_{min}} = 0,062 \sqrt{f_c} \frac{b_w \cdot s}{f_y} \quad (\text{Pasal 11.4.6.3})$$

$$\text{Dimana : } A_{v_{min}} = 0,062 \sqrt{f_c} \frac{b_w \cdot s}{f_y}$$

2.7 Pembebanan, Dan Kombinasi Pembebanan

2.7.1 Pembebanan

Jenis pembebanan yang dipakai dalam perencanaan struktur Hotel Ijen Suites Malang ini adalah:

1. Beban Vertikal

- a. Beban Mati (SNI 1727-2013 Ps. 3.1 hal 15)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

- b. Beban Hidup (SNI 1727-2013 Ps. 4.1 hal 18)

Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban

konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati .

2. Beban Horisontal

a. Beban Angin (SNI 1727-2013 ps. 30.2.2 hal 41)

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini.

b. Beban Gempa (SNI 1726-2012 ps. 7.2.5.8 hal 42)

Perencanaan struktur tahan gempa dalam suatu perencanaan gedung harus diperhitungkan mampu memikul pengaruh beban rencana. Dalam suatu sistem yang terdiri dari kombinasi dinding geser dan rangka terbuka, beban geser dasar nominal akibat pengaruh gempa rencana yang dipikul oleh rangka – rangka terbuka harus mampu menahan paling sedikit 25% pada setiap tingkat.

Pada SNI 1726-2012 pembagian wilayah gempa di Indonesia tidak dibagi menjadi 6 zona lagi melainkan diberikannya peta – peta gerak tanah seismik dan koefisien resiko dari gempa maksimum yang dipertimbangkan. Peta – Peta yang tersedia ini meliputi Peta gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER) yaitu parameter – parameter gerak tanah SS dan S1 ,kelas situs SB. SS adalah

parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCER risiko-tertarget pada perioda pendek. S_1 adalah parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCER risiko-tertarget pada perioda 1 detik.

2.7.2 Kombinasi Pembebanan

Untuk perhitungan kombinasi pembebanan dengan cara atau rumus yang tertera pada :

a. SNI 2847-2013 ps. 9.2 tentang Kekuatan perlu

1. $U = 1,4D + 1,7L$ (C.9-1)

2. $U = 0,75 (1,4D + 1,7L) + (1,0W \text{ atau } 1,0E)$ (C.9-2)

3. $U = 0,9D + (1,0W \text{ atau } 1,0E)$ (C.9-3)

4. $U = 1,4D + 1,7L + 1,7H$ (C.9-4)

5. $U = 0,75 (1,4D + 1,4T + 1,7L)$ (C.9-5)

6. $U = 1,4(D + T)$ (C.9-6)

b. SNI 1726-2012 ps. 4.2 tentang Kombinasi beban terfaktor dan beban layan.

1. $1,4D$

2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$

3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$

4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$

5. $1,2D + 1,0E + L$

6. $0,9D + 1,0W$

7. $0,9D + 1,0E$

Pada komposisi Struktur Rangka Gedung yang bukan merupakan SPBL (Struktur Penahan Beban Lateral) yang bebannya diperoleh dari deformasi yang mungkin terjadi boleh dianggap sebagai beban terktor.

2.8 Perencanaan Terhadap Beban Gempa

2.8.1 Pengaruh arah pembebanan gempa

Untuk menentukan pengaruh gempa yang kemungkinan tidak searah sumbu utama struktur gedung, maka SNI-1726-2012 menetapkan, pengaruh pembebanan searah sumbu utama harus dianggap terjadi bersamaan dengan 30% pengaruh pembebanan dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan.

a) Pengaruh Gempa Horizontal

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

Keterangan:

F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di Tingkat i , dinyatakan dalam kilo newton (kN).

Geser tingkat desain gempa (V_x) (kN) harus didistribusikan pada berbagai elemen vertical sistem penahan gaya gempa di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal dan diafragma.

1. Torsi bawaan

Untuk diafragma yang tidak fleksibel, distribusi gaya lateral di masing-masing tingkat harus memperhitungkan pengaruh momen torsi bawaan, M_t , yang dihasilkan dari eksentrisitas antara lokasi pusat massa dan pusat kekakuan. Untuk diafragma fleksibel, distribusi gaya ke elemen vertikal harus memperhitungkan posisi dan distribusi massa yang didukungnya.

2. Torsi tak terduga

Jika diafragma tidak fleksibel, desain harus menyertakan momen torsi bawaan (M_t) (kN) yang dihasilkan dari lokasi massa struktur ditambah momen torsi tak terduga (M_{ta}) (kN) yang diakibatkan oleh perpindahan pusat massa dari lokasi aktualnya yang diasumsikan pada masing-masing arah dengan jarak sama dengan 5 persen dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan. Jika gaya gempa diterapkan secara serentak dalam dua arah ortogonal, perpindahan pusat massa 5 persen yang disyaratkan tidak perlu diterapkan dalam kedua arah orthogonal pada saat bersamaan, tetapi harus diterapkan dalam arah yang menghasilkan pengaruh yang lebih besar.

3. Pembesaran momen torsi tak terduga

Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E, atau F, di mana tipe 1a atau 1b ketidakberaturan torsi terjadi seperti didefinisikan dalam Tabel 10 harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan M_{ta} di masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran torsi

(A_x) seperti digambarkan dalam Gambar 2.14 dan ditentukan dari persamaan berikut:

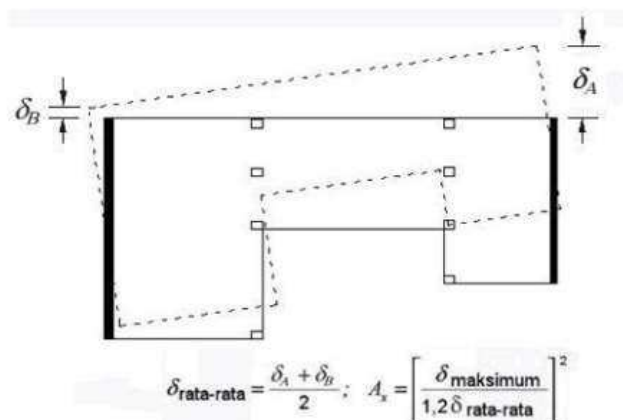
$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{Rata-rata}} \right)$$

Keterangan :

G_{max} adalah perpindahan maksimum di tingkat x (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan A_x 1 (mm)

G_{avg} adalah rata-rata perpindahan di titik-titik terjauh struktur di tingkat x yang dihitung dengan mengasumsikan A_x 1 (mm)

Faktor pembesaran torsi (A_x) tidak disyaratkan melebihi 3,0. Pembebanan yang lebih parah untuk masing-masing elemen harus ditinjau untuk desain.



Gambar 2.14 Faktor Pembesaran Torsi, A_x

b) Pengaruh Gempa Vertikal

Gaya gempa lateral F_x (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} V \text{ dan } C_{vx} = \frac{w_x h}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi vertical

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur,
dinyatakan dalam kilonewton (kN)

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan
atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam meter
(m)

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

- untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

2.8.2 Faktor Reduksi Gempa (R)

Faktor reduksi gempa adalah rasio antara beban gempa maksimum akibat gempa pengaruh gempa rencana pada struktur gempa elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut; faktor reduksi representative struktur gedung tidak beraturan. Faktor reduksi gempa dapat diambil menurut tabel 2.1

Tabel 2.1 Faktor Daktilitas Maksimum (μ_m), Faktor Reduksi Gempa Maksimum (R_m), Faktor Tahanan Lebih Struktur (f) Untuk Beberapa Jenis Sistem Struktur gedung

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m	f
1. Sistem dinding penumpu (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing)	2. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	3. Dinding penumpu dengan rangka baja ringan dan bresing tarik	1,8	2,8	2,2
	4. Rangka bresing di mana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing)	3. Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	5. Rangka bresing biasa			
	a. Baja	3,6	5,6	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	3,6	5,6	2,2
	5. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja	4,1	6,4	2,2
	6. Dinding geser beton bertulang berangkaidaktail	4,0	6,5	2,8
	7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail penuh	3,6	6,0	2,8
	8. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8	
4. Sistem ganda (Terdiri dari : 1) rangka ruang yang memikul	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan	5,2	8,5	2,8

<p>seluruh beban gravitasi; 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi/sistem ganda)</p>	SRPMK beton bertulang			
	b. Beton bertulang dengan SRPMB saja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
5. Sistem struktur gedung kolom kantilever (sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton pratekan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang	4,0	6,5	2,8

	berangkai daktail penuh			
	5. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8

Keterangan Tabel:

- μ_m adalah faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.
- R_m adalah faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu jenis atau subsistem struktur gedung .
- f adalah kuat lebih total yang terkandung didalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban maksimum akibat pengaruh gempa rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi ambang keruntuhan dan beban gempa nominal.

Pada struktur dengan ketinggian < 12 tingkat dimana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m :

$$T_a = 0,1 N$$

Di mana : N = Jumlah tingkat

Untuk batas periode maksimum

$$T_{max} = C_U T_a \longrightarrow \text{Di mana : } C_U = \text{Koefisien batas atas}$$

2.9 Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismic dengan kategori B. Kategori B itu sendiri adalah kategori desain seismic yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $0,167 \leq S_{Ds} < 0,33$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II, III.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.2 tentang Rangka Pemikul Momen Biasa, persyaratan yang harus dipenuhi adalah pasal 21.2.2 dimana balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan. Selain itu, persyaratan yang harus dipenuhi adalah pasal 21.2.3 tentang persyaratan Kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 harus didesain untuk geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan nominal kolom pada setiap kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur terbalik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang di tinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur.

2.10 Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) (SNI 2847-2013 Pasal 21.3)

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismic dengan kategori B dan C. Kategori C itu sendiri adalah kategori desain seismic yang dibatasi $0,33 \leq S_{DS} < 0,05$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

Berdasarkan SNI-03-2847-2013 pasal 21.3 tentang Rangka Momen Menengah, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam perencanaan SRPMM. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi dalam perencanaan SRPMM ini adalah sebagai berikut:

2.10.1 Detail Penulangan

Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi 21.3.4 bila gaya tekan aksial terfaktor, P_U , untuk komponen struktur yang tidak melebihi $A_g f'_c / 10$. Bila P_U lebih besar, detail tulangan rangka harus memenuhi 21.3.5 bila system slab dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari system penahan gaya gempa, detail tulangan pada sembarang bentang yang menahan momen yang di akibatkan oleh E harus memenuhi 21.3.6

2.10.2 Perencanaan Kolom Pada SRPMM

a) Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai pasal 7.10.4 atau harus memenuhi 21.3.5.4, sub pasal 21.3.5.5 berlaku untuk semua kolom, dan 21.3.5.6 berlaku untuk semua kolom yang menumpu komponen struktur kaku tak menerus.

b) Pada kedua ujung kolom, sengkang harus di sediakan dengan spasi S_0 sepanjang panjang l_0 di ukur dari muka joint.

Spasi S_0 tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang di lingkupi;
- 24 kali diameter tulangan begel ;
- Setengah di mensi penampang kolom terkecil ;
- 300mm

Panjang l_0 tidak boleh melebihi dari :

- Seperenam (1/6) batang bersih kolom.
- Dimensi penampang maksimum kolom.
- 450 mm.

c) Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $S_0/2$ dari muka joint.

d) Diluar panjang l_0 , spasi tulangan transversal joint harus memenuhi 11.10.

e) Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus di sediakan dengan tulangan transversal denagn spasi, S_0 , seperti di definisikan dalam 21.3.5.2 sepanjang tinggi penuh di bawah tingkat di mana kontinuitas terjadi jika bagian gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini terkait dengan pengaruh beban gempa yang melebihi $A_g f_c / 10$. Bila gaya desain harus di perbesar untuk diperhitungkan kekuatan lebih elemen vertikal system penahan gaya gempa, batas $A_g f_c / 10$ harus di

tingkatkan menjadi $A_g f'_c / 4$. Tulangan transversal ini harus menerus di atas dan di bawah kolom seperti di syarkan dalam 21.6.4.6 (b)

2.10.3 Perencanaan Balok Pada SRPMM

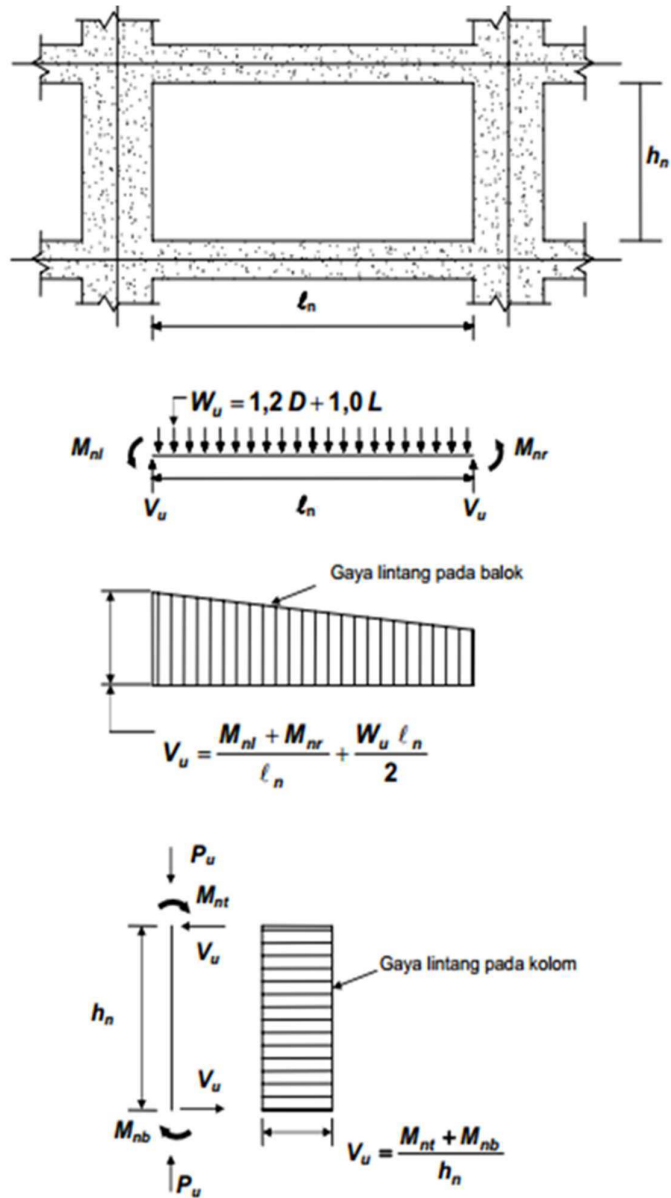
- a. Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga (1/3) kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima (1/5) kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.
- b. Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang-panjang tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak boleh lebih dari 50mm di muka komponen struktur penumpu, spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
 - $d/4$
 - delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi.
 - 24 kali diameter batang tulangan sengkang.
 - 300 mm

2.10.4 Kuat Geser

1. ϕV_n balok yang menahan pengaruh gempa, E , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b) :

- a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan Mn balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkadang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang di hitung oleh beban gravitasi terfaktor.
 - b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E , dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.
2. ϕV_n kolom yang menahan pengaruh gempa, E , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b) :
- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik.

Kekuatan lentur kolom harus di hitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.
 - b. Geser maksimum yang di peroleh dari kombinasi beban melibatkan E , dengan E di tingkatkan oleh Ω_0 .

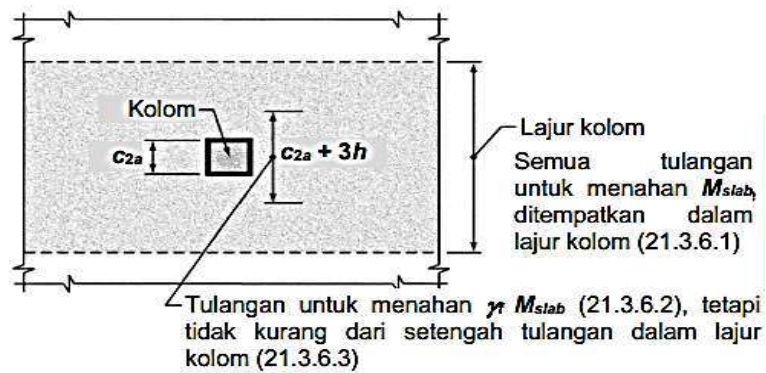


Gambar 2.15 Gaya Lintang Untuk Rencana SRPMM
(Sumber SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.3)

2.11 Perencanaan Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

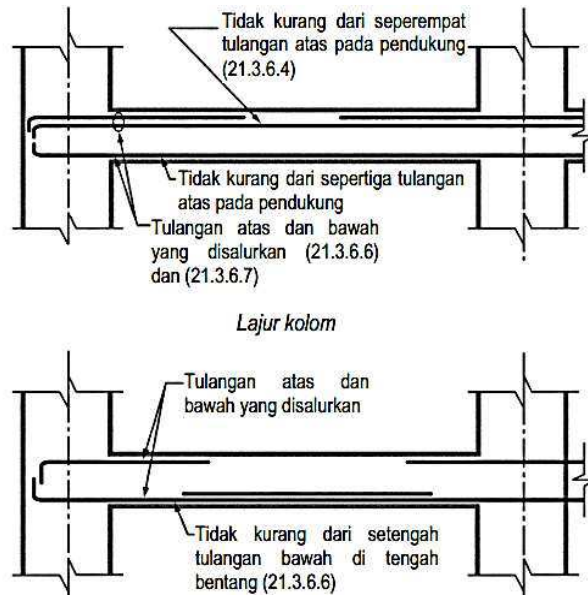
2.11.1 Perencanaan Komponen Lentur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur. Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi kondisi-kondisi dari Ps.21.5.1.1. hingga Ps.21.5.1.4. (SNI 2847-2013)



Gambar 2.16 – Lokasi tulangan pada slab

(Sumber : SNI 2847-2013 Ps.21.3.6.2)



Gambar 2.17 – penempatan tulangan pada slab
(Sumber : SNI 2847-2013 Ps.21.3.6.3)

Selain penentuan kuat lentur, tiap komponen-komponen struktur yang menerima beban lentur dalam SRPMK sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1 sampai dengan 21.6.1.2 harus memenuhi kondisi berikut :

1. Gaya tekan aksial terfaktor $P_u \leq A_g \cdot f'_c/10$
2. $B_w/h \geq 0,4$
3. $B_w \geq 300 \text{ mm}$

Dimana :

A_g = Luas bruto penampang (mm^2)

d = tinggi efektif penampang (mm)

b_w = lebar badan (mm)

h = tinggi total komponen struktur (mm)

Persyaratan penulangan untuk komponen lentur pada SRPMK menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.1 dan pasal 21.5.2.2 adalah sebagai berikut :

a) Tulangan minimal baik atas maupun bawah harus sedikitnya :

$$\frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} \cdot bw \cdot d \text{ dan } \frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{f_y}$$

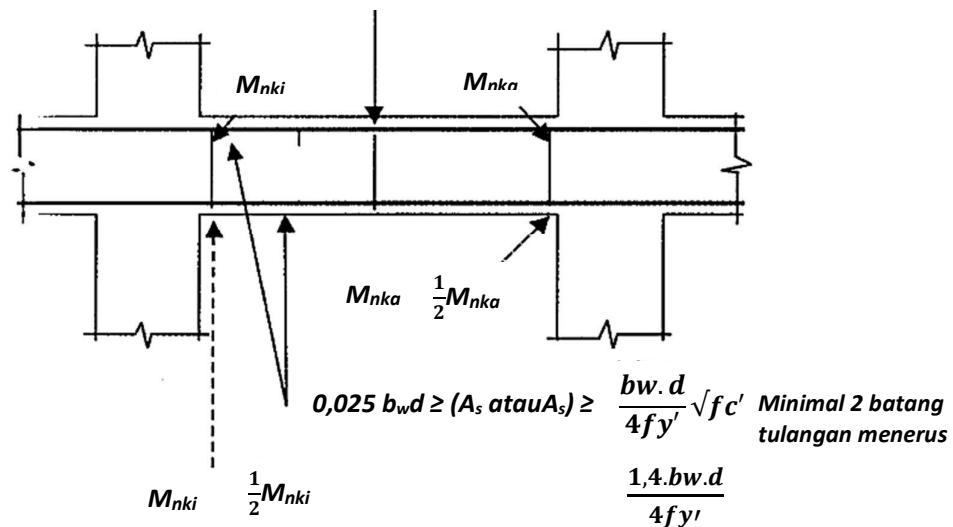
b) Rasio tulangan $\rho \leq 0,025$

c) Kekuatan momen positif pada muka joint $\geq \frac{1}{2}$ kuat momen negatif yang yang disediakan pada muka joint tersebut.

d) Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah

e) Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidka boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint tersebut.

M_n atau M_n pada semua penampang $\frac{1}{4} (M_{max} \text{ diujung})$



Gambar 2.18 - Persyaratan Penulangan Komponen Lentur pada SRPMK

A. Tulangan Longitudinal

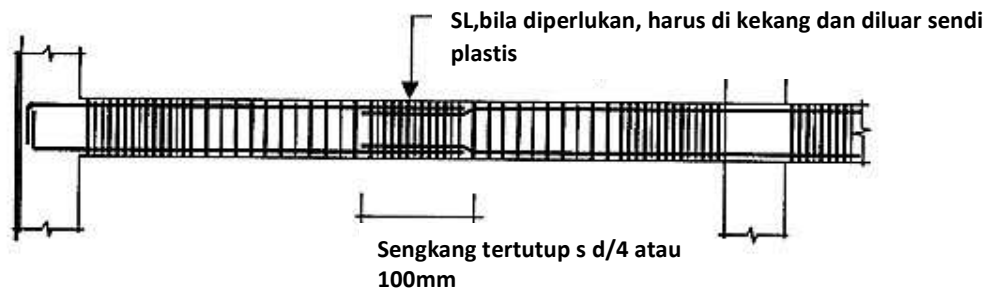
Pada sebarang penampang komponen struktur lentur, kecuali seperti diberikan pada Ps.10.5.3 (SNI 2847-2013), untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak kurang dari $1,4 b_w d / f_y$ dan rasio tulangan, ρ tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi dan bawah. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negative atau positif pada sebarang penampang sepanjang komponen struktur pada boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

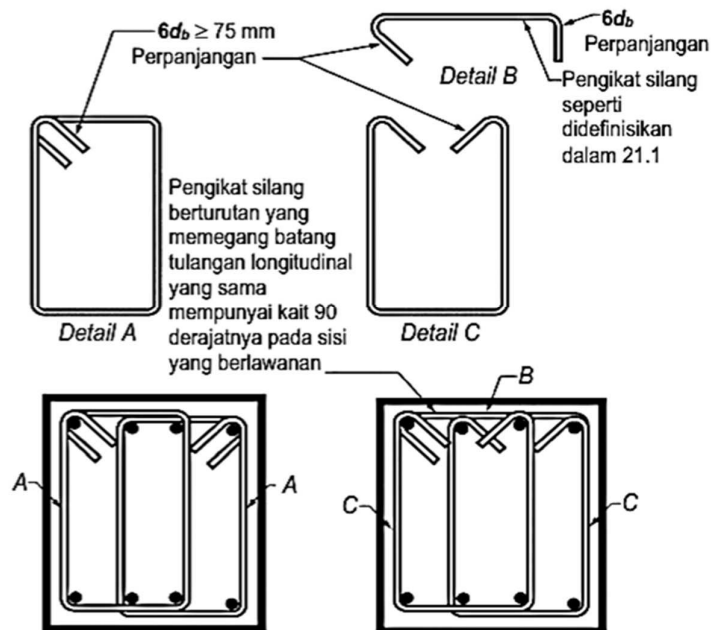
Sementara untuk sambungan lewatan (SL) harus diletakkan di luar daerah sendi plastis. Bila dipakai SL, maka sambungan itu harus di desain sebagai SL tarik dan harus dikekang sebaik-baiknya, menurut SNI 2847-2013 persyaratannya adalah :

- a) SL diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang sambungan.
- b) Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi $d/4$ dan 100 mm
- c) Sl tidak boleh digunakan dalam joint, dalam jarak $2d$ dari muka joint, dilokasi kemungkinan terjadi sendi plastis dan didaerah momen maksimum.

Pengekangan yang cukup disyaratkan harus ada di ujung-ujung komponen lentur yang kemungkinan besar akan terjadi sendi plastis untuk menjamin kemampuan daktilitasnya, bila terkena momen bolak balik. Persyaratan tulangan pengegang disyaratkan di SNI 2847-2013 :

- a) Hoop diperlukan sepanjang $2d$ dari muka kolom pada dua ujung komponen lentur, dengan meletakkan hoop pertama sejarak 50 mm dari muka kolom.
- b) Hoops juga diperlukan sepanjang $2d$ di dua sisi potongan yang momen leleh mungkin timbul berkenaan dengan momen lateral displacement inelastic dari rangka.
- c) Hoop disyaratkan s harus tidak melebihi $d/4$, 6 x tulangan memanjang terkecil, dan 150 mm , spasi batang tulangan lentur tidak melebihi 350 mm .
- d) Dimana hoop tidak disyaratkan, begel dengan hoops gempapada di dua ujung harus dipasang dengan $s \leq d/2$ sepanjang komponen.
- e) Tulangan transversal harus pula dipasang untuk menahan gaya geser (V_c)





Gambar 2.19 - Sambungan Lewatan dan Sengkang Tertutup pada SRPMK

B. Tulangan Transversal

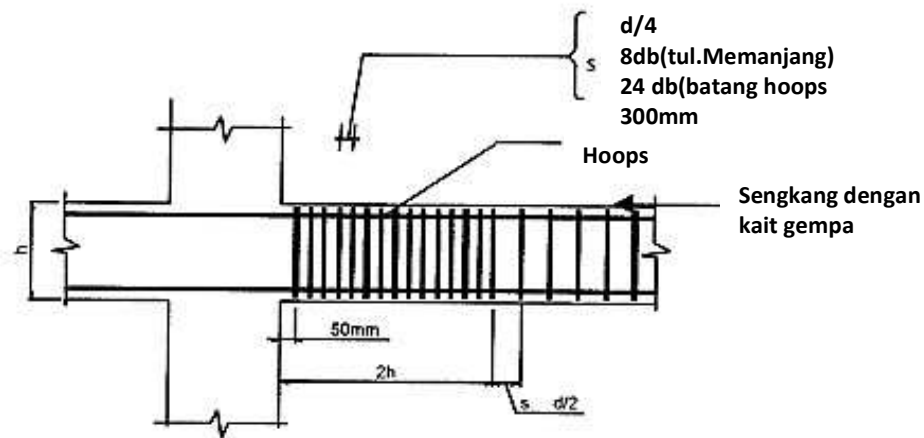
1. Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangkai berikut :Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu kea rah tengah bentang, dikedua ujung komponen struktur lentur.
2. Sepanjang panjang-panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastic rangka.

Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan pada lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a) $d/4$

- b) enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal yang disyaratkan oleh Ps.10.6.7 (SNI 2847-2013)
- c) 150 mm

Senggang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan: sebuah senggang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat silang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang sama harus mempunyai kait 90 derajatnya pada sisi komponen struktur lentur yang berlawanan. Jika batang tulangan memanjang yang diamankan oleh pengikat silang dikekang oleh slab hanya pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, kait pengikat silang 90 derajat harus ditempatkan pada sisi tersebut.



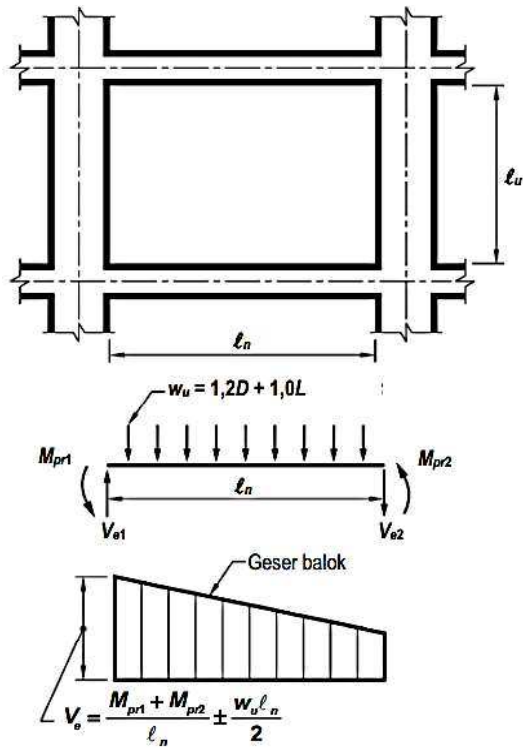
Gambar 2.20 - Penulangan Transversal untuk Komponen Lentur pada SRPMK

2.11.2 Persyaratan Kuat Geser pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

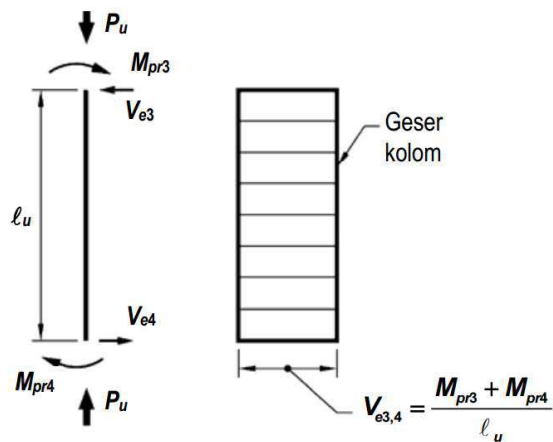
Tulangan geser pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) harus didesain sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kegagalan getas oleh geser mendahului kegagalan oleh lentur. Kebutuhan tulangan geser harus dibandingkan dengan kebutuhan tulangan pengekangan untuk dipakai yang lebih banyak agar memenuhi kebutuhan keduanya.

Pada komponen struktur yang menerima beban lentur harus didesain dengan gaya geser dengan memakai momen maksimum yang mungkin terjadi (M_{pr}). M_{pr} merupakan momen kapasitas balok dengan tulangan sebesar $f_s = 1,25 f_y$ dan $\phi = 1$, ditambah dengan beban gravitasi di balok.

Untuk komponen struktur yang kena beban aksial dan lentur pada SRPMK, gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi di muka Hubungan Balok Kolom di tiap ujung komponen kolom oleh M_{pr} maksimum terkait dengan beban-beban aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur yang bersangkutan V_e yang didapat tak perlu lebih besar dari gaya melintang Hubungan Balok Kolom yang diperoleh dari M_{pr} komponen transversal dan tak boleh lebih kecil dari hasil analisa struktur.



Gambar 2.13 - Geser Desain untuk Balok.



Gambar 2.21 - Geser Desain untuk Kolom (sumber: SNI-2847-2013)

2.11.3 Perencanaan Komponen Terkena Beban Aksial pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan prinsip *capacity Design* dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom-kolom tidak leleh lebih dahulu sebelum balok. Goyongan lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis di ujung-ujung kolom akan menyebabkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom harus didesain 20% lebih kuat dari balok-balok di suatu Hubungan Balok Kolom (HBK)

Komponen rangka yang termasuk dalam klasifikasi komponen struktur yang terkena beban lentur dan aksial dalam SRPMK harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Beban aksial tekan terfaktor $\leq A_g \cdot f_c/10$
- b) Dimensi terkecil penampang ≥ 300 mm
- c) Ratio dimensi terkecil penampang terhadap dimensi tegak lurus nya $\geq 0,4$.

Kuat lentur komponen strukturnya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2)\sum M_{nb}$$

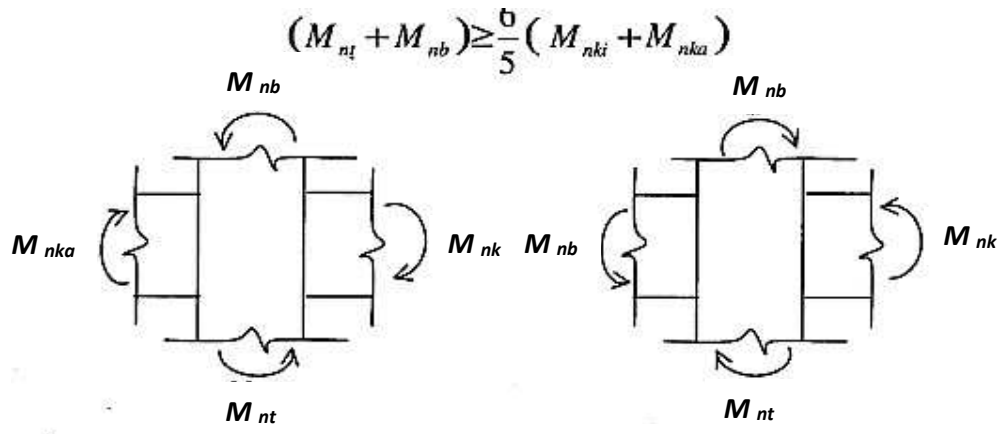
Dimana :

$\sum M_{nc}$ = Jumlah momen di muka Hubungan Balok Kolom sesuai dengan desain kuat lentur

$\sum M_{nb}$ = jumlah momen di muka HBK sesuai dengan desain kuat lentur nominal balok-balok.

- d) Ratio tulangan tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06

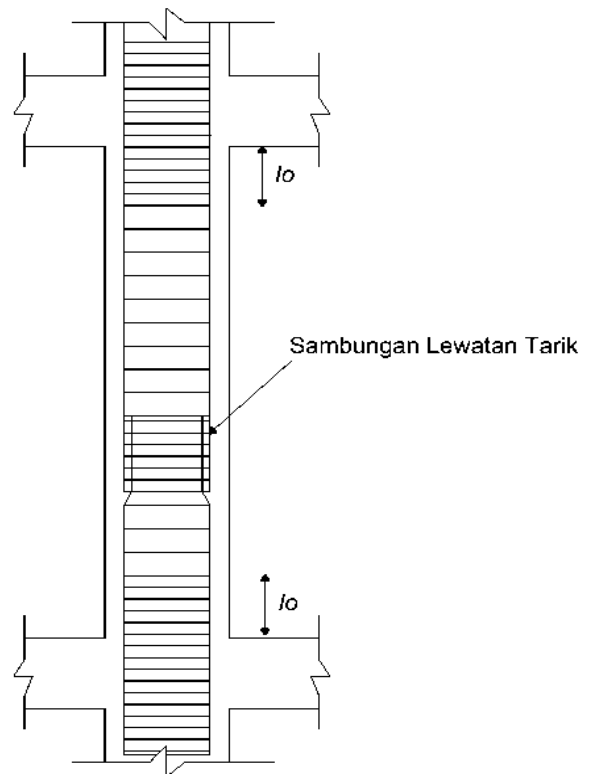
$$M_{nt} + M_{nb} \geq \frac{6}{5} (M_{nki} + M_{nka})$$



Keterangan : ka,ki, t dan b adalah kanan, kiri, top dan bawah

Gambar 2.22 - "Strong Column Weak Beam" persyaratan Rangka pada SRPMK

e) SL hanya diijinkan disekitar tengah panjang komponen, harus sebagai sambungan tarik, yang harus dikenai tulangan transversal sepanjang penyalurannya.



Gambar 2.23 - Tipikal Detail Sambungan Lewatan Kolom pada SRPMK

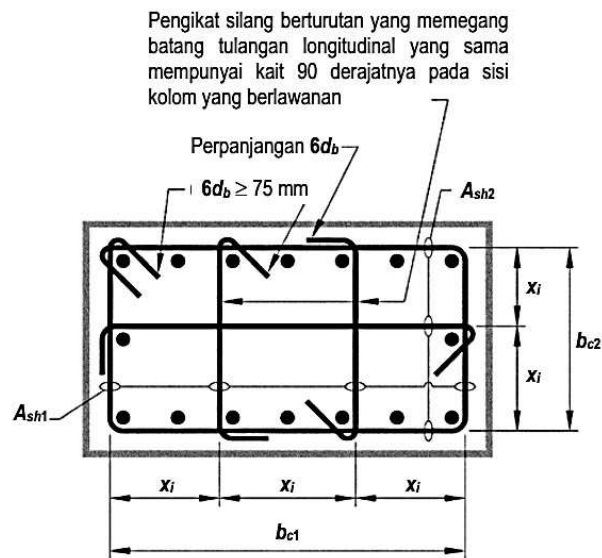
Persyaratan Tulangan Transversal (TT) di SNI 2847-2013 adalah sebagai berikut :

- Ratio volumerik tulangan spiral atau sengkang cincin tidak boleh kurang dari $\rho_s = 0,12 f'_c / f_{yh}$
- Total luas penampang tulangan hoops persegi panjang untuk pengekangan harus tidak boleh kurang dari nilai dua persamaan ini :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{sbc \cdot f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sbc \cdot f'_c}{f_{yt}}$$

- Tulangan transversal harus berupa sengkang tunggal atau tumpuk



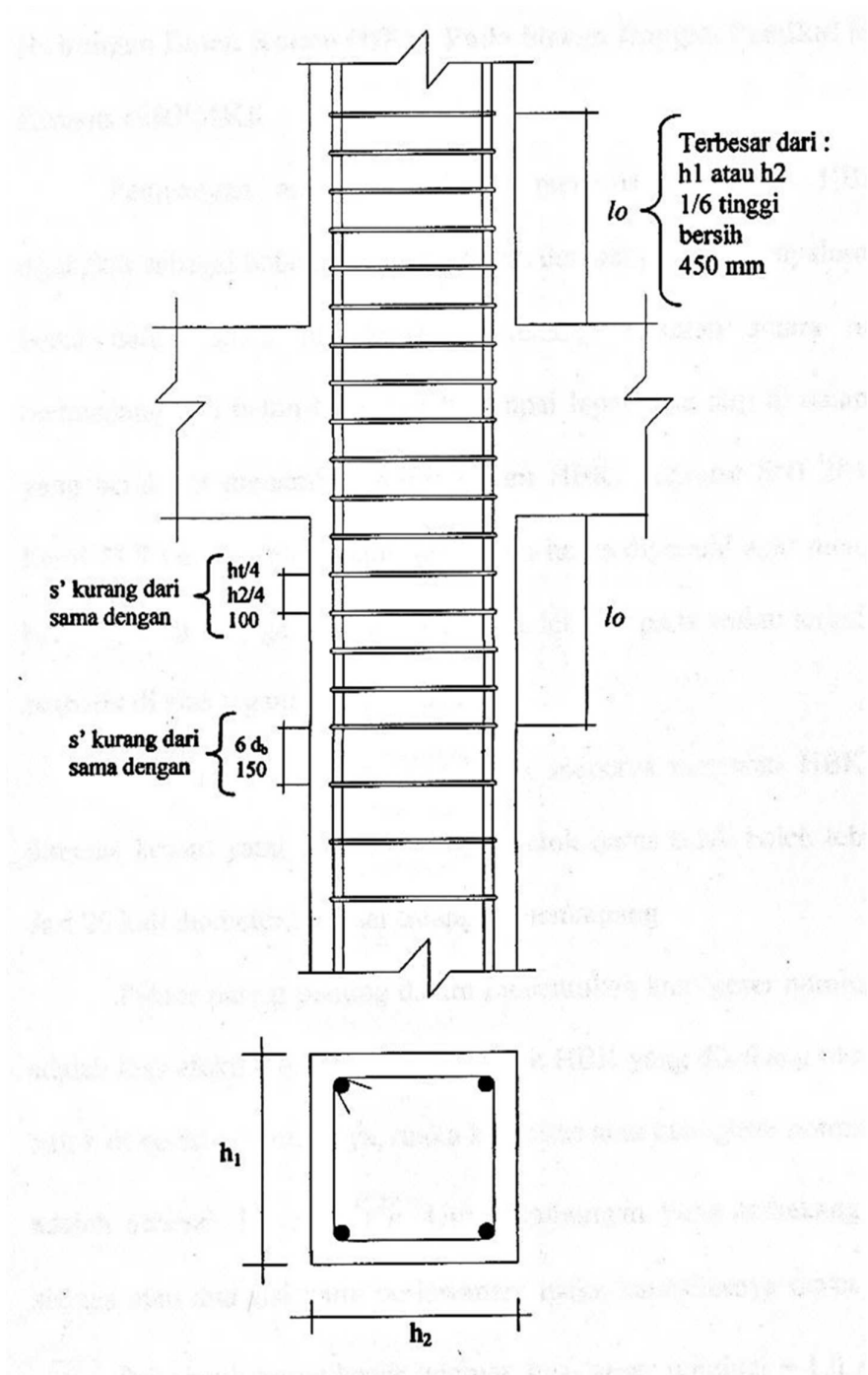
Dimensi x_i dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus h_x yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari x_i .

Gambar 2.24 - Tulangan Transversal pada Kolom (sumber: SNI-2847-2013)

- Perlu dipasang sepanjang l_o dari muka HBK dikena ujung kolom dimana lentur leleh memungkinkan dapat terjadi l_o harus tak boleh lebih kecil dari:

- Tinggi penampang komponen struktur pada HBK

- $1/6$ panjang bentang bersih
- 450 mm
- e) Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_0 tidak boleh melebihi $1/4$ dimensi komponen struktur minimum, $6 \times \emptyset$ tulangan longitudinal, $100 \text{ mm} \leq s_o \leq 150 \text{ mm}$
- f) Spasi pengikat sengkang atau kaki-kaki sengkang persegi, h_x dalam penampang komponen struktur tidak boleh melebihi 350 mm pusat ke pusat.
- g) Tulangan vertikal tidak boleh berjarak bersih lebih dari 150 mm dari tulangan yang didukung secara lateral. Bila TT untuk pengekanan tidak lagi disyaratkan maka sisa panjang kolom harus terpasang tulangan hoops dengan jarak s tak melebihi $6 \times$ diameter tulangan memanjang atau 150 mm.



Gambar 2.25 Syarat Pengekangan Ujung-Ujung Kolom Penulangan Hoops (Sengkang Tertutup) Persegi

BAB III

METODELOGI PERENCANAAN

3.1 Data – Data Perencanaan

Data Bangunan

- Nama Gedung : Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan
Uneversitas Brawijaya
- Lokasi Gedung : Perumahan Puncak Dieng, Malang
- Fungsi Bangunan : Perkuliahan
- Jumlah Lantai : 7 Lantai dan 1 Atap
- Bentang Memanjang : 52,00meter
- Bentang Melintang : 25,60 meter
- Tinggi Gedung : 27,00 meter
- Tinggi Lantai 1 - 7 : 4,00 meter
- Tinggi Lantai 7 - Atap : 3,00 meter
- Struktur : Beton Bertulang

3.2 Data Pembebanan

3.2.1 Data Beban Mati

Sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987, maka beban mati diatur sebagai berikut:

- Berat spesi per cm tebal = 21 Kg/m² = 0,21 kN/m²
- Berat Tegel per cm tebal = 24 Kg/m² = 0,24 kN/m²
- Berat Plafon = 11 Kg/m² = 0,11 kN/m²

- rangka penggantung = 7 Kg/m² = 0,7 kN/m²
- Berat pasangan bata merah ½ batu = 250 Kg/m² = 2,50 kN/m²
- Berat jenis beton = 2400 Kg/m³ = 24,00 kN /m³
- Berat jenis pasir kering = 1600 Kg/m³ = 16,00 kN /m³
- Berat Mekanikal Elektrikal = 35 Kg/m² = 0,35 kN /m²

3.2.2 Data Beban Hidup

Sesuai dengan peraturan SNI 1727-2013 beban minimum untuk perangan bangunan gedung dan struktur lain, maka beban hidup diatur sebagai berikut:

- Beban hidup lantai 1 sampai atap = 0,96 kN/m²
- Beban guna/beban hidup atap = 1,00 kN/m²
- Berat jenis air hujan = 10,00 kN/m³
- Beban hidup tangga dan bordes = 4,79 kN/m²

3.2.3 Data Material

Dalam perencanaan hotel ini mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Tegangan leleh tulangan ulir (fy) = 390 Mpa
- Tegangan leleh tulangan polos (fys) = 240 Mpa
- Kuat tekan beton fc' = 30 Mpa
- Modulus elastisitas beton

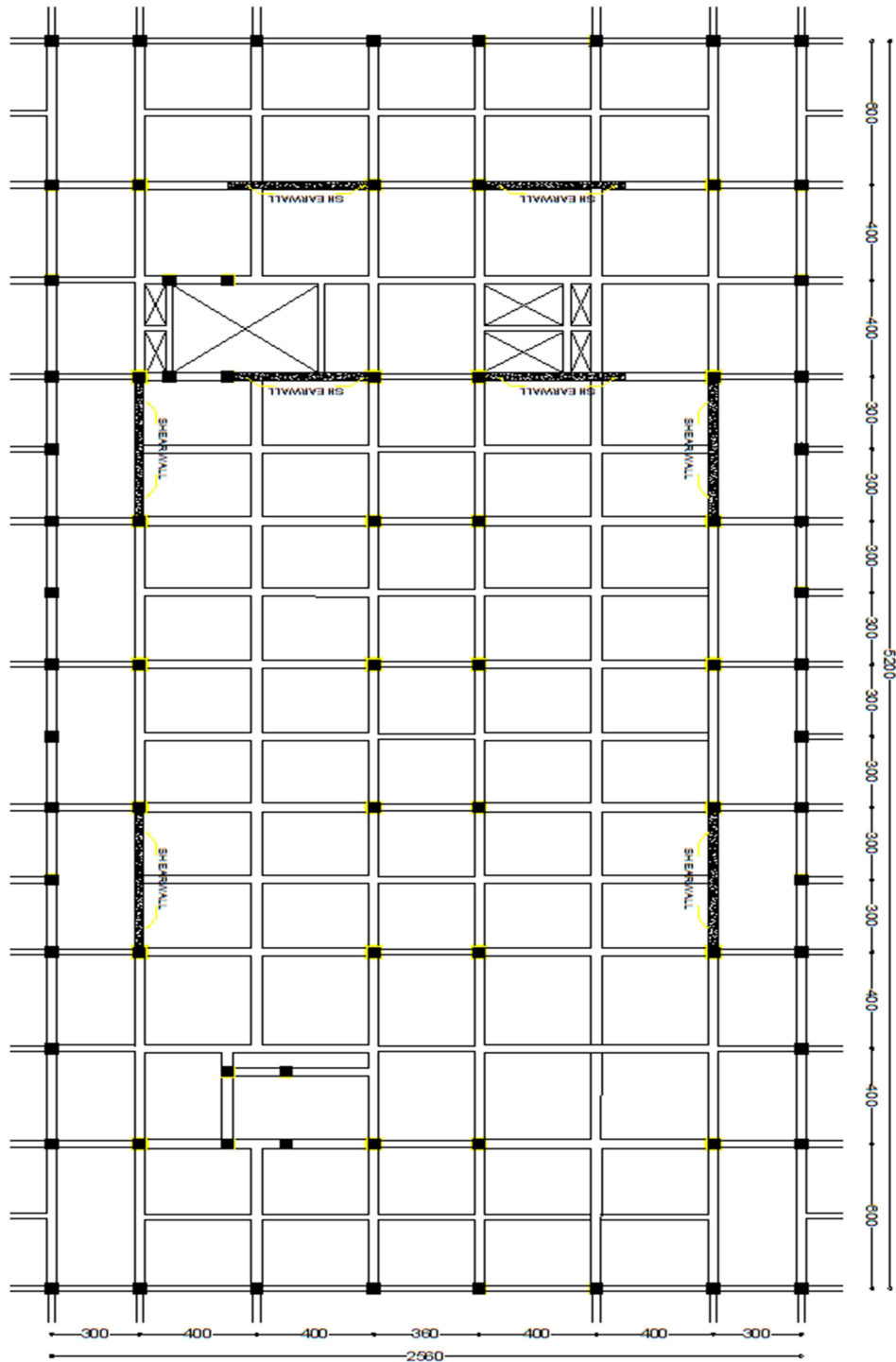
$$E = 4700 \times \sqrt{f_c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{30}$$

$$E = 25743.96 \text{ Mpa}$$

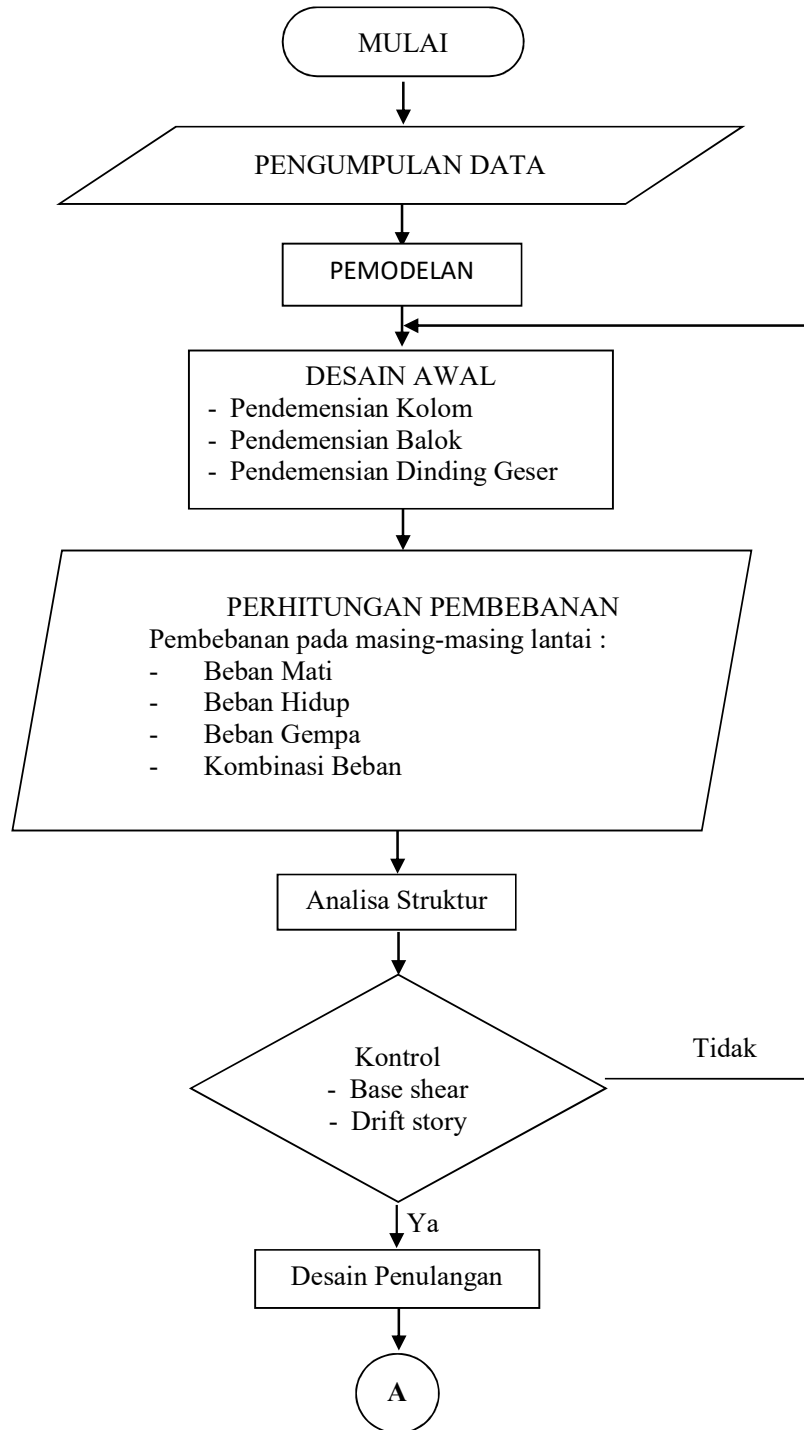
$$E = 2.574396 \times 10^7 \text{ KN/m}^2$$

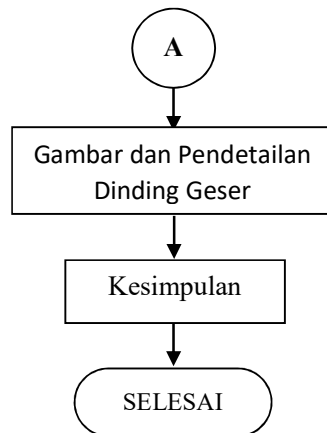
3.3 Data Gambar Perencanaan Struktur Sesuai Data Existing Gedung



Gambar 3.1 Perletakkan Dinding Geser

3.4 Diagram Alir





3.5 Perhitungan Pendimensionan Kolom, Balok, Plat dan Dinding Geser

3.5.1 Dimensi Balok

Dengan menggunakan rumus pendekatan perhitungan dimensi balok, maka merencanakan dimensi balok pada Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang direncanakan dengan ukuran.

➤ Dimensi Balok 1

$$\text{Panjang Bentang Balok} = 8,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Maksimum Balok} &= \frac{1}{10} \times \text{Panjang Bentang Balok} \\ &= \frac{1}{10} \times 8,00 = 0,80 \text{ m} = 80,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Minimum Balok} &= \frac{1}{15} \times \text{Panjang Bentang Balok} \\ &= \frac{1}{15} \times 8,00 = 0,53 \text{ m} = 53,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka tinggi yang diambil pada balok 1 = 55,00 cm

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Maksimum Balok} &= \frac{2}{3} \times \text{Tinggi Balok} \\ &= \frac{2}{3} \times 55,00 = 36,67 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Minimum Balok} &= \frac{1}{2} \times \text{Tinggi Balok} \\ &= \frac{1}{2} \times 55,00 = 27,50 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka lebar yang diambil pada balok 1 = 30,00 cm

➤ Dimensi Balok 2

$$\text{Panjang Bentang Balok} = 6,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Maksimum Balok} &= \frac{1}{10} \times \text{Panjang Bentang Balok} \\ &= \frac{1}{10} \times 6,00 = 0,60 \text{ m} = 60,00 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Minimum Balok} &= \frac{1}{15} \times \text{Panjang Bentang Balok} \\ &= \frac{1}{15} \times 6,00 = 0,40 \text{ m} = 40,00 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka tinggi yang diambil pada balok 2 = 40,00 cm

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Maksimum Balok} &= \frac{2}{3} \times \text{Tinggi Balok} \\ &= \frac{2}{3} \times 40,00 = 26,67 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Minimum Balok} &= \frac{1}{2} \times \text{Tinggi Balok} \\ &= \frac{1}{2} \times 40,00 = 20,00 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka lebar yang diambil pada balok 2 = 20,00 cm

➤ Dimensi Balok 3

$$\text{Panjang Bentang Balok} = 4,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Maksimum Balok} &= \frac{1}{10} \times \text{Panjang Bentang Balok} \\ &= \frac{1}{10} \times 4,00 = 0,40 \text{ m} = 40,00 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi Minimum Balok} = \frac{1}{15} \times \text{Panjang Bentang Balok}$$

$$= \frac{1}{15} \times 4,00 = 0,267 \text{ m} = 26,67 \text{ cm}$$

Maka tinggi yang diambil pada balok 3 = 30,00 cm

$$\text{Tinggi Maksimum Balok} = \frac{2}{3} \times \text{Tinggi Balok}$$

$$= \frac{2}{3} \times 30,00 = 20,00 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi Minimum Balok} = \frac{1}{2} \times \text{Tinggi Balok}$$

$$= \frac{1}{2} \times 30,00 = 15,00 \text{ cm}$$

Maka lebar yang diambil pada balok 3 = 15,00 cm

3.5.2 Dimensi Kolom

Untuk lebar kolom yang digunakan minimal sama dengan lebar balok, maka dimensi kolom yang akan direncanakan dalam struktur bangunan ini.

➤ Dimensi Kolom:

$$\text{Panjang} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 40 \text{ cm}$$

3.5.3 Dimensi Plat

➤ Bentang terpanjang (L_y) = 6,00 m

➤ Bentang Terpanjang (L_x) = 3,00 m

➤ Syarat:

Jika $\beta \geq 2$ maka menggunakan plat 2 arah

➤ Kontrol nilai α_m

Momen inersia balok pada arah y:

Diketahui:

$$\text{Tinggi Balok} = 55,00 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar balok} = 30,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} x b x h^3 \\ &= \frac{1}{2} x 30 x 55^3 \\ &= 415937,50 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Momen inersia pada arah x:

Diketahui:

$$\text{Tinggi Balok} = 55,00 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar balok} = 30,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} x b x h^3 \\ &= \frac{1}{2} x 30 x 55^3 \\ &= 415937,50 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Direncanakan h plat = 12 cm

Momen inersia plat pada arah y:

Diketahui:

$$\text{Tinggi plat} = 12,00 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang plat} = 600,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} x b x h^3 \\ &= \frac{1}{2} x 600 x 12^3 \end{aligned}$$

$$= 86400,00 \text{ cm}^4$$

Momen inersia plat pada arah y:

Diketahui:

$$\text{Tinggi plat} = 12,00 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang plat} = 300,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} x b x h^3 \\ &= \frac{1}{2} x 300 x 12^3 \\ &= 43200,00 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Direncanakan modulus elastisitas balok (E_{cb}) dan modulus elastisitas plat (E_{cp}) sebesar:

$$\begin{aligned} E &= 4700,00 x \sqrt{f'c} \\ &= 4700,00 x \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Untuk besar α pada balok bentang $x = 6,00$ m adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{E_{cb} x l_b}{E_{cb} x l_p} \\ &= \frac{25742,96 x 415937,50}{25742,96 x 86400,00} \\ &= 4,8141 \end{aligned}$$

Untuk besar α pada balok bentang $x = 3,00$ m adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{E_{cb} x l_b}{E_{cb} x l_p} \\ &= \frac{25742,96 x 415937,50}{25742,96 x 43200,00} \end{aligned}$$

$$= 9,6282$$

Maka besarnya α_m adalah:

$$\begin{aligned}\alpha_m &= \frac{(2 \times \alpha_1) + (2 \times \alpha_2)}{4} \\ &= \frac{(2 \times 4,8141) + (2 \times 9,6282)}{4} \\ &= 7,2211\end{aligned}$$

Jika nilai $\alpha_m = 7,2211 > 2$ maka ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln \times (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + (9 \times \beta)}$$

dan tebal plat tidak boleh kurang dari 9 cm.

$$\begin{aligned}Ln &= L_{plat} - (2 \times 0,5 \times h_{balok}) \\ &= 600,00 - (2 \times 0,50 \times 55,00) \\ &= 545,00 \text{ cm}\end{aligned}$$

Untuk ketebalan plat minimum (b_{min}) yaitu:

$$\begin{aligned}h &= \frac{\ln \times (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + (9 \times \beta)} \\ &= \frac{545,00 \times (0,8 + \frac{240}{1500})}{36} \\ &= 14,53 \text{ cm}\end{aligned}$$

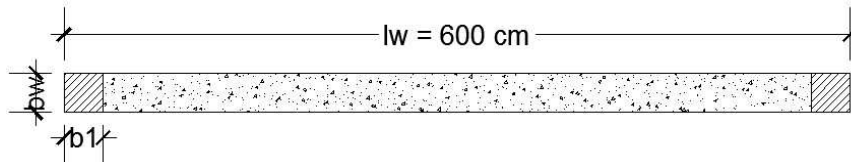
Kontrol tebal plat:

$$h_{max} > h_{rencana}$$

$$14,53 \text{ cm} > 12,00 \text{ cm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

3.5.4 Pendimensian Dinding Geser

➤ Dimensi Dinding Geser



Gambar 3.2 Potongan Dimensi Penampang Dinding Geser

❖ Tebal Dinding Geser (b_w)

Jadi untuk tebal (b_w) Dinding Geser berdasarkan lebar dinding :

- $l_w = 600 \text{ cm}$
- $b_w = l_w / 25$
 $= 600 / 25$
 $= 24 \text{ cm}$ dipakai $b_w = 30 \text{ cm}$

Berdasarkan rumusan hasil T. Paulay dan M. J. N. Priestley dalam bukunya yang berjudul “Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building”, dimensi dinding geser *berdasarkan tinggi dinding* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- $h_0 = 4,00 \text{ m}$
- $h_1 = 4,00 \text{ m}$
- $b_w \geq \frac{1}{16} h_0$
 $\geq \frac{1}{16} \times 4,00$
 $\geq 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$
- $b_w \geq \frac{1}{16} h_1$

$$\geq \frac{1}{16} \times 4,00$$

$$\geq 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm} \dots \text{di pakai } bw = 30 \text{ cm}$$

Maka untuk tebal dinding geser (bw) dipakai 30 cm

❖ **Panjang Dinding Geser (l_w)**

Untuk kontrol panjang dinding geser (l_w) = $l_w < l_{wmaks}$. Diambil type dinding geser dengan l_w terpanjang

- $bw = 30 \text{ cm}$

- $h_1 = 400 \text{ cm}$

- $l_w = 600 \text{ cm}$

- $l_{wmaks} = 1,6 \cdot h_1$
 $= 1,6 \cdot 400$
 $= 640 \text{ cm}$

- $l_w = 600 \text{ cm} < l_{wmaks} = 640 \text{ cm} \dots \text{(OK)}$

❖ **Perhitungan Nilai b**

- $b \geq bw$

$$bw = 30 \text{ cm}$$

- $b \geq bc$

$$bc = 0,0171 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu_\phi}$$

$$= 0,0171 \cdot 600 \cdot \sqrt{5}$$

$$= 22,94 \text{ cm}$$

- $b \geq \frac{1}{16} h_1$

$$\frac{1}{16} h_1 = \frac{1}{16} \times 400$$

$$= 25 \text{ cm}$$

$$\bullet \quad bw \geq \frac{h_i}{16} \geq bc$$

$$30 \text{ cm} \geq 25 \text{ cm} \geq 22,94 \text{ cm}$$

maka nilai b yang di pakai ialah 30 cm

❖ **Perhitungan Nilai b_1**

$$\bullet \quad b_1 \geq \frac{bc.lw}{10.b}$$

$$\frac{bc.lw}{10.b} = \frac{22,94 \times 600}{10 \times 30}$$

$$= 45,884 \text{ cm}$$

$$\bullet \quad b_1 \geq \frac{bc^2}{10 \cdot b}$$

$$\frac{bc^2}{10 \cdot b} = \frac{22,94^2}{10 \times 30}$$

$$= \frac{526,244}{300}$$

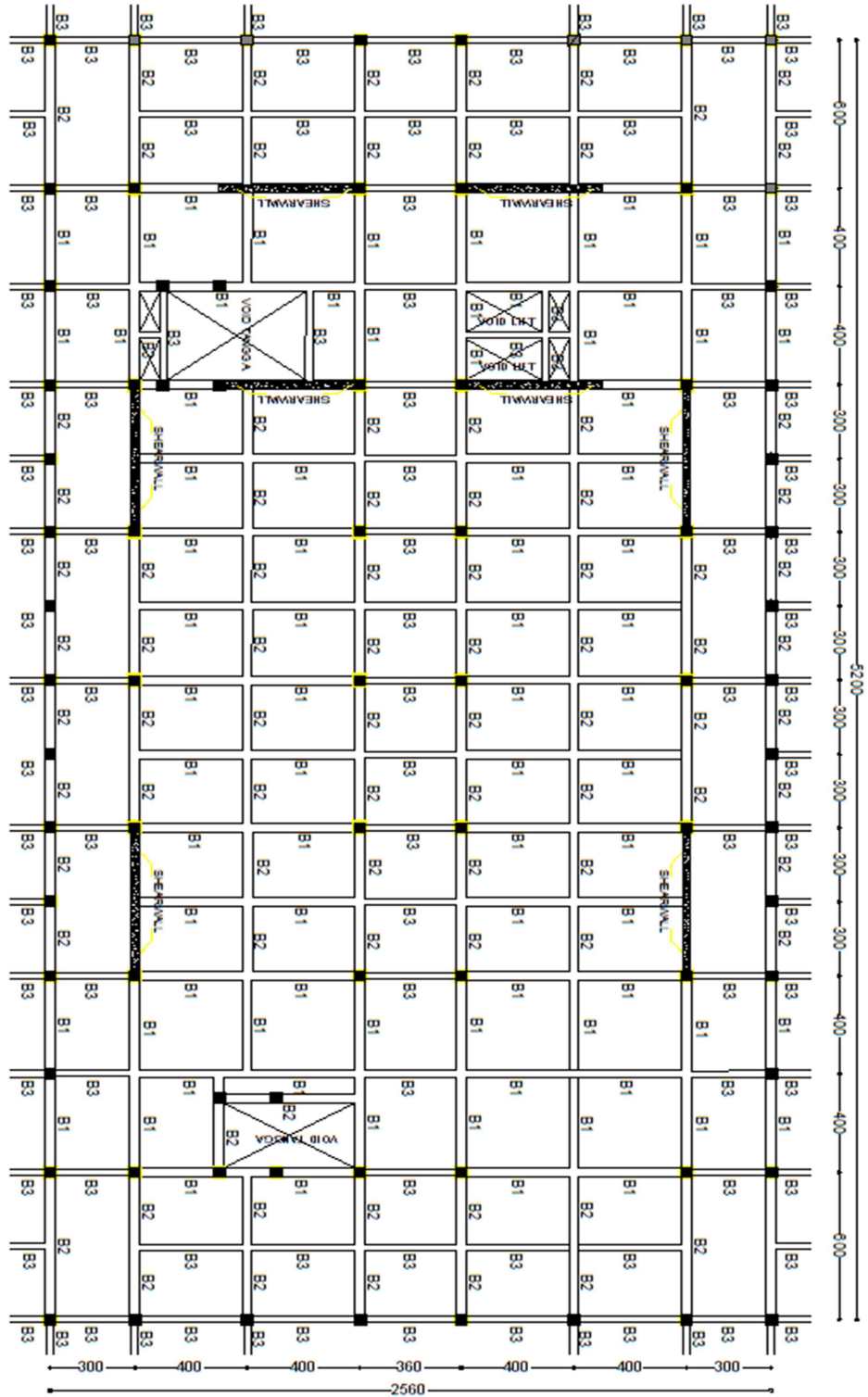
$$= 1,7545 \text{ cm}$$

$$- \quad b_1 \geq \frac{1}{16} h_i$$

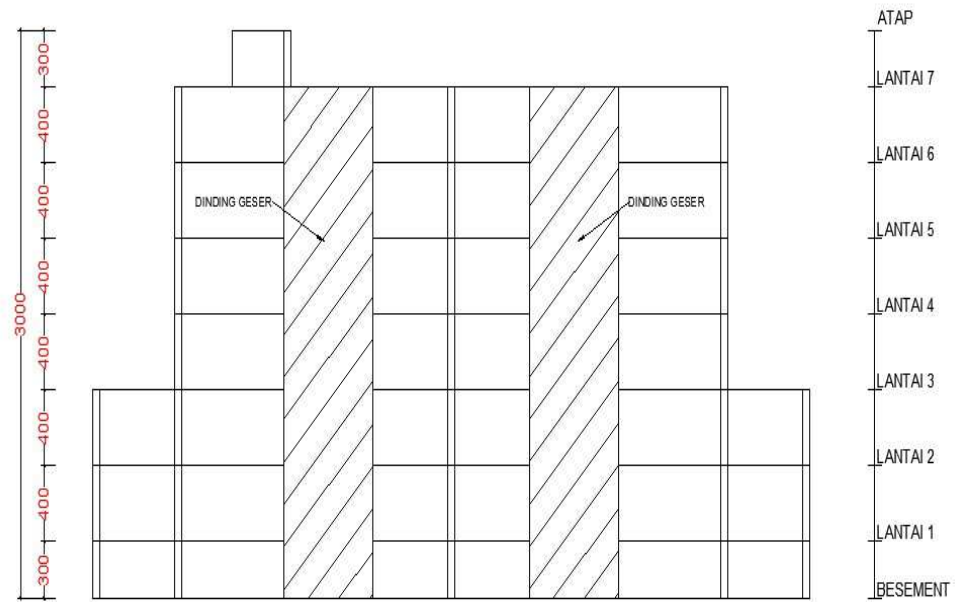
$$\geq \frac{1}{16} \times 400$$

$$\geq 25 \text{ cm}$$

Maka nilai b_1 dipakai ialah 30 cm

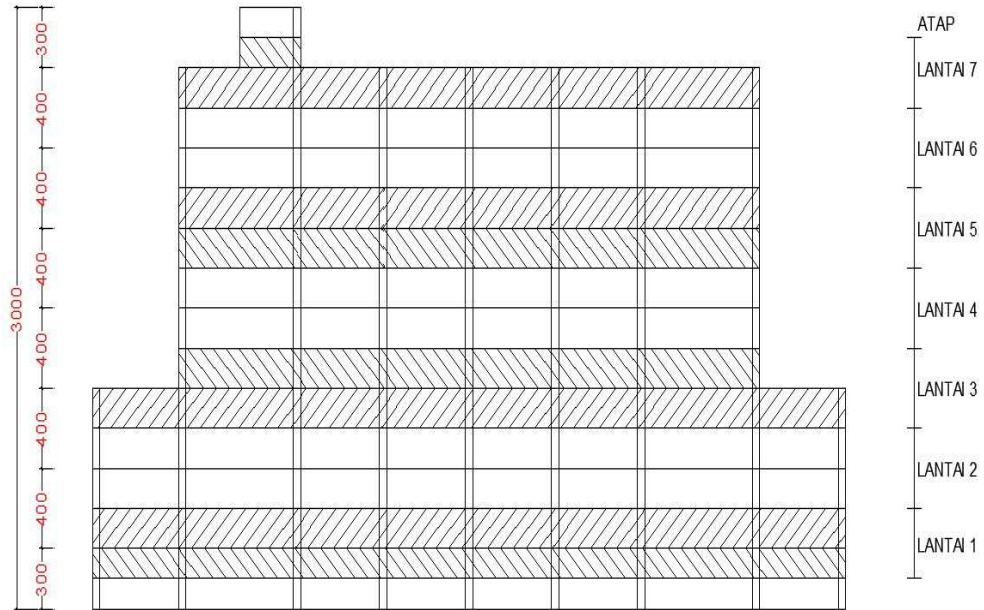


Gambar 3.3 Perletakan Balok, Kolom dan Dinding Geser



Gambar 3.4 Tampak Depan Dinding Geser

3.6 Perhitungan Berat Sendiri Bangunan dan Beban Gempa



Gambar 3.5 Pembagian Berat Perlantai

3.6.1 Pembebanan Pada Lantai Atap

➤ **Beban Mati (WDL)**

Pembebanan Lantai Atap

$$\text{Berat Plat Atap 12 cm} = 0,12 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Mekanika Elektrikal} = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Plafond + Punggantung} &= \text{Berat Gypsum + Punggantung} \\ &= 0,055 + 0,113 \\ &= 0,17 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Plester / skriting } \pm 4\text{cm} &= \text{tebal skriting x berat spesi per cm tebal} \\ &= 4 \times 0,21 \\ &= 0,84 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka Berat Total} = \text{Berat Sendiri Plat} = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plester / skriting } \pm 5 \text{ cm} = 0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Plafond + Punggantung} = 0,17 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Mekanikal Elektrikal} = \underline{0,35 \text{ kN/m}^2} +$$

$$\text{Total qd atap} = 4,24 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Maka Berat Total} = \text{Berat Total} \times \text{Luas}$$

$$= 4,24 \times (4,00 \times 11,6)$$

$$= 196,64 \text{ kN}$$

Berat Kolom = (Tinggi Kolom Atas + ½ Tinggi Kolom Bawah) x Luas Dimensi Kolom x V. Beton x Jumlah Kolom

$$\text{Berat Kolom (40/40)} = ((0 \times 4) + (0,5 \times 3)) \times (0,4 \times 0,4) \times 24 \times 8 = 46,08 \text{ kN}$$

Berat Balok Memanjang = B. Balok x (H. Balok – Tebal Plat) x (Panjang Balok – Jumlah Kolom x Lebar Kolom) x Bj. Beton

$$\text{Line 7 (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (4,00 - 1 \times 0,40) \times 24 = 11,15 \text{ kN}$$

$$\text{Line 10 (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (4,00 - 1 \times 0,40) \times 24 = 11,15 \text{ kN}$$

$$\text{Line 11 (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (4,00 - 1 \times 0,40) \times 24 = 11,15 \text{ kN}$$

$$\text{Line 13 (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (4,00 - 1 \times 0,40) \times 24 = 11,15 \text{ kN}$$

Maka DL Balok Memanjang = 44,58 kN

Berat Balok Melintang = B. Balok x (H. Balok – Tebal Plat) x (Panjang Balok – Jumlah Kolom x Lebar Kolom) x Bj. Beton

$$\text{Line G (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (9,00 - 2 \times 0,40) \times 24 = 25,39 \text{ kN}$$

$$\text{Line G (B3 = 15/30)} = (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (3,60 - 1 \times 0,40) \times 24 = 2,07 \text{ kN}$$

$$\text{Line I (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (9,00 - 2 \times 0,40) \times 24 = 25,39 \text{ kN}$$

$$\text{Line I (B3 = 15/30)} = (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (3,60 - 2 \times 0,40) \times 24 = 1,81 \text{ kN}$$

Maka DL Balok Melintang = 54,66 kN

Berat Total Balok = DL Balok Memanjang + DL Balok Melintang

$$= 44,58 \text{ kN} + 54,66 \text{ kN}$$

$$= 99,24 \text{ kN}$$

Berat Dinding Memanjang = (Panjang Dinding – Jmh. Kolom x Lebar Kolom) x (½ x (h Dinding Atas – h Balok) + (½ x (h

Dinding Bawah – h Balok) x bj

$$\text{Line 7 (B1 = 30/55)} = (4,0 - 1 \times 0,4) \times (0,5 \times (3,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 11,03 \text{ kN}$$

$$\text{Line 10 (B1 = 30/55)} = (4,0 - 1 \times 0,4) \times (0,5 \times (3,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 11,03 \text{ kN}$$

$$\text{Line 13 (B1 = 30/55)} = (4,0 - 1 \times 0,4) \times (0,5 \times (3,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 11,03 \text{ kN}$$

Maka DL Dinding Memanjang = 33,08 kN

Berat Dinding Melintang = (Panjang Dinding – Jmh. Kolom x Lebar Kolom) x (½ x (h Dinding Atas – h Balok) + (½ x (h Dinding Bawah – h Balok) x bj

$$\text{Line G (B1 = 40/70)} = (8,0 - 2 \times 0,4) \times (0,5 \times (3,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 22,05 \text{ kN}$$

$$\text{Line G (B3 = 25/40)} = (3,60 - 1 \times 0,4) \times (0,5 \times (3,0 - 0,30) + 0,0 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 = 10,80 \text{ kN}$$

$$\text{Line H (B1 = 40/70)} = (8,0 - 2 \times 0,4) \times (0,5 \times (3,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 22,05 \text{ kN}$$

$$\text{Line H (B3 = 25/40)} = (3,60 - 1 \times 0,4) \times (0,5 \times (3,0 - 0,30) + 0,0 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 = 10,80 \text{ kN}$$

Maka DL Dinding Melintang = 65,70 kN

Berat Total Dinding = DL Dinding Memanjang + DL Dinding Melintang

$$= 33,08 \text{ kN} + 65,70 \text{ kN}$$

$$= 98,78 \text{ kN}$$

Jadi Total Beban WDL = Berat Pembebanan Atap + Berat Kolom + Berat Balok + Berat Dinding

$$= 196,64 \text{ kN} + 46,08 \text{ kN} + 99,24 \text{ kN} + 98,78 \text{ kN}$$

$$= 440,74 \text{ kN}$$

➤ Baban Hidup (WLL)

$$\begin{aligned}\text{Beban Hidup Atap} &= \text{Luas Lantai} \times \text{beban hidup atap} \times \text{Koefisien} \\ &= (4,0 \times 11,6) \times 0,96 \times 0,5 \\ &= 22,27 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Hidup Air Hujan} &= \text{Luas Lantai Atap} \times \text{Berat Jenis Air Hujan} \times \text{Tebal Lantai} \times \text{Faktor Reduksi} \\ &= (4,0 \times 11,6) \times 10 \times 0,12 \times 0,5 \\ &= 27,84 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Maka Total WLL} = 50,11 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Total} &= \text{WDL} + \text{WLL} \\ &= 440,74 \text{ kN} + 50,11 \text{ kN} \\ &= 490,86 \text{ kN}\end{aligned}$$

3.6.2 Pembebanan Pada Lantai 6

➤ **Beban Mati (WDL)**

Pembebanan Lantai Atap

$$\text{Berat Plat Atap 12 cm} = 0,12 \times 24 = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Plester / skriting } \pm 4\text{cm} &= \text{tebal skriting} \times \text{berat spesi per cm tebal} \\ &= 4 \times 0,21 \\ &= 0,84 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Keramik} &= (\text{Tebal Spesi} \times \text{Berat Spesi}) + (\text{Tebal Keramik} \times \text{Berat Volume Keramik}) \\ &= (4 \times 0,21) + (0,85 \times 0,24) \\ &= 1,04 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Berat Mekanika Elektrikal} = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Plafond + Penggantung} &= \text{Berat Gypsum} + \text{Penggantung} \\ &= 0,055 + 0,113 \\ &= 0,17 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Maka Berat Total} = \text{Berat Sendiri Plat} = 2,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Plester / skriting } \pm 4\text{cm} = 0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Keramik} = 1,04 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Mekanikal Elektrikal} = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat Plafond + Penggantung} = \underline{0,17 \text{ kN/m}^2} +$$

$$\text{Total qd atap} = 5,28 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Maka Berat Total} = \text{Berat Total} \times \text{Luas}$$

$$= 5,28 \times (42,80 \times 22,4)$$

$$= 5063,96 \text{ kN}$$

Berat Kolom = (Tinggi Kolom Atas + $\frac{1}{2}$ Tinggi Kolom Bawah) x Luas Dimensi Kolom x V. Beton x Jumlah Kolom

$$\text{Berat Kolom (40/40)} = ((0,5 \times 4) + (0,5 \times 4)) \times (0,4 \times 0,4) \times 24 \times 16 = 245,76 \text{ kN}$$

$$\text{Berat Kolom (40/40)} = ((0,5 \times 4) + (0,5 \times 4)) \times (0,4 \times 0,4) \times 24 \times 7 = 107,52 \text{ kN}$$

$$\text{Berat Kolom (15/15)} = ((0,5 \times 4) + (0,5 \times 4)) \times (0,15 \times 0,15) \times 24 \times 54 = 116,64 \text{ kN}$$

Maka Berat Kolom Total = 315,36 kN

Berat Balok Memanjang = B. Balok x (H. Balok – Tebal Plat) x (Panjang Balok – Jumlah Kolom x Lebar Kolom) x Bj. Beton

$$\text{Line 4 (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,40) \times 24 = 47,06 \text{ kN}$$

$$\text{Line 4 (B2 = 20/40)} = (0,20 \times (0,40 - 0,12)) \times (24,00 - 4 \times 0,40) \times 24 = 30,11 \text{ kN}$$

Line 4 (B3 = 15/30)	= (0,15 x (0,30 - 0,12)) x (2,80 - 1 x 0,40) x 24	= 1,56 kN
Line 5 (B3 = 15/30)	= (0,15 x (0,30 - 0,12)) x (4,00 - 1 x 0,40) x 24	= 2,33 kN
Line 6 (B2 = 20/40)	= (0,20 x (0,40 - 0,12)) x (4,00 - 2 x 0,40) x 24	= 4,30 kN
Line 7 (B1 = 30/55)	= (0,30 x (0,55 - 0,12)) x (8,00 - 2 x 0,40) x 24	= 22,29 kN
Line 7 (B2 = 20/40)	= (0,20 x (0,40 - 0,12)) x (24,00 - 4 x 0,40) x 24	= 30,11 kN
Line 7 (B3 = 15/30)	= (0,15 x (0,30 - 0,12)) x (2,80 - 1 x 0,40) x 24	= 1,56 kN
Line 9 (B3 = 15/30)	= (0,15 x (0,30 - 0,12)) x (4,00 - 1 x 0,40) x 24	= 2,33 kN
Line 10 (B1 = 30/55)	= (0,30 x (0,55 - 0,12)) x (16,00 - 2 x 0,40) x 24	= 47,06 kN
Line 10 (B2 = 20/40)	= (0,20 x (0,40 - 0,12)) x (24,00 - 4 x 0,40) x 24	= 30,11 kN
Line 10 (B3 = 15/30)	= (0,15 x (0,30 - 0,12)) x (2,80 - 1 x 0,40) x 24	= 1,56 kN
Line 11 (B1 = 30/55)	= (0,30 x (0,55 - 0,12)) x (16,00 - 2 x 0,40) x 24	= 47,06 kN
Line 11 (B2 = 20/40)	= (0,20 x (0,40 - 0,12)) x (24,00 - 4 x 0,40) x 24	= 30,11 kN
Line 11 (B3 = 15/30)	= (0,15 x (0,30 - 0,12)) x (2,80 - 1 x 0,40) x 24	= 1,56 kN
Line 12 (B3 = 15/30)	= (0,15 x (0,30 - 0,12)) x (4,00 - 1 x 0,40) x 24	= 2,33 kN

$$\text{Line 13 (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN}$$

$$\text{Line 13 (B2 = 20/40)} = (0,20 \times (0,40 - 0,12)) \times (24,00 - 4 \times 0,30) \times 24 = 30,11 \text{ kN}$$

$$\text{Line 13 (B3 = 15/30)} = (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (2,80 - 1 \times 0,30) \times 24 = 1,56 \text{ kN}$$

$$\text{Line 14 (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN}$$

$$\text{Line 14 (B2 = 20/40)} = (0,20 \times (0,40 - 0,12)) \times (24,00 - 4 \times 0,30) \times 24 = 30,11 \text{ kN}$$

$$\text{Line 14 (B3 = 15/30)} = (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (2,80 - 1 \times 0,30) \times 24 = 1,56 \text{ kN}$$

Maka DL Balok Memanjang = 458,85 kN

Berat Balok Melintang = B. Balok x (H. Balok – Tebal Plat) x (Panjang Balok – Jumlah Kolom x Lebar Kolom) x Bj. Beton

$$\text{Line F (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN}$$

$$\text{Line F (B3 = 15/30)} = (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24 = 3,63 \text{ kN}$$

$$\text{Line G (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN}$$

$$\text{Line G (B3 = 15/30)} = (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24 = 3,63 \text{ kN}$$

$$\text{Line H (B3 = 15/30)} = (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (1,00 - 1 \times 0,30) \times 24 = 0,39 \text{ kN}$$

$$\text{Line I (B1 = 30/55)} = (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN}$$

Line I (B3 = 15/30)	$= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 3,63 \text{ kN}$
Line J (B1 = 30/55)	$= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 47,06 \text{ kN}$
Line J (B3 = 15/30)	$= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 3,63 \text{ kN}$
Line K (B1 = 30/55)	$= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 47,06 \text{ kN}$
Line K (B3 = 15/30)	$= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 3,63 \text{ kN}$
Line L (B1 = 30/55)	$= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 47,06 \text{ kN}$
Line L (B3 = 15/30)	$= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 3,63 \text{ kN}$
Line M (B1 = 30/55)	$= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 47,06 \text{ kN}$
Line M (B3 = 15/30)	$= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 3,63 \text{ kN}$
Line N (B1 = 30/55)	$= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 47,06 \text{ kN}$
Line N (B3 = 15/30)	$= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 3,63 \text{ kN}$
Line O (B1 = 30/55)	$= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 47,06 \text{ kN}$
Line O (B3 = 15/30)	$= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 3,63 \text{ kN}$
Line P (B1 = 30/55)	$= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24$	$= 47,06 \text{ kN}$

$$\begin{aligned}
\text{Line P (B3 = 15/30)} &= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24 = 3,63 \text{ kN} \\
\text{Line Q (B1 = 30/55)} &= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN} \\
\text{Line Q (B3 = 15/30)} &= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24 = 3,63 \text{ kN} \\
\text{Line R (B1 = 30/55)} &= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN} \\
\text{Line R (B3 = 15/30)} &= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24 = 3,63 \text{ kN} \\
\text{Line S (B3 = 15/30)} &= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (5,00 - 1 \times 0,30) \times 24 = 6,18 \text{ kN} \\
\text{Line T (B1 = 30/55)} &= (0,30 \times (0,55 - 0,12)) \times (16,00 - 2 \times 0,30) \times 24 = 47,06 \text{ kN} \\
\text{Line T (B3 = 15/30)} &= (0,15 \times (0,30 - 0,12)) \times (6,40 - 2 \times 0,30) \times 24 = 3,63 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Maka DL Balok Melintang = 665,52 kN

Berat Total Balok = DL Balok Memanjang + DL Balok Melintang

$$= 458,85 \text{ kN} + 665,52 \text{ kN}$$

$$= 1124,37 \text{ Kn}$$

Berat Dinding Geser = Panjang Dinding x (2 x ½ x Tinggi Lantai) x Tebal Dinding x Jumlah Dinding x Bj. Beton

$$\text{Berat Dinding Geser (bw = 30 cm)} = 6 \times (2 \times \frac{1}{2} \times 4,00) \times 0,30 \times 8 \times 24 = 1382,40 \text{ kN}$$

Berat Dinding Memanjang = (Panjang Dinding – Jmh. Kolom x Lebar Kolom) x (½ x (h Dinding Atas – h Balok) + (½ x (h Dinding Bawah – h Balok) x bj

Line 3B (B1 = 30/55)	= (3,0 – 4 x 0,40) x (0,0 x (4,0 – 0,55) + 0,5 x (4,0 – 0,55)) x 2,5	= 6,04 kN
Line 3C (B1 = 30/55)	= (9,50 – 6 x 0,40) x (0,0 x (4,0 – 0,55) + 0,5 x (4,0 – 0,55)) x 2,5	= 30,62 kN
Line 4 (B1 = 30/55)	= (12,0 – 3 x 0,40) x (0,0 x (4,0 – 0,55) + 0,5 x (4,0 – 0,55)) x 2,5	= 46,58 kN
Line 4 (B1 = 30/55)	= (4,0 – 2 x 0,40) x (0,5 x (4,0 – 0,55) + 0,5 x (4,0 – 0,55)) x 2,5	= 27,60 kN
Line 5 (B3 = 15/30)	= (4,0 – 2 x 0,40) x (0,0 x (4,0 – 0,30) + 0,5 x (4,0 – 0,30)) x 2,5	= 14,80 kN
Line 6 (B2 = 30/55)	= (3,0 – 1 x 0,40) x (0,0 x (4,0 – 0,55) + 0,5 x (4,0 – 0,55)) x 2,5	= 11,70 kN
Line 6 (B4 = 15/30)	= (5,0 – 2 x 0,40) x (0,5 x (4,0 – 0,30) + 0,5 x (4,0 – 0,30)) x 2,5	= 38,85 kN
Line 7A (B4 = 15/30)	= (4,50 – 3 x 0,40) x (0,5 x (4,0 – 0,30) + 0,5 x (4,0 – 0,30)) x 2,5	= 30,53 kN
Line 9 (B4 = 15/30)	= (4,50 – 3 x 0,40) x (0,5 x (4,0 – 0,30) + 0,5 x (4,0 – 0,30)) x 2,5	= 30,53 kN
Line 10 (B1 = 30/55)	= (9,50 – 1 x 0,40) x (0,5 x (4,0 – 0,55) + 0,5 x (4,0 – 0,55)) x 2,5	= 78,49 kN
Line 10 (B3 = 15/30)	= (2,0 – 2 x 0,40) x (0,0 x (4,0 – 0,30) + 0,5 x (4,0 – 0,30)) x 2,5	= 5,55 kN
Line 10A (B4 = 15/30)	= (2,0 – 2 x 0,40) x (0,5 x (4,0 – 0,30) + 0,0 x (4,0 – 0,30)) x 2,5	= 5,55 kN

$$\begin{aligned}
\text{Line 11 (B3 = 15/30)} &= (4,0 - 2 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 &= 29,60 \text{ kN} \\
\text{Line 12 (B1 = 30/55)} &= (6,50 - 4 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 &= 42,26 \text{ kN} \\
\text{Line 12A (B4 = 15/30)} &= (2,25 - 2 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 &= 13,41 \text{ kN} \\
\text{Line 12B (B4 = 15/30)} &= (1,35 - 1 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 &= 8,79 \text{ kN} \\
\text{Line 13 (B1 = 30/55)} &= (8,0 - 1 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 &= 65,55 \text{ kN} \\
\text{Line 13 (B1 = 30/55)} &= (8,0 - 1 \times 0,40) \times (0,0 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 &= 32,78 \text{ kN} \\
\text{Line 13 (B2 = 20/40)} &= (6,0 - 2 \times 0,40) \times (0,0 \times (4,0 - 0,40) + 0,5 \times (4,0 - 0,40)) \times 2,5 &= 23,40 \text{ kN} \\
\text{Line 13A (B4 = 15/30)} &= (16,35 - 9 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,0 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 &= 58,97 \text{ kN} \\
\text{Line 13B (B4 = 15/30)} &= (17,80 - 13 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,0 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 &= 58,28 \text{ kN} \\
\text{Line 13C (B4 = 15/30)} &= (7,86 - 3 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,0 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5 &= 30,80 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Maka DL Dinding Memanjang = 690,65 kN

Berat Dinding Melintang = (Panjang Dinding – Jmh. Kolom x Lebar Kolom) x (½ x (h Dinding Atas – h Balok) + (½ x (h Dinding Bawah – h Balok) x bj

$$\text{Line E' (B1 = 30/55)} = (17,6 - 3 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 75,85 \text{ Kn}$$

Line F (B1 = 30/55)	$= (16,0 - 2 \times 0,40) \times (0,0 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 65,55 \text{ kN}$
Line F (B1 = 30/55)	$= (10,0 - 1 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 41,40 \text{ kN}$
Line F (B3 = 15/30)	$= (3,60 - 3 \times 0,40) \times (0,0 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5$	$= 11,10 \text{ kN}$
Line F' (B1 = 30/55)	$= (10,0 - 1 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 41,40 \text{ kN}$
Line G (B1 = 30/55)	$= (16,0 - 7 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 113,85 \text{ kN}$
Line G (B1 = 30/55)	$= (1,4 - 3 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 0,92 \text{ kN}$
Line H (B3 = 15/30)	$= (5,0 - 3 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5$	$= 35,15 \text{ kN}$
Line I (B1 = 30/55)	$= (16,0 - 7 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 113,85 \text{ kN}$
Line I (B1 = 30/55)	$= (1,2 - 1 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 3,70 \text{ kN}$
Line K (B4 = 15/30)	$= (2,9 - 7 \times 0,40) \times (0,0 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5$	$= 0,32 \text{ kN}$
Line K (B4 = 15/30)	$= (12,7 - 31 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5$	$= 1,43 \text{ kN}$
Line S (B4 = 15/30)	$= (8,6 - 2 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,5 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5$	$= 72,15 \text{ kN}$
Line T (B1 = 30/55)	$= (16,0 - 2 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5$	$= 65,55 \text{ kN}$
Line T (B3 = 15/30)	$= (3,6 - 1 \times 0,40) \times (0,5 \times (4,0 - 0,30) + 0,0 \times (4,0 - 0,30)) \times 2,5$	$= 14,80 \text{ kN}$

$$\text{Line T (B1 = 30/55)} = (7,0 - 2 \times 0,30) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,5 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 53,48 \text{ kN}$$

$$\text{Line T' (B1 = 30/55)} = (17,6 - 3 \times 0,30) \times (0,5 \times (4,0 - 0,55) + 0,0 \times (4,0 - 0,55)) \times 2,5 = 75,85 \text{ kN}$$

Maka DL Dinding Melintang = 786,36 kN

$$\begin{aligned} \text{Berat Total Dinding} &= \text{DL Dinding Memanjang} + \text{DL Dinding Melintang} \\ &= 690,65 \text{ kN} + 786,36 \text{ kN} \\ &= 1477,01 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi Total Beban WDL} &= \text{Berat Lantai 6} + \text{Berat Kolom} + \text{Berat Balok} + \text{Berat Dinding Geser} + \text{Berat Dinding} \\ &= 5063,96 \text{ kN} + 469,92 \text{ kN} + 1124,37 \text{ kN} + 1382,40 \text{ kN} + 1477,01 \text{ kN} \\ &= 9517,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

➤ Baban Hidup (WLL)

$$\begin{aligned} \text{Luas ruang gedung} &= \text{Tebal Plat lantai 6} \times \text{Beban Hidup Kantor} \times \text{Faktor Reduksi} \\ &= (42,8 \times 22,4) \times 0,12 \times 2,4 \times 0,5 \\ &= 138,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Luas Ruang Koridor} = \text{Tebal Plat lantai 6} \times \text{Beban Hidup Koridor} \times \text{Faktor Reduksi}$$

$$= (42,8 \times 22,4) \times 0,12 \times 4,79 \times 0,5$$

$$= 275,54 \text{ kN}$$

Beban Hidup Tangga = Luas Tangga x Beban Hidup Tangga x Faktor Reduksi

$$= (5,00 \times 4,00) \times 0,89 \times 4,79 \times 0,5 \times 2$$

$$= 17,80 \text{ kN}$$

Maka Total WLL = 431,39 kN

Beban Total = WDL + WLL

$$= 9517,66 \text{ kN} + 431,39 \text{ kN}$$

$$= 9949,05 \text{ kN}$$

Maka dengan cara perhitungan pembebanan yang sama dengan lantai atap dan lantai 6, untuk hasil dari perhitungan pembebanan dari lantai 2 sampai atap maka bisa di tabelkan seperti diawah ini.

Table 3.1 Beban Total Berat Sendiri Bangunan

No	Tingkat	hi (m)	Wi (kN)
1	Lantai Atap	27,00	490,86 Kn
2	Lantai 7	24,00	3.780,04
3	Lantai 6	20,00	9.949,05
4	Lantai 5	16,00	9.595,96
5	Lantai 4	12,00	9.595,96
6	Lantai 3	8,00	13.471,05
7	Lantai 2	4,00	13.707,35
Jumlah			60.099,41

3.7 Perhitungan Pembebanan

3.7.1 Pada lantai Atap

Beban Mati (qd)

Berat Mekanikal Elektrikal = 0,35 kN/m²

Berat Plafond + Penggantung = Berat Gypsum + Penggantung
 = 0,055 + 0,113
 = 0,168 kN/m²

Berat Plester/skringing ± 4cm = Tebal Skting x Berat Spesi Per cm Tebal
 = 4 x 0,11
 = 0,84 kN/m²

Maka Berar Total = Berat Mekanikal Elektrikal = 0,35 kN/m²

Berat Plafond + Penggantung = 0,168 kN/m²

$$\begin{aligned} \text{Berat Plester/skringting } \pm 4\text{cm} &= \underline{0,84 \text{ kN/m}^2} + \\ \text{qd Atap} &= 1,36 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup

$$\text{Beban Air Hujan} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban Guna Atap} = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

3.7.2 Pada lantai 2-7

Beban Mati (qd)

$$\text{Berat Mekanikal Elektrikal} = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Plafond + Penggantung} &= \text{Berat Gypsum + Penggantung} \\ &= 0,055 + 0,113 \\ &= 0,168 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Plester/skringting } \pm 4\text{cm} &= \text{Tebal Skting x Berat Spesi Per cm Tebal} \\ &= 4 \times 0,11 \\ &= 0,84 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Keramik} &= (\text{Tebal spesi x Berat Spesi}) + (\text{Tebal Keramik x Berat} \\ &\text{Volume Keramik)} \\ &= (4 \times 0,21) + (0,85 \times 0,24) \\ &= 1,044 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Berar Total} &= \text{Berat Mekanikal Elektrikal} &= 0,35 \text{ kN/m}^2 \\ &\text{Berat Plafond + Penggantung} &= 0,168 \text{ kN/m}^2 \\ &\text{Berat Plester/skringting } \pm 4\text{cm} &= 0,84 \text{ kN/m}^2 \\ &\text{Berat Keramik} &= \underline{1,044 \text{ kN/m}^2} + \\ &\text{qd Atap} &= 2,400 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup

Beban Guna Ruang Kelas = 1,92 kN/m²

Beban Guna Koridor = 3,83 kN/m²

Beban Guna Aula = 4,79 kN/m²

3.8 Deskripsi Gedung

3.8.1 Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Perhitungan nilai N-SPT dilakukan pada kedalaman 3 meter dan 15 meter berikut.

$$N_2 = \text{nilai rata-rata } N_{spt} \\ = \frac{17+12+30+28+36}{5} = 24,60$$

$$\frac{T_i}{N_i} = \frac{12}{24,60} = 0,488$$

Tabel 3.2 Perhitungan \bar{N} (Nilai Rata – Rata Hasil *Test Penetrasi Standar* Lapisan Tanah)

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N-SPT (Pukulan/feet)	Ni	Ti/Ni
Lapisan 1	3	3	9	9,00	0,333
Lapisan 2	15	12	17	24,60	0,488
			12		
			30		
			28		
			36		
Lapisan 3	20	5	36	32,33	0,155
			43		
			18		
Lapisan 4	24	4	18	17,00	0,235
			16		
Lapisan 5	29	5	14	18,50	0,270
			23		
jumlah		29			1,481

Sumber : Data hasil boring pada rusun Universitas Brawijaya

Nilai \bar{N} rata-rata ditentukan dengan rumus:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m ti}{\sum_{i=1}^m ti / Ni}$$

Keterangan: \bar{N} = Nilai rata – rata N_i (Pukulan/feet)

t_i = Kedalaman Lapisan Tanah (meter)

N_i = Nilai Rata- rata N_{spt} (Pukulan/feet)

$\bar{N} \geq 50 = Tanah Keras$

$15 \leq \bar{N} < 50 = Tanah Sedang$

$\bar{N} < 15 = Tanah Lunak$

$$\bar{N} = \frac{\sum ti}{\sum \frac{ti}{Ni}} = \frac{29}{1,481} = 19,6 \text{ Pukulan/ft}$$

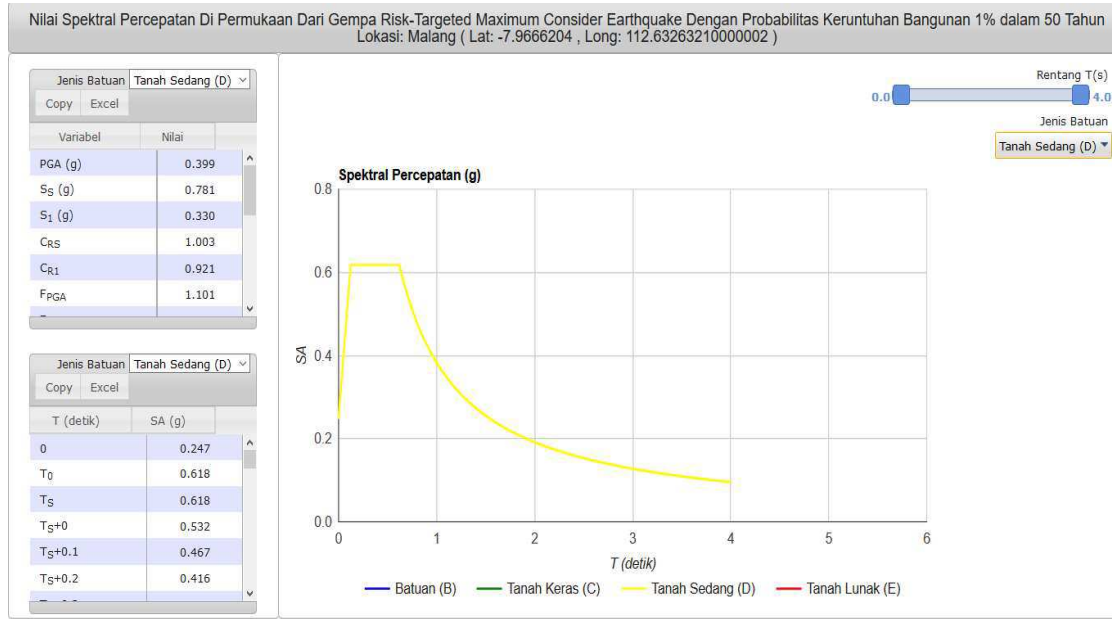
Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Sumber : Pasal 5.3 SNI 1726 :2012

3.8.2 Menentukan nilai S_s (Respon Spektra percepatan 0.2 detik) dan S_1 (Respon Spektra percepatan 0.1 detik)

- Lokasi Gedung : Malang
- Data didapat dari : puskim.pu.go.id




Gambar 3.6 Nilai Spektrum Percepatan Gempa di Kota Malang

Maka didapat $S_s = 0,781$ g

$S_1 = 0,330$ g


3.8.3 Menentukan Kategori Resiko Bangunan dan Faktor(I_e)

Tabel 3.4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	 IV

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 14 dari 138)

Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
 IV	1,50

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 15 dari 138)

Fungsi bangunan : Gedung Kuliah

Kategori risiko : IV

Faktor keutamaan gempa (I_e) : 1,5

3.8.4 Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Untuk tanah didaerah Malang = Tanah Sedang (SD)

➤ Koefisien situs Fa

Tabel 3.6 Klasifikasi Situs Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S _s				
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S _s ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 22 dari 138)

- 0,75 S_s = 1,2

- 0,781 S_s = Fa

- 1 S_s = 1,1

Maka untuk mencari nilai Fa pada menggunakan interpolasi

$$Fa = 1,2 - \frac{0,781-0,75}{1,00-0,75} \times (1,1 - 1,2) = 1,188$$

Untuk nilai S_s = 0,781g, maka didapat Fa = 1,188

➤ Koefisien situs Fv

Tabel 3.7 Klasifikasi Situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE _R terpetakan pada periode 1 detik, S ₁				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S₁ dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 22 dari 138)

Untuk tanah di daerah Malang = tanah sedang (SD)

$$- 0,3 S_1 = 1,8$$

$$- 0,330 S_1 = F_v$$

$$- 0,4 S_1 = 1,6$$

Maka untuk mencari nilai F_a pada menggunakan interpolasi

$$F_v = 1,8 - \frac{0,330-0,3}{0,4-0,3} \times (1,6 - 1,8) = 1,740$$

Untuk nilai $S_1 = 0,330$ g, maka didapat $F_v = 1,740$

3.8.5 Menentukan Nilai S_{DS} (Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek) dan S_{DI} (Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik)

$$S_{DS} = 2/3 F_a \cdot S_s$$

$$= 2/3 \cdot 1,188 \cdot 0,781$$

$$= 0,618 \text{ g}$$

$$S_{DI} = 2/3 F_v \cdot S_1$$

$$= 2/3 \cdot 1,740 \cdot 0,330$$

$$= 0,383 \text{ g}$$

Tabel 3.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 24 dari 138)

Untuk nilai $S_{DS} = 0,618$ g maka termasuk kategori desain seismik D. Dari kategori desain seismik maka perhitungan struktur gedung menggunakan

metode **SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)** pada peraturan SNI 1726 - 2012 pasal 7.2.5.5.

Tabel 3.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 25 dari 138)

Untuk nilai $S_{D1} = 0,323$ maka termasuk kategori desain seismik D.

3.8.6 Membuat Spektrum Respon Design

$$\begin{aligned}
 T_o &= 0,2(S_{D1}/ S_{DS}) & T_s &= (S_{D1}/ S_{DS}) \\
 &= 0,2(0,383/0,618) & &= 0,383/0,618 \\
 &= 0,124 \text{ detik} & &= 0,619 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Perkiraan perioda fundamental alami

Untuk struktur dengan ketinggian < 12 tingkat dimana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m :

$$T_a = 0.1 N \quad \text{Dimana : } N = \text{Jumlah tingkat}$$

Batas Perioda maksimum

$$T_{\max} = C_u T_a$$

Dimana : C_u = Koefisien batas atas pada periode yang dihitung

Tabel 3.10 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 56 dari 138)

$$S_{DS} = 0,618 \text{ maka } C_u = 1,4$$

Tabel 3.11 Nilai Parameter Pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 56 dari 138)

- Tipe struktur penahan gaya lateral x dan arah y adalah dinding geser maka termasuk tipe Semua Sistem Struktur lainnya.

$$T_a = 0,1 N$$

Keterangan:

N = Jumlah Tingkat

Arah X (Sistem Struktur Lainnya)

N = 8 Tingkat

Maka

$$T_a = 0,1 \times 8$$

$$= 0,8 \text{ Detik}$$

Arah Y (Sistem Struktur Lainnya)

N = 8 Tingkat

Maka

$$T_a = 0,1 \times 8$$

$$= 0,8 \text{ Detik}$$

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a$$

$$T_{\max_1} = 1,4 \times 0,8$$

$$= 1,120 \text{ Detik}$$

$$T_{\max_2} = 1,4 \times 0,8$$

$$= 1,120 \text{ Detik}$$

Batasan Penggunaan Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekuivalen (ELV)

$$\text{Cek } T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= \frac{0,383}{0,618}$$

$$= 0,619$$

$$3,5 T_s = 3,5 \times 0,619$$

$$= 2,167$$

$T < 3,5T_s$, sehingga digunakan prosedur analisa gempa statik

3.8.7 Menentukan Faktor R, C_d dan Ω Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Tabel 3.12 Faktor R, C_d dan Ω Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 36 dari 138)

Menurut pada table 3.11 untuk dinding geser beton bertulang khusus dengan SRMPK didapat faktor faktor antara lain

- R (Koefisien Modifikasi Respons) = 7
- Ω₀ (Faktor Kuat Lebih Sistem) = 2,5
- C_d (Faktor Pembesaran Defleksi) = 5,5

3.8.8 Menghitung Nilai Base Shear

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana : C_s = koefisien respon seismik

W = Berat seismik efektif

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,618}{\left(\frac{7,0}{1,5}\right)} = 0,133$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,383}{1,120 \left(\frac{7,0}{1,5}\right)} = 0,073$$

$$C_{s \min} = \frac{0,5 \times S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5 \times 0,33}{\left(\frac{7,0}{1,5}\right)} = 0,035$$

$$C_{s x} = \frac{0,383}{1,120 \left(\frac{7,0}{1,5}\right)}$$

$$= 0,073$$

$$C_{s y} = \frac{0,383}{1,120 \left(\frac{7,0}{1,5}\right)}$$

$$= 0,073$$

$$C_{s \min} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,618 \times 1,5 \geq 0,01$$

$$= 0,041 \geq 0,01 \quad (\text{OK})$$

Digunakan nilai C_s yang terkecil yakni C_s yang dipakai 0,035

$$\text{Maka nilai } V_x = C_s \cdot W$$

$$= 0,035 \times 72225,279$$

$$= 2553,680 \text{ kN}$$

$$V_y = C_s \cdot W$$

$$= 0,035 \times 72225,279$$

$$= 2553,680 \text{ kN}$$

3.8.9 Menghitung Gaya Gempa Lateral F_x

$$F_{vx} = C_{vx} \cdot V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Keterangan:

C_{vx} = faktor distribusi *vertical*

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kg).

w_i dan w_x = bagian berat *seismic* efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i dan x .

h_i dan h_x = tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i dan x .

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut:

- Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$,
- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau 2,5 detik atau lebih, $k = 2$,
- Untuk perioda diantara 0,5 dan 2,5, harus dilakukan interpolasi.

Untuk $T_1 = 2,50$ $k_1 = 2$

Untuk $T_x = 1,12$ $k_x = \dots\dots$

Untuk $T_2 = 0,5$ $k_2 = 1$ sehingga dapat diinterpolasi:

$$k_x = 2 + \frac{(1,120 - 2,5)}{(0,5 - 2,5)} \times (1 - 2) = 1,310$$

Untuk $T_1 = 2,50$ $k_1 = 2$

Untuk $T_y = 1,12$ $k_y = \dots\dots$

Untuk $T_y = 0,5$ $k_2 = 1$ sehingga dapat diinterpolasi:

$$k_y = 2 + \frac{(1,120 - 2,5)}{(0,5 - 2,5)} \times (1 - 2) = 1,310$$

Table 3.13 Perhitungan Gaya Gempa Lateral

Lantai	wi (Kn)	hi (m)	wi . hi ^{kx}	wi . Hi ^{ky}	Fx (Kn)	Fy (Kn)
7	3780,04	24	242981,65	242981,65	313,37	313,37
6	9949,05	20	503652,26	503652,26	649,55	649,55
5	9595,96	16	362648,16	362648,16	467,70	467,70
4	9595,96	12	248780,16	248780,16	320,85	320,85
3	13471,05	8	205328,54	205328,54	264,81	264,81
2	13707,35	4	84265,97	84265,97	108,68	108,68
Σ	60099,41		1647656,74	1647656,74	2124,94	2124,94

Table 3.14 Perhitungan Gaya Gempa 100% Arah Yang Ditinjau

Lantai	Perhitungan beban gempa 100% yang ditinjau					
	wi (Kn)	hi (m)	wi . hi ^{kx}	wi . Hi ^{ky}	Fx (Kn)	Fy (Kn)
atap	147,26	27	11044,88	11044,88	14,24	14,24
7	1134,01	24	72894,50	72894,50	94,01	94,01
6	2984,71	20	151095,68	151095,68	194,86	194,86
5	2878,79	16	108794,45	108794,45	140,31	140,31
4	2878,79	12	74634,05	74634,05	96,25	96,25
3	4041,31	8	61598,56	61598,56	79,44	79,44
2	4112,21	4	25279,79	25279,79	32,60	32,60
Σ	18029,82		494297,02	494297,02	637,48	637,48

Table 3.15 Perhitungan Gaya Gempa 30% Arah Tegak Lurus

Lantai	Perhitungan beban gempa 30 % arah tegak lurus					
	wi (Kn)	hi (m)	wi . hi ^{kx}	wi . Hi ^{ky}	Fx (Kn)	Fy (Kn)
atap	44,18	27	3313,46	3313,46	4,27	4,27
7	340,20	24	21868,35	21868,35	28,20	28,20
6	895,41	20	45328,70	45328,70	58,46	58,46
5	863,64	16	32638,33	32638,33	42,09	42,09
4	863,64	12	22390,21	22390,21	28,88	28,88
3	1212,39	8	18479,57	18479,57	23,83	23,83

2	1233,66	4	7583,94	7583,94	9,78	9,78
Σ	5408,95		148289,11	148289,11	191,24	191,24

3.9 Perhitungan Beban Kombinasi

$$E_v = 0.2 S_{DS} D \quad \Omega_0 = 2$$

$$E_v = 0.2 \times 0,618 \times D$$

$$= 0.115 \times D$$

1. $1,4 D$

2. $1,2 D + 1,6 L$

3. $1,2 D + 1 L + 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$

$$1,2 D + 1 L + 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$1,361 D + 1 L + 0,6 Q_{ex} + 2 Q_{ey}$$

4. $1,2 D + 1 L - 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$

$$1,2 D + 1 L - 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$1,287 D + 1 L - 0,6 Q_{ex} + 2 Q_{ey}$$

5. $1,2 D + 1 L + 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$

$$1,2 D + 1 L + 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) - 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$1,113 D + 1 L + 0,6 Q_{ex} - 2 Q_{ey}$$

6. $1,2 D + 1 L - 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$

$$1,2 D + 1 L - 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) - 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$1,039 D + 1 L - 0,6 Q_{ex} - 2 Q_{ey}$$

7. $1,2 D + 1 L + 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$

$$1,2 D + 1 L + 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$1,361 D + 1 L + 2 Q_{ex} + 0,6 Q_{ey}$$

8. $1,2 D + 1 L - 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $1,2 D + 1 L - 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$
 $1,113 D + 1 L - 2 Q_{ex} + 0,6 Q_{ey}$
9. $1,2 D + 1 L + 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $1,2 D + 1 L + 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) - 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$
 $1,287 D + 1 L + 2 Q_{ex} - 0,6 Q_{ey}$
10. $1,2 D + 1 L - 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $1,2 D + 1 L - 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) - 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$
 $1,039 D + 1 L - 2 Q_{ex} - 0,6 Q_{ey}$
11. $0,9 D + 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $0,9 D + 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$
 $1,061 D + 0,6 Q_{ex} + 2 Q_{ey}$
12. $0,9 D - 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $0,9 D - 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$
 $0,987 D - 0,6 Q_{ex} + 2 Q_{ey}$
13. $0,9 D + 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $0,9 D + 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$
 $0,813 D + 0,6 Q_{ex} - 2 Q_{ey}$
14. $0,9 D - 0,3 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 1 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $0,9 D - 0,3 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 1 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$
 $0,739 D - 0,6 Q_{ex} - 2 Q_{ey}$
15. $0,9 D + 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$
 $0,9 D + 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$

$$1,061 D + 2 Q_{ex} + 0,6 Q_{ey}$$

$$16. 0,9 D - 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) + 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$$

$$0,9 D - 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) + 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$0,813 D - 2 Q_{ex} + 0,6 Q_{ey}$$

$$17. 0,9 D + 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$$

$$0,9 D + 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) - 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$0,987 D + 2 Q_{ex} - 0,6 Q_{ey}$$

$$18. 0,9 D - 1 (\Omega_0 Q_{ex} + 0,2 S_{ds} D) - 0,3 (\Omega_0 Q_{ey} + 0,2 S_{ds} D)$$

$$0,9 D - 1 (2 Q_{ex} + 0,2 S_{DS} D) - 0,3 (2 Q_{ey} + 0,2 S_{DS} D)$$

$$0,739 D - 2 Q_{ex} - 0,6 Q_{ey}$$

3.10 Kontrol *Dual System*

Menurut SNI 03 – 1726 – 2002 Pasal 5.2.3: bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimal 25% dari beban Geser Nominal Total yang berkerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Maka kita harus cek presentase antara base shear yang dihasilkan oleh SRPM dari masing – masing Kombinasi Pembebanan Gempa. Untuk melakukannya ita harus cek dari Tabel *Analysis Result* yang dihasilkan oleh ETABS setelah melakukan *Run Analysis*. Maka perhitungan dilakukan untuk membandingkan antara dimensi rangka yang sesuai dilapangan dengan dimensi rencana yang dapat memikul 25% dari beban Geser Nominal Total dibawah ini:

3.10.1 Data Gaya Geser Nominal Pada Kombinasi 3

Tabel 3.16 Gaya Geser Nominal Pada *Shear Wall*

No	Story	Point	Load	FX (kN)	FY (kN)
1	BASE	44	KOMBINASI3	134,39	-43,48
2	BASE	45	KOMBINASI3	259,24	-147,07
3	BASE	47	KOMBINASI3	-154,42	-280,06
4	BASE	48	KOMBINASI3	-412,85	-6,79
5	BASE	49	KOMBINASI3	1,18	-152,25
6	BASE	50	KOMBINASI3	-5,49	33,44
7	BASE	51	KOMBINASI3	-629,99	-3,16
8	BASE	54	KOMBINASI3	-248,09	0,95
9	BASE	59	KOMBINASI3	-3,8	-10,7
10	BASE	62	KOMBINASI3	-22,72	4,81
11	BASE	63	KOMBINASI3	-730,24	-11,74
12	BASE	66	KOMBINASI3	-574,79	5,28
13	BASE	74	KOMBINASI3	2,85	-45,66
14	BASE	80	KOMBINASI3	-416,33	-139,6
15	BASE	84	KOMBINASI3	2,79	-75,2
16	BASE	90	KOMBINASI3	137,42	-164,94
17	BASE	102	KOMBINASI3	-0,28	-116,27
18	BASE	135	KOMBINASI3	-151	-5,7
19	BASE	140	KOMBINASI3	-28,59	1,3
20	BASE	165	KOMBINASI3	-96,02	-14,27
21	BASE	170	KOMBINASI3	-96,17	5,77
22	BASE	196	KOMBINASI3	-386,77	-122,04
23	BASE	247	KOMBINASI3	-15,36	-0,26
24	BASE	248	KOMBINASI3	-23,13	1,41
25	BASE	249	KOMBINASI3	-32,64	2,33
26	BASE	250	KOMBINASI3	-29,9	2,02
27	BASE	251	KOMBINASI3	-48,19	5,52
28	BASE	252	KOMBINASI3	-73,94	6,04
29	BASE	253	KOMBINASI3	-113,76	6,13
30	BASE	254	KOMBINASI3	-105,49	5,75
31	BASE	255	KOMBINASI3	-111,81	-3,33
32	BASE	256	KOMBINASI3	-142,02	-4,59
33	BASE	257	KOMBINASI3	-150,69	-6,79
34	BASE	258	KOMBINASI3	-124,81	-8,69
35	BASE	259	KOMBINASI3	-29,05	-15,15

36	BASE	260	KOMBINASI3	-61,81	-13,87
37	BASE	261	KOMBINASI3	-121,17	-14,17
38	BASE	262	KOMBINASI3	-113,53	-15,96
39	BASE	670	KOMBINASI3	-0,74	-131,4
40	BASE	671	KOMBINASI3	-0,43	-318,5
41	BASE	720	KOMBINASI3	-0,42	-104,26
42	BASE	721	KOMBINASI3	-0,52	-127,39
43	BASE	722	KOMBINASI3	-0,66	-142,52
44	BASE	774	KOMBINASI3	-0,6	-128,22
45	BASE	775	KOMBINASI3	164,11	-144,41
46	BASE	776	KOMBINASI3	-0,34	-148,99
47	BASE	824	KOMBINASI3	-0,21	-153,79
48	BASE	825	KOMBINASI3	23,09	-99,12
49	BASE	872	KOMBINASI3	-1,04	-111,44
50	BASE	873	KOMBINASI3	-0,78	-300,09
51	BASE	1099	KOMBINASI3	-0,92	-67,66
52	BASE	1101	KOMBINASI3	-1,02	-93,41
53	BASE	1186	KOMBINASI3	2,84	-95,46
54	BASE	1188	KOMBINASI3	2,43	-113,45
55	BASE	1190	KOMBINASI3	2,45	-131
56	BASE	1290	KOMBINASI3	1,8	-83

Tabel 3.17 Gaya Geser Nominal Pada Rangka

No	Story	Point	Load	FX (kN)	FY (kN)
1	BASE	1	KOMBINASI3	-6,21	-10,41
2	BASE	2	KOMBINASI3	-118,23	-21,66
3	BASE	3	KOMBINASI3	27,83	-269,18
4	BASE	4	KOMBINASI3	23,14	-217,87
5	BASE	5	KOMBINASI3	63,83	-260,23
6	BASE	6	KOMBINASI3	11,42	-216,94
7	BASE	7	KOMBINASI3	10,46	-10,78
8	BASE	8	KOMBINASI3	-1,37	-9,76
9	BASE	9	KOMBINASI3	-12,19	-103,79
10	BASE	10	KOMBINASI3	-11,96	-84,62
11	BASE	11	KOMBINASI3	-12,4	-72,8
12	BASE	12	KOMBINASI3	-11,97	-69,85
13	BASE	13	KOMBINASI3	-11,9	-55,2
14	BASE	14	KOMBINASI3	-10,83	-64,72
15	BASE	15	KOMBINASI3	-7,34	-6,41

16	BASE	16	KOMBINASI3	-11,7	-57,75
17	BASE	17	KOMBINASI3	-11,8	-54,85
18	BASE	18	KOMBINASI3	-11,72	-49,96
19	BASE	19	KOMBINASI3	-10,5	-56,06
20	BASE	20	KOMBINASI3	-10,6	-52,18
21	BASE	21	KOMBINASI3	-2,84	-64,87
22	BASE	22	KOMBINASI3	-7,02	-1,97
23	BASE	23	KOMBINASI3	-5,23	-2,28
24	BASE	24	KOMBINASI3	-61,79	-98,13
25	BASE	25	KOMBINASI3	-35,11	-159,67
26	BASE	26	KOMBINASI3	-178,04	-183,86
27	BASE	27	KOMBINASI3	-62,7	-82,17
28	BASE	28	KOMBINASI3	-201,94	-10,3
29	BASE	29	KOMBINASI3	-5,15	-3,74
30	BASE	30	KOMBINASI3	-7,8	-230,72
31	BASE	31	KOMBINASI3	-4,46	-21,99
32	BASE	32	KOMBINASI3	-5,37	-19,72
33	BASE	33	KOMBINASI3	-3,6	-3,39
34	BASE	34	KOMBINASI3	-10,59	-0,17
35	BASE	35	KOMBINASI3	-4,16	-10,65
36	BASE	36	KOMBINASI3	-3,53	-3,24
37	BASE	37	KOMBINASI3	-5,16	-1,53
38	BASE	38	KOMBINASI3	-14,82	-1,01
39	BASE	39	KOMBINASI3	-3,34	-2,41
40	BASE	40	KOMBINASI3	-4,83	-0,15
41	BASE	41	KOMBINASI3	-4,96	1,01
42	BASE	42	KOMBINASI3	-2,69	7,3
43	BASE	43	KOMBINASI3	-176,25	-272,68
44	BASE	46	KOMBINASI3	-98,19	-295,17
45	BASE	52	KOMBINASI3	-5,94	18,48
46	BASE	53	KOMBINASI3	-25,3	-25,98
47	BASE	55	KOMBINASI3	-443,14	-81,59
48	BASE	56	KOMBINASI3	-10,61	17,79
49	BASE	57	KOMBINASI3	-9,13	9
50	BASE	58	KOMBINASI3	-219,46	-17,36
51	BASE	60	KOMBINASI3	-11,25	24,29
52	BASE	61	KOMBINASI3	8,5	-23,37
53	BASE	64	KOMBINASI3	11,74	33,26
54	BASE	65	KOMBINASI3	-11,59	-39,62

55	BASE	67	KOMBINASI3	-415,22	-66,55
56	BASE	68	KOMBINASI3	-46,68	25,74
57	BASE	69	KOMBINASI3	-11,08	-193,19
58	BASE	70	KOMBINASI3	-334	15,82
59	BASE	71	KOMBINASI3	-2,32	-64,16
60	BASE	72	KOMBINASI3	-0,9	-68,84
61	BASE	73	KOMBINASI3	-106,79	65,84
62	BASE	75	KOMBINASI3	-3,49	11,04
63	BASE	76	KOMBINASI3	-181,12	22,62
64	BASE	77	KOMBINASI3	-5,25	4,84
65	BASE	78	KOMBINASI3	2,19	-8,78

3.10.2 Jumlah Total Gaya Geser Nominal Pada *shaer Wall* dan Rangka

- Jumlah gaya geser pada shear wall

$$\sum Fx_{sw} = -4527,9 \text{ kN}$$

$$\sum Fy_{sw} = -3835,1 \text{ kN}$$

- Jumlah gaya geser pada rangka

$$\sum Fx_{RK} = -2854,5 \text{ kN}$$

$$\sum Fy_{RK} = -3547,3 \text{ kN}$$

3.10.3 Rata – Rata Gaya Geser Nominal Pada *shaer Wall* dan Rangka

- Rata – rata gaya geser pada *shear wall*

$$\overline{Fx_{sw}} = \frac{\sum Fx_{sw}}{f} = \frac{-4527,9}{56} = -80,856 \text{ kN}$$

$$\overline{Fy_{sw}} = \frac{\sum Fy_{sw}}{f} = \frac{-3835,1}{56} = -68,484 \text{ kN}$$

➤ Rata – rata gaya geser pada rangka

$$\overline{F_{x_{RK}}} = \frac{\sum F_{x_{RK}}}{f} = \frac{-2854,5}{65} = -43,915 \text{ kN}$$

$$\overline{F_{y_{RK}}} = \frac{\sum F_{y_{RK}}}{f} = \frac{-3547,3}{65} = -54,573 \text{ kN}$$

3.10.4 Jumlah Rata – Rata Gaya Geser Nominal Pada *shaer Wall* dan Rangka

$$\sum \overline{F_x} = \overline{F_{x_{sw}}} + \overline{F_{x_{RK}}} = -80,856 + (-43,915) = -124,771 \text{ kN}$$

$$\sum \overline{F_y} = \overline{F_{y_{sw}}} + \overline{F_{y_{RK}}} = -68,484 + (-54,573) = -123,057 \text{ kN}$$

3.10.5 Presentase Gaya Geser Nominal Pada Sumbu X dan Sumbu Y

➤ Presentase gaya geser sumbu X

$$F_{x_{sw}} = \frac{\overline{F_{x_{sw}}}}{\sum \overline{F_x}} = \frac{-80,856}{-124,771} = 64,80\%$$

$$F_{x_{RK}} = \frac{\overline{F_{x_{RK}}}}{\sum \overline{F_x}} = \frac{-43,915}{-124,771} = 35,20\%$$

➤ Presentase gaya geser sumbu Y

$$F_{y_{sw}} = \frac{\overline{F_{y_{sw}}}}{\sum \overline{F_y}} = \frac{-68,484}{-123,057} = 55,65\%$$

$$F_{y_{RK}} = \frac{\overline{F_{y_{RK}}}}{\sum \overline{F_y}} = \frac{-54,573}{-123,057} = 44,35\%$$

Dengan contoh perhitungan presentase gaya geser nominal pada shaer wall dan rangka maka perhitungan tersebut dapat di tabelkan antara dimensi rangka yang sesuai dilapangan dengan dimensi rencana yang dapat memikul 25% dari beban Geser Nominal Total dibawah ini:

Table 3.18 Hasil Presentase Gaya Geser Nominal Dengan Dimensi Rangka Yang Sesuai Dilapangan

KETERANGAN	FX		FY	
	SW	RANGKA	SW	RANGKA
KOMBINASI 3	64,80%	35,20%	55,65%	44,35%
KOMBINASI 4	67,56%	32,44%	58,07%	41,93%
KOMBINASI 5	55,46%	44,54%	47,47%	52,53%
KOMBINASI 6	58,29%	41,71%	49,94%	50,06%
KOMBINASI 7	64,80%	35,20%	55,65%	44,35%
KOMBINASI 8	55,46%	44,54%	47,47%	52,53%
KOMBINASI 9	67,56%	32,44%	58,07%	41,93%
KOMBINASI 10	58,29%	41,71%	49,94%	50,06%
KOMBINASI 11	63,60%	36,40%	54,71%	45,29%
KOMBINASI 12	65,34%	34,66%	56,33%	43,67%
KOMBINASI 13	57,75%	42,25%	49,26%	50,74%
KOMBINASI 14	59,51%	40,49%	50,90%	49,10%
KOMBINASI 15	63,60%	36,40%	54,71%	45,29%
KOMBINASI 16	57,75%	42,25%	49,26%	50,74%
KOMBINASI 17	65,34%	34,66%	56,33%	43,67%
KOMBINASI 18	59,51%	40,49%	50,90%	49,10%
Rata - rata	61,54%	38,46%	52,79%	47,21%

Table 3.19 Hasil Presentase Gaya Geser Nominal Dengan Dimensi Rangka Yang Direncanakan

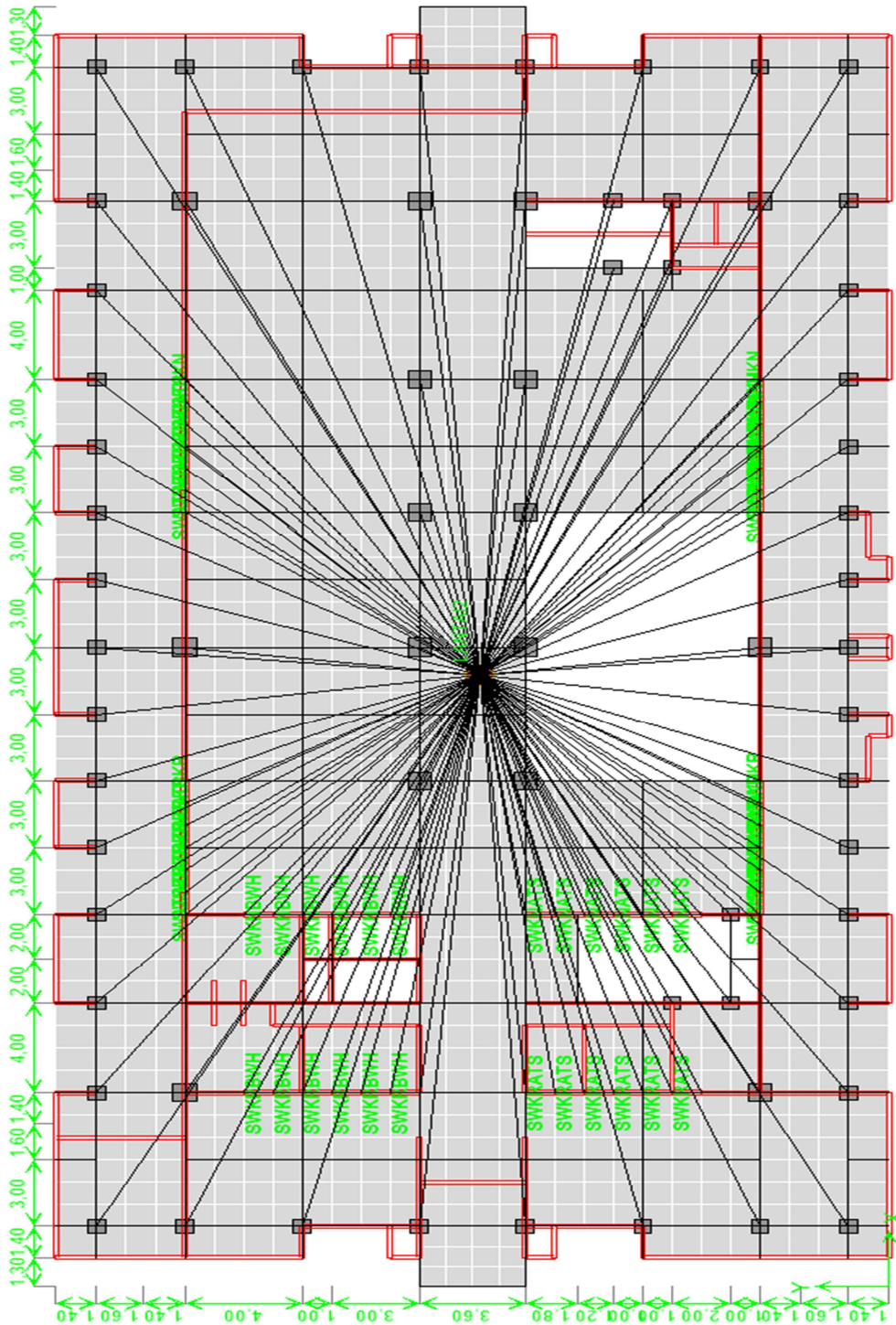
KETERANGAN	FX		FY	
	SW	RANGKA	SW	RANGKA
KOMBINASI 3	73,98%	26,02%	73,25%	26,75%
KOMBINASI 4	73,20%	26,80%	73,39%	26,61%
KOMBINASI 5	74,78%	25,22%	74,93%	25,07%
KOMBINASI 6	74,06%	25,94%	73,58%	26,42%
KOMBINASI 7	74,08%	25,92%	74,04%	25,96%
KOMBINASI 8	73,92%	26,08%	74,86%	25,14%
KOMBINASI 9	73,08%	26,92%	73,83%	26,17%
KOMBINASI 10	74,59%	25,41%	74,14%	25,86%
KOMBINASI 11	74,21%	25,79%	73,78%	26,22%
KOMBINASI 12	74,15%	25,85%	74,73%	25,27%
KOMBINASI 13	74,41%	25,59%	74,11%	25,89%
KOMBINASI 14	74,83%	25,17%	74,28%	25,72%
KOMBINASI 15	74,46%	25,54%	74,89%	25,11%
KOMBINASI 16	74,14%	25,86%	74,43%	25,57%
KOMBINASI 17	74,58%	25,42%	74,04%	25,96%

KOMBINASI 18	74,17%	25,83%	74,40%	25,60%
Rata - rata	74,16%	25,84%	74,17%	25,83%

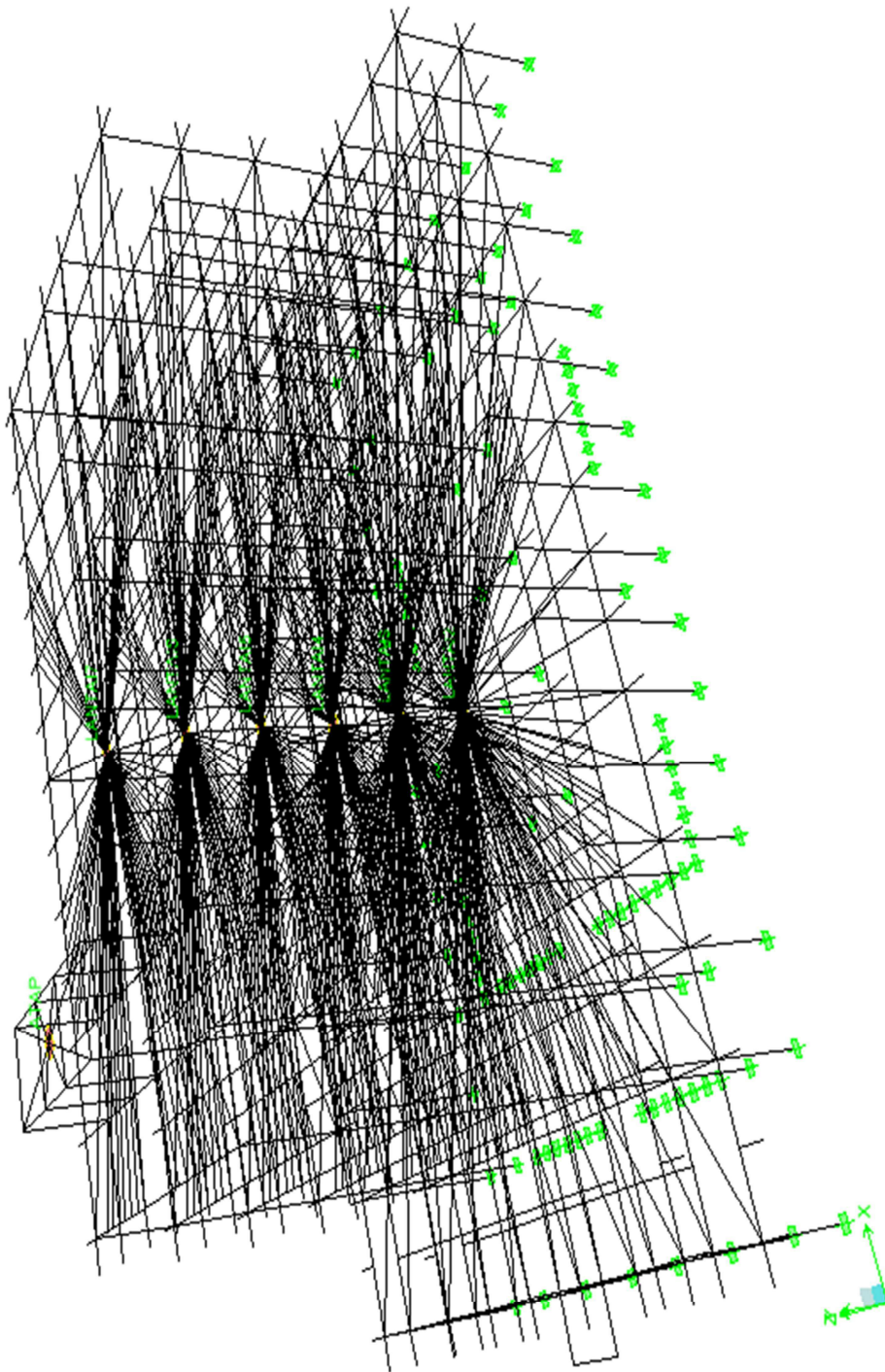
3.11 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma.

Pada SNI Gempa 1726 – 2002 Pasal 5.3.1 disebutkan bahwa lantai tingkat, atap beton dan system lantai dengan ikatan suatu struktur gedung dapat dianggap sangat kaku (*rigid*) dalam bidangnya dan dianggap bekera sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal. Maka, masing – masing lantai tingkat didefinisikan sebagai diafragma kaku dengan cara :

Assign – Joint/point – Diafragms – Add New Diafragms



Gambar 3.7 Elemen Plat Disetiap Lantai Yang Bekerja Sebagai Diafragma 2D



Gambar 3.8 Elemen Plat Disetiap Lantai Yang Bekerja Sebagai Diafragma 3D

3.12 Eksentrisitas Rencana (e_d)

SNI Gempa 1726 – 2002 pasal 5.4.3 menyebutkan bahwa : Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana e_d . Apabila ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan dengan 'b', maka eksentrisitas rencana e_d harus ditentukan sebagai berikut :

$$\text{untuk } 0 < e \leq 0.3 b, \text{ maka } e_d = 1.5 e + 0.05 \text{ atau } e_d = e - 0.05 b$$

Nilai dari keduanya dipilih yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur atau subsistem struktur gedung yang ditinjau, dimana eksentrisitas (e) adalah pengurangan antara pusat massa dengan pusat rotasi. Nilai pusat massa dan rotasi bangunan dapat dicari pada ETABS dengan cara : *Run – Display – Show Tables Draw Point Objects – Analysis Result – Building Output – Center Mass Rigidity*

Table 3.20 Pusat Massa dan Pusat Rotasi

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
LANTAI 2	LANTAI2	443,5117	443,5117	25,843	13,988	443,5117	443,5117	25,843	13,988	22,041	14,036
LANTAI 3	LANTAI3	408,514	408,514	25,567	13,934	408,514	408,514	25,567	13,934	22,188	13,773
LANTAI 4	LANTAI4	306,2764	306,2764	24,59	13,891	306,2764	306,2764	24,59	13,891	21,347	14,321
LANTAI 5	LANTAI5	305,9464	305,9464	24,586	13,891	305,9464	305,9464	24,586	13,891	20,806	14,703
LANTAI 6	LANTAI6	306,5306	306,5306	24,473	13,946	306,5306	306,5306	24,473	13,946	20,325	14,963
LANTAI 7	LANTAI7	217,1194	217,1194	24,385	14,078	217,1194	217,1194	24,385	14,078	20,338	15,087
ATAP	ATAP	21,7152	21,7152	14,7	14,225	21,7152	21,7152	14,7	14,225	15,192	14,809

Ukuran gedung

$$B = 57,4 \text{ m}$$

$$L = 28,4 \text{ m}$$

Koordinat pusat massa baru akibat eksentrisitas

Table 3.21 Koordinat Pusat Massa Baru Akibat Eksentrisitas

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		ed = 1,5e + 0,05b		Koordinat pusat massa	
	X	Y	X	Y	X	Y		
LANTAI 2	25,843	13,988	22,041	14,036	8,57	2,80	13,47	11,238
LANTAI 3	25,567	13,934	22,188	13,773	7,94	3,11	14,25	10,662
LANTAI 4	24,59	13,891	21,347	14,321	7,73	2,23	13,61	12,096
LANTAI 5	24,586	13,891	20,806	14,703	8,54	1,65	12,27	13,051
LANTAI 6	24,473	13,946	20,325	14,963	9,09	1,34	11,23	13,619
LANTAI 7	24,385	14,078	20,338	15,087	8,94	1,36	11,40	13,731
ATAP	14,7	14,225	15,192	14,809	2,13	1,99	13,06	12,815

3.13 Kontrol Partisipasi Massa, Kontrol Simpangan Struktur, Kontrol Batas Layan dan Batas Ultimate.

➤ Hasil Kontrol Partisipasi Massa

Table 3.22 Kontrol Partisipasi Massa

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
1	0,141138	0,0947	71,3245	0	0,0947	71,3245
2	0,102311	74,0181	0,1539	0	74,1129	71,4784
3	0,092054	0,0002	0,0081	0	74,1131	71,4865
4	0,092041	0	0,0002	0	74,1131	71,4867
5	0,07438	0,1393	1,9418	0	74,2524	73,4284
6	0,070539	0,0046	0	0	74,257	73,4284
7	0,070248	0,0042	0,0001	0	74,2612	73,4285
8	0,067366	0,0093	0,001	0	74,2704	73,4295
9	0,048829	0,0237	20,568	0	74,2941	93,9975
10	0,036936	20,9413	0,01	0	95,2354	94,0075
11	0,032456	0	0	0	95,2354	94,0075
12	0,032316	0,0003	0,0534	0	95,2356	94,061

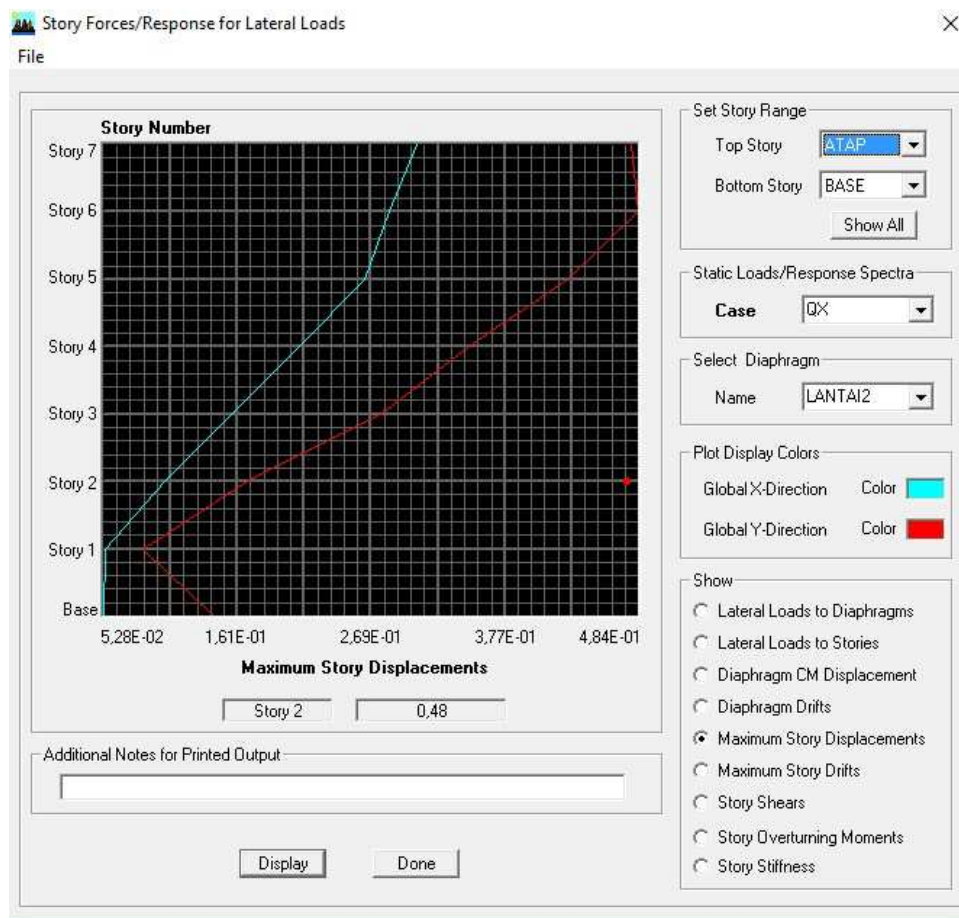
Dari table diatas disimpulkan bahwa dengan 10 modes saja (sudah memenuhi 90%) sudah mampu memenuhi syarat Partisi Massa sesuai SNI 03 – 1726 – 2002.

- Desain system rangka pemikul momen dan dinding struktur beton bertulang tahan gempa, Tavo Benny kusuma Hal 48.

➤ Kontrol Simpangan Struktur

Pada SNI Gempa 03 – 1726 – 2002 Pasal 8.1 disebutkan bahwa kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pellenan baja, peretakan beton yang berlebihan, mencegah kerusakan non struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Simpangan antar tingkat yang diizinkan tidak boleh melampaui $0.03/R$ x tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm. Diambil yang terkecil. Besarnya simpangan yang terjadi tersebut dapat diketahui pada ETABS.



Gambar 3.9 Grafik Simpangan Struktur

Dari grafik diatas dihasilkan simpangan struktur akibat beban gempa static ekuivalen arah X dan arah Y.

- Kontrol Batas Layan dan Batas Ultimate.

Kinerja Batas Layan Arah X

Reduksi Gedung = 7

Table 3.23 Kontrol Kinerja Batas Layan Arah X

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 2	4000	0,06	0,06	17,14	OK
2	LANTAI 3	4000	0,10	0,04	17,14	OK
3	LANTAI 4	4000	0,16	0,06	17,14	OK
4	LANTAI 5	4000	0,21	0,05	17,14	OK
5	LANTAI 6	4000	0,27	0,06	17,14	OK
6	LANTAI 7	4000	0,28	0,01	17,14	OK
7	ATAP	3000	0,31	0,03	12,86	OK

Kinerja Batas Layan Arah Y

Table 3.24 Kontrol Kinerja Batas Layan Arah Y

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 2	4000	0,09	0,09	17,14	OK
2	LANTAI 3	4000	0,17	0,08	17,14	OK
3	LANTAI 4	4000	0,28	0,11	17,14	OK
4	LANTAI 5	4000	0,35	0,07	17,14	OK
5	LANTAI 6	4000	0,43	0,08	17,14	OK
6	LANTAI 7	4000	0,48	0,20	17,14	OK
7	ATAP	3000	0,48	0,00	12,86	OK

Kinerja Batas Ultimate Arah X (Δm)

Faktor Pengali $\xi = 4,9$

Table 3.25 Kontrol Kinerja Batas Ultimate Arah X

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S \times \xi$	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 2	4000	0,06	0,29	40,00	OK
2	LANTAI 3	4000	0,10	0,20	40,00	OK
3	LANTAI 4	4000	0,16	0,29	40,00	OK
4	LANTAI 5	4000	0,21	0,25	40,00	OK
5	LANTAI 6	4000	0,27	0,29	40,00	OK
6	LANTAI 7	4000	0,28	0,05	40,00	OK
7	ATAP	3000	0,31	0,15	30,00	OK

Kinerja Batas Ultimate Arah Y

Table 3.26 Kontrol Kinerja Batas Ultimate Arah Y

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S \times \xi$	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 2	4000	0,09	0,44	40,00	OK
2	LANTAI 3	4000	0,17	0,39	40,00	OK
3	LANTAI 4	4000	0,28	0,54	40,00	OK
4	LANTAI 5	4000	0,35	0,34	40,00	OK
5	LANTAI 6	4000	0,43	0,39	40,00	OK
6	LANTAI 7	4000	0,48	0,98	40,00	OK
7	ATAP	3000	0,48	0,00	30,00	OK

BAB IV

PERHITUNGAN PENULANGAN

4.1 Perhitungan Penulangan Dinding Geser.

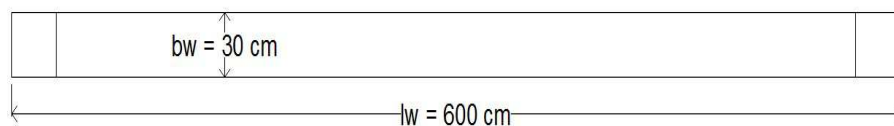
Data perencanaan :

- Kuat Tekan Beton ($f'c$) : 30 mpa
- Kuat Leleh Baja (f_y) : 390 mpa
- Factor Reduksi Kekuatan
 - Lentur dan tekan aksial Φ : 0.65
 - Geser Φ : 0.65
 - Panjang dinding geser : 6000 mm
 - Tebal dinding geser : 300 mm
 - Border dinding geser : 300 mm

$$\text{Luas penampang dinding geser} : 6000 \times 300 = 1800000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas minimum dinding geser} : 1\% \times 1770000 = 18000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas maksimum dinding geser} : 6\% \times 1770000 = 108000 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.1 Penampang Dinding Geser

4.1.1 Penulangan Longitudinal Ditinjau terhadap sumbu X

$$M_u = 1103,125 \text{ kNm (Kombinasi 3 pada SWKRATS)}$$

$$P_u = 3477,921 \text{ kN (Kombinasi 3 pada SWKRATS)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1103,125}{0,65} = 1697,115 \text{ kNm}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{3477,921}{0,65} = 5350,648 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1697,115}{5350,648} = 0,317 \text{ m}$$

➤ **Dicoba tulangan longitudinal 70 D 22**

➤ **Menentukan c (garis netral) dengan trial error**

$$c = 1457,156 \text{ mm}$$

Maka tulangan no 1 – 11 ialah tulangan tekan dan tulangan no 12 – 35 adalah tulangan tarik.

➤ **Menghitung luas masing – masing pada serat yang sama**

Untuk Tulangan Tekan

$$A's_1 = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A's_1 (22 \text{ D } 22) = 22 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 8366,286 \text{ mm}^2$$

Untuk Tulangan Tarik

$$A's_2 = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A's_2 (48 \text{ D } 22) = 48 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 18253,714 \text{ mm}^2$$

Luas Total Tulangan yang digunakan

$$A's_{\text{Total}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A's_{\text{Total}} (70 \text{ D } 22) = 70 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 26620,000 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas Tulangan

$$A_{s \text{ min}} < A_{s \text{ pakai}} < A_{s \text{ maks}}$$

$$18000 < 26620 < 108000 \text{(OK)}$$

Tabel 4.1 Luas Tulangan Pada Masing – masing Serat

As i	mm ²	As i	mm ²	As i	mm ²	As i	mm ²	As i	mm ²
A's 1	760.571	As 8	760.571	As 15	760.571	As 22	760.571	As 29	760.571
A's 2	760.571	As 9	760.571	As 16	760.571	As 23	760.571	As 30	760.571
A's 3	760.571	As 10	760.571	As 17	760.571	As 24	760.571	As 31	760.571
As' 4	760.571	As 11	760.571	As 18	760.571	As 25	760.571	As 32	760.571
As' 5	760.571	As 12	760.571	As 19	760.571	As 26	760.571	As 33	760.571
As' 6	760.571	As 13	760.571	As 20	760.571	As 27	760.571	As 34	760.571
As 7	760.571	As 14	760.571	As 21	760.571	As 28	760.571	As 35	760.571

- Menghitung jarak masing-masing tulangan terhadap serat penampang atas dan menghitung jarak masing-masing tulangan terhadap tengah-tengah penampang (Pusat Plastis)

$$d' = \text{selimut beton} + \text{diameter sengkang} + (1/2 \text{ diameter tulangan A's1})$$

$$= 27.0 + 12 + 11$$

$$= 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Pusat plastis} = \frac{\text{Panjang Penampang Dinding Geser}}{2}$$

$$= \frac{6000}{2} = 3000 \text{ mm} = 300 \text{ cm}$$

Tabel 4.2 Jarak Masing – Masing Tulangan pada Serat Penampang Atas

di	jarak (cm)	di	jarak (cm)	di	jarak (cm)	di	jarak (cm)	di	jarak (cm)
d1	5	d8	72	d15	240	d22	408	d29	570
d2	10	d9	96	d16	264	d23	432	d30	575
d3	15	d10	120	d17	288	d24	456	d31	580
d4	20	d11	144	d18	312	d25	480	d32	585
d5	25	d12	168	d19	336	d26	504	d33	590
d6	30	d13	192	d20	360	d27	528	d34	595
d7	48	d14	216	d21	384	d28	552	d35	600

Tabel 4.3 Jarak Masing – Masing Tulangan terhadap tengah – tengah penampang

yi	jarak (cm)	yi	jarak (cm)	yi	jarak (cm)	yi	jarak (cm)	yi	jarak (cm)
y1	295	y8	228	y15	60	y22	-108	y29	-270
y2	290	y9	204	y16	36	y23	-132	y30	-275
y3	285	y10	180	y17	12	y24	-156	y31	-280
y4	280	y11	156	y18	-12	y25	-180	y32	-285
y5	275	y12	132	y19	-36	y26	-204	y33	-290

y6	270	y13	108	y20	-60	y27	-228	y34	-295
y7	252	y14	84	y21	-84	y28	-252	y35	-300

➤ **Menghitung regangan yang terjadi**

Untuk daerah tekan :

$$\frac{\epsilon_{s'1}}{\epsilon_c} = \frac{c-d}{c} \longrightarrow \epsilon_{s'1} = \frac{c-d}{c} \times \epsilon_c : \epsilon_c = 0,003$$

$$= \frac{145,715}{145,7156} \times 0,003$$

$$= 0,0029$$

Untuk daerah tarik :

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_c} = \frac{d-c}{c} \longrightarrow \epsilon_{s'12} = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c : \epsilon_c = 0,003$$

$$= \frac{168 - 145,7156}{145,7156} \times 0,003$$

$$= 0,00046$$

Tabel 4.4 Tabel Regangan

$\epsilon_s i$	Nilai	$\epsilon_s i$	Nilai	$\epsilon_s i$	Nilai	$\epsilon_s i$	Nilai	$\epsilon_s i$	Nilai
$\epsilon_s 1$	0,00290	$\epsilon_s 8$	0,00152	$\epsilon_s 15$	0,00194	$\epsilon_s 22$	0,00540	$\epsilon_s 29$	0,00874
$\epsilon_s 2$	0,00279	$\epsilon_s 9$	0,00102	$\epsilon_s 16$	0,00244	$\epsilon_s 23$	0,00589	$\epsilon_s 30$	0,00884
$\epsilon_s 3$	0,00269	$\epsilon_s 10$	0,00053	$\epsilon_s 17$	0,00293	$\epsilon_s 24$	0,00688	$\epsilon_s 31$	0,00894
$\epsilon_s 4$	0,00259	$\epsilon_s 11$	0,00004	$\epsilon_s 18$	0,00342	$\epsilon_s 25$	0,00738	$\epsilon_s 32$	0,00904
$\epsilon_s 5$	0,00249	$\epsilon_s 12$	0,00046	$\epsilon_s 19$	0,00392	$\epsilon_s 26$	0,00787	$\epsilon_s 33$	0,00915
$\epsilon_s 6$	0,00238	$\epsilon_s 13$	0,00095	$\epsilon_s 20$	0,00441	$\epsilon_s 27$	0,00836	$\epsilon_s 34$	0,00925
$\epsilon_s 7$	0,00201	$\epsilon_s 14$	0,00145	$\epsilon_s 21$	0,00491	$\epsilon_s 28$	0,00688	$\epsilon_s 35$	0,00935

➤ **Menghitung nilai tegangan**

Untuk daerah tekan

$$f'_s = \epsilon_s \times E_s \text{ (SNI 2847 – 2013 Pasal 8.5.2 Hal 61)}$$

$$f'_{s1} = 0,0029 \times 200000 = 579,412 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{maka digunakan } f_s = 390 \text{ Mpa}$$

Untuk daerah tarik

$$f's = \epsilon's \times E_s \text{ (SNI 2847 – 2013 Pasal 8.5.2 Hal 61)}$$

$$f's_{12} = 0,00046 \times 200000 = 91,759 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{maka digunakan } f_s = 91,759 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.5 Tabel Hasil Murni Nilai Tegangan

fsi	Mpa	fsi	Mpa	fsi	Mpa	fsi	Mpa	fsi	Mpa
fs 1	579,412	fs 8	303,532	fs 15	388,227	fs 22	1079,985	fs 29	1747,038
fs 2	558,824	fs 9	204,709	fs 16	487,049	fs 23	1178,808	fs 30	1767,626
fs 3	538,236	fs 10	105,887	fs 17	585,872	fs 24	1277,630	fs 31	1788,214
fs 4	517,648	fs 11	7,064	fs 18	684,695	fs 25	1376,453	fs 32	1808,802
fs 5	497,060	fs 12	91,759	fs 19	783,517	fs 26	1475,276	fs 33	1829,390
fs 6	476,472	fs 13	190,581	fs 20	882,340	fs 27	1574,098	fs 34	1849,978
fs 7	402,355	fs 14	289,404	fs 21	981,162	fs 28	1672,921	fs 35	1870,566

Tabel 4.6 Tabel Tegangan Yang Dipakai

fsi	Mpa	fsi	Mpa	fsi	Mpa	fsi	Mpa	fsi	Mpa
fs 1	390	fs 8	303,532	fs 15	388,227	fs 22	390	fs 29	390
fs 2	390	fs 9	204,709	fs 16	390	fs 23	390	fs 30	390
fs 3	390	fs 10	105,887	fs 17	390	fs 24	390	fs 31	390
fs 4	390	fs 11	7,064	fs 18	390	fs 25	390	fs 32	390
fs 5	390	fs 12	91,759	fs 19	390	fs 26	390	fs 33	390
fs 6	390	fs 13	190,581	fs 20	390	fs 27	390	fs 34	390
fs 7	390	fs 14	289,404	fs 21	390	fs 28	390	fs 35	390

➤ **Besarnya gaya – gaya yang bekerja**

$$C_c = \text{ gaya tekan beton}$$

$$= 0,85 \times f'_c \times a \times b_w$$

$$= 0,85 \times f_c \times b \times c \times b_w$$

$$a = b \times c$$

$$= 0,85 \times 1457,156$$

$$= 1238,582\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times 30 \times 1238,582 \times 300 \\
 &= 9475155,223 \text{ N} \\
 &= 9475,155223 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk daerah tekan

$$\begin{aligned}
 C_s &= \text{ gaya tekan tulangan} \\
 &= A's \times f's
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{s1} &= A's1 \times f's1 \\
 &= 760,571 \times 390 = 296623 \text{ N} = 296,623 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk daerah tarik

$$\begin{aligned}
 T_s &= \text{ gaya tarik tulangan} \\
 &= A's \times f's
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s11} &= A's11 \times f's11 \\
 &= 760,571 \times 7,064 = 5372,728 \text{ N} = 5,372728 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Tabel Gaya – Gaya Yang Bekerja Pada Elemen Dinding Geser

Cs i	kN	Cs i	kN	Ts i	kN	Ts i	kN	Ts i	kN
Cs 1	296,623	Cs 8	230,858	Ts 15	295,274	Ts 22	296,623	Ts 29	296,623
Cs 2	296,623	Cs 9	155,696	Ts 16	296,623	Ts 23	296,623	Ts 30	296,623
Cs 3	296,623	Cs 10	80,534	Ts 17	296,623	Ts 24	296,623	Ts 31	296,623
Cs 4	296,623	Ts 11	5,373	Ts 18	296,623	Ts 25	296,623	Ts 32	296,623
Cs 5	296,623	Ts 12	69,789	Ts 19	296,623	Ts 26	296,623	Ts 33	296,623
Cs 6	296,623	Ts 13	144,951	Ts 20	296,623	Ts 27	296,623	Ts 34	296,623
Cs 7	296,623	Ts 14	220,112	Ts 21	296,623	Ts 28	296,623	Ts 35	296,623

➤ **Kontrol $\sum H = 0$**

$$C_c + \sum C_s - \sum T_s + P_n = 0$$

$$\begin{aligned}
& C_c + (C_{s1} + C_{s2} + C_{s3} + C_{s4} + C_{s5} + C_{s6} + C_{s7} + C_{s8} + C_{s9} + C_{s10}) - \\
& (T_{s11} + T_{s12} + T_{s13} + T_{s14} + T_{s15} + T_{s16} + T_{s17} + T_{s18} + T_{s19} + T_{s20} + \\
& T_{s21} + T_{s22} + T_{s23} + T_{s24} + T_{s25} + T_{s26} + T_{s27} + T_{s28}) + P_n = 0 \\
& 9475,155 + (296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623) - \\
& (296,623 + 230,858 + 155,696 + 5,373 + 69,789 + 144,951 + 220,112 + \\
& 295,274 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + \\
& 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + 296,623 + \\
& 296,623 + 296,623) + 5350,648 \\
& 9475,155 + 2543,448 - 6667,956 + 5350,648 = 0 \\
& 0,00 = 0
\end{aligned}$$

➤ Menghitung Momen Terhadap Titik Berat Penampang

$$M_{nc} = C_c \times y_c$$

$$y_c = l_w/2 \times a/2$$

$$a = b \times c$$

Maka,

$$a = 0,85 \times 1457,156$$

$$= 1238,582 \text{ mm}$$

$$y_c = \frac{6000}{2} - \frac{1238,582}{2}$$

$$= 3000 - 691,291 \text{ mm}$$

$$M_{nc} = 9821,528 \times (3000 - 691,291)$$

$$= 22557585,51 \text{ kNmm} = 22557,58551 \text{ kNm}$$

Untuk daerah tekan

$$\begin{aligned} M_{n1} &= C_{s1} \times y_1 \\ &= 296,6 \times 295 \\ &= 87503,743 \text{ kNcm} \\ &= 875,03743 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Untuk daerah tarik

$$\begin{aligned} M_{n12} &= T_{s12} \times y_{12} \\ &= 69,8 \times 132 \\ &= 9212,143 \text{ kNcm} \\ &= 92,12143 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Tabel Momen Terhadap Titik Berat Penampang

Mni	kNm	Mni	kNm	Mni	kNm	Mni	kNm	Mni	kNm
Mn1	875,04	Mn8	526,36	Mn15	177,16	Mn22	-320,35	Mn29	-800,88
Mn2	860,21	Mn9	317,62	Mn16	106,78	Mn23	-391,54	Mn30	-815,71
Mn3	845,38	Mn10	144,96	Mn17	35,59	Mn24	-462,73	Mn31	-830,54
Mn4	830,54	Mn11	8,38	Mn18	-35,59	Mn25	-533,92	Mn32	-845,38
Mn5	815,71	Mn12	92,12	Mn19	-106,78	Mn26	-605,11	Mn33	-860,21
Mn6	800,88	Mn13	156,55	Mn20	-177,97	Mn27	-676,30	Mn34	-875,04
Mn7	747,49	Mn14	184,89	Mn21	-249,16	Mn28	-747,49	Mn35	-889,87

➤ Kontrol $M_n > M_n$ Perlu

$$\begin{aligned} M_n &= M_{nc} + (M_{n1} + M_{n2} + M_{n3} + M_{n4} + M_{n5} + M_{n6} + M_{n7} + \\ &M_{n8} + M_{n9} + M_{n10} + M_{n11}) + (M_{n12} + M_{n13} + M_{n14} + M_{n15} \\ &+ M_{n16} + M_{n17} + M_{n18} + M_{n19} + M_{n20} + M_{n21} + M_{n22} + \end{aligned}$$

$$\text{Mn}_{23} + \text{Mn}_{24} + \text{Mn}_{25} + \text{Mn}_{26} + \text{Mn}_{27} + \text{Mn}_{28} + \text{Mn}_{29} + \text{Mn}_{30} \\ + \text{Mn}_{31} + \text{Mn}_{32} + \text{Mn}_{33} + \text{Mn}_{34} + \text{Mn}_{35})$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= 22557,59 + (875,04 + 860,21 + 845,38 + 830,54 + 815,71 + \\ &800,88 + 747,49 + 526,36 + 317,62 + 144,96 + 8,38) + (92,12 + \\ &156,55 + 184,89 + 177,16 + 106,78 + 35,59 + (-35,59) + (-106,78) \\ &+ (-177,97) + (-249,16) + (-320,35) + (-391,54) + (-462,73) + (- \\ &533,92) + (-605,11) + (-676,30) + (-747,49) + (-800,88) + (- \\ &815,71) + (-830,54) + (-845,38) + (-860,21) + (-875,04) + (- \\ &889,87)) \\ &= 22557,59 + 6772,57 + (-9471,48) \\ &= 19858,67 \text{ kNm} \end{aligned}$$

➤ Kontrol Mn > Mn Perlu

$$19858,67 \text{ kNm} > 1697,12 \text{ kNm} \dots\dots\text{(OK)}$$

4.1.2 Penulangan Longitudinal Ditinjau terhadap sumbu Y

$$\text{Mu} = 1103,125 \text{ kNm} = 1103125 \text{ Nm}$$

$$\text{Pu} = 3477,921 \text{ kN} = 3477921 \text{ N}$$

$$\text{Pn} = \frac{\text{Pu}}{\phi} = \frac{3477921}{0,65} = 5350647,69 \text{ N}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\beta = 0.85$$

➤ Kuat nominal penampang :

Untuk mengetahui nilai c dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan

Jika diketahui data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A's1 \text{ (35 D 22)} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= 35 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22^2 \\
 &= 13310,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A's2 \text{ (35 D 22)} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= 35 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22^2 \\
 &= 13310,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas Total Tulangan yang digunakan

$$A's = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$A's \text{ 70 D 22} = 70 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22^2 = 26620,00 \text{ mm}^2$$

Kontrol Luas Tulangan

$$A_s \text{ min} < A_s \text{ pakai} < A_s \text{ maks}$$

$$18000 < 26620 < 108000 \text{(OK)}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$b = 6000 \text{ mm}$$

Maka,

➤ **Kontrol $\sum H = 0$**

$$C_c + \sum C_s - \sum T_s + P_n = 0$$

$$\text{Dimana : } C_c \text{ (beton tertekan)} = 0.85 \times f'_c \times a \times b ; a = \beta \times c$$

$$C_s \text{ (baja tertekan)} = A_s'1 \times f_s1$$

$$T_s \text{ (Baja tertarik)} = A_s2 \times f_s2$$

➤ **Momen Nominal yang disumbangkan oleh beton :**

$$M_{nd1} = C_c \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nd2} = C_s \times (d - d1')$$

$$M_{nd} = M_{nd1} + M_{nd2} > M_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{\Phi}$$

➤ Untuk mendapatkan nilai c, maka:

$$f_s' = \epsilon_s \times E_s$$

$$= \frac{0,003(c-d')}{c} \times E_s = \frac{600(c-d')}{c} = E_s : 200000 \text{ Mpa}$$

Maka :

$$C_c + C_s - T_s - P_u = 0$$

$$0,85 \times f_c \times a \times b + A_s' t \times f_s' - A_s t \times f_y + P_n$$

$$(0,85 \times f_c \times \beta \times c \times b) + A_s' t \left(\frac{(c-d_1)}{c} \times 0,003 \right) \times 200000 - A_s \times f_y + P_n = 0$$

$$(0,85 \times f_c \times \beta \times c \times b) + A_s' t \frac{600(c-d)}{c} - A_s \times f_y + P_n = 0$$

Apabila persamaan tersebut dikalikan c, maka :

$$(0,85 \times f_c \times \beta \times c^2 \times b) + (A_s' t (600(c-d))) - (A_s t \times f_y + P_n) c = 0$$

Setelah dilakukan pengelompokan, maka didapatkan persamaan kuadrat :

$$(0,85 \times f_c \times \beta \times b \times c^2) + (A_s' t \times 600 \times c - A_s' t \times 600 \times d') - (A_s' t \times f_y \times c) + P_u \times c = 0$$

$$(0,85 \times f_c \times \beta \times b) c^2 + (A_s' t \times 600 - A_s' t \times f_y + P_n) c + A_s' t \times 600 \times d' = 0$$

$$(0,85 \times 30 \times 0,85 \times 6000) c^2 + (13310 \times 600 - 13310 \times 390 - 5350647,69) c -$$

$$(13310 \times 600 \times 50)$$

$$130050 c^2 + (-2555547,692) c - 399300000 = 0$$

Dari persamaan didapatkan nilai c = 66,1mm

$$a = \beta \times c = 0,85 \times 66,1 = 56,185 \text{ mm}$$

Nilai masing-masing regangan

$$\varepsilon's1 = 0,003 \frac{(d'-c)}{c} = 0,003 \frac{(66,1 - 50)}{66,1} = 0,000731$$

$$\varepsilon's2 = 0,003 \frac{(d'-c)}{c} = 0,003 \frac{(720 - 66,1)}{66,1} = 0,029678$$

$$f's = E_s \times \varepsilon_s = 200000 \times 0,000731 = 146,145 \quad \text{Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$$

maka digunakan $f_s = 146,145 \text{ Mpa}$

$$f's = E_s \times \varepsilon_s = 200000 \times 0,029678 = 5935,512 \quad \text{Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$$

maka digunakan $f_s = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'_c \times a \times b_w \\ &= 0,85 \times 30 \times 56,19 \times 300 \\ &= 429817,8897 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s't \times f_s \\ &= 13310 \times 146,145 \\ &= 1945189,898 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s't \times f_s \\ &= 13310 \times 390 \\ &= 5190900 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$C_c + C_s - T_s + P_n = 0$$

$$429817,89 + 1945189,898 - 5190900 + 5350647,692 = 0$$

$$0 = 0 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Sehingga momen nominal yang disumbangkan oleh beton dan baja adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mnd1} &= C_c \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 429817,89 \times \left(3000 - \frac{56,185}{2}\right) \\ &= 1277378935,880 \text{ Nmm} \\ &= 1277,378935880 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mnd2} &= C_s \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1945189,898 \times \left(3000 - \frac{56,185}{2}\right) \\ &= 5780924112,053 \text{ Nmm} \\ &= 5780,924112053 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mnd} &= \text{Mnd1} + \text{Mnd2} \\ &= 1277378935,880 + 5780924112,053 \\ &= 7058303047,933 \text{ Nmm} \\ &= 7058,303047933 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Mn Perlu} = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{1103,125}{0,65} = 1697,115 \text{ kNm}$$

$$\text{Mn} = 7058,303047933 \text{ kNm} > \text{Mn Perlu} = 1697,12 \text{ kNm} \dots \text{OK..}$$

4.1.3 Penulangan Transversal Ditinjau dari Arah X

bw	= 300 mm	f'c	= 30 Mpa
lw	= 6000 mm	fy	= 240 Mpa
d	= 3000 mm	d	= Jarak serat penampang tekan terluar ke titik berat tulangan Tarik

$$= 3000 \text{ mm (d ditinjau dari lw)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$V_u = 385,799 \text{ kN}$$

$$\Phi = 0,65$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_c = V yang disumbangkan oleh beton

V_s = V yang disumbangkan tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.2

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left[1 + \frac{Nu}{14.A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times bw \times 3000 \\ &= 0,17 \times \left[1 + \frac{3477921}{14 \times 1800000} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \times 3000 \\ &= 953672,328 \text{ N} \\ &= 953,672328 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u > \frac{1}{2} \Phi V_c$$

$$385799 > \frac{1}{2} \times 0,65 \times 953672,328$$

385799 N > 309943,507 N maka diperlukan tulangan geser minimum

Direncanakan tulangan geser 2 kaki ϕ 12

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \\ &= 226,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$A_v \geq \frac{75 \sqrt{f'_c} \times bw \times s}{1200 \times f_y}$$

$$226,080 \text{ mm}^2 \geq \frac{75 \sqrt{30} \times 300 \times 150}{1200 \times 240}$$

$$226,080 \text{ mm}^2 \geq 64,186 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6.3 hal 92

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_{v \text{ min}} \times f_{yt}}{0.062 \times \sqrt{f_c} \times b_w} \\ &= \frac{226,080 \times 240}{0.062 \times \sqrt{30} \times 300} \\ &= 532,598 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.1 hal 183 menentukan panjang daerah sendi plastis (l_o) ialah :

- 1/6 Bentang bersih dinding geser

$$1/6 \times 300 = 50 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$
- Tinggi komponen struktur pada muka joint

$$t_1 = 6000 \text{ mm}$$

$$t_2 = 300 \text{ mm}$$
- 400 mm

Maka, panjang daerah sendi plastis (l_o) diambil yang terbesar ialah 1000 mm

Untuk point 2 (t_1) diabaikan karena melebihi tinggi dinding geser yang ditinjau. Berdasarkan SNI 2487 – 2013 pasal 21.6.4.3 hal 182, menentukan spasi tulangan transversal sepanjang (l_o) ialah :

- 6 x diameter longitudinal

$$6 \times 12 = 72 \text{ mm}$$
- 1/2 x diameter minimum komponen struktur

$$1/2 \times 300 = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad s_o &= 100 + \frac{350 - hx}{3} \\
 &= 100 + \frac{350 - 250}{3} \\
 &= 133,333 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka jarak yang dipakai ialah jarak yang terkecil ialah 100 mm

Jarak tulangan transversal diluar sendi plastis ditetapkan pada SNI 2487 – 2013 pasal 21.3.5.4, maka jarak yang dipakai harus memnuhi syarat sebagai berikut :

$$s < d/2 \text{ atau}$$

$$s = 532,598 \text{ mm}$$

$$d/2 = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ mm}$$

$$532,598 < 1500 \text{ mm}$$

Jarak yang dipakai dipilih yang paling kecil ialah 150 mm

$$\begin{aligned}
 V_{spakai} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\
 &= \frac{226,080 \times 240 \times 3000}{150} \\
 &= 1085184,000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_{Spakai} \\
 &= 953672,328 + 1085184,000 \\
 &= 2038856,328 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\Phi V_n = 0,65 \times 2038856,328 = 1325256,614 \text{ N}$$

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$1325256,614 \text{ N} \geq 385799,000 \text{ N} \quad \text{.....OK}$$

4.1.4 Penulangan Transversal Pada Segmen 1 Ditinjau dari Arah Y

$$b_w = 300 \text{ mm} \quad f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$l_w = 6000 \text{ mm} \quad f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$d = 150 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.1

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$V_u = 385,799 \text{ kN}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_c = V yang disumbangkan oleh beton

V_s = V yang disumbangkan tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.2

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times \left[1 + \frac{3477921}{14 \times 1800000} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 300 \times 150 \\ &= 47683,616 \text{ N} \\ &= 47,683616 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u > \frac{1}{2} \Phi V_c$$

$$385799 > \frac{1}{2} \times 0,65 \times 47683,616$$

385799 N > 15497,175 N maka diperlukan tulangan geser

Tulangan geser perlu

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= V_u / \Phi - V_c \\ &= 385799 / 0.65 - 47683,616 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 593536,923 - 47684 \\
&= 545853,307 \text{ N} \\
&= 545,853307 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan geser (30 kaki) ϕ 12

$$\begin{aligned}
A_v &= 30 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 12^2 \\
&= 2941,714 \text{ mm}^2 > 42,791 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots\text{OK}
\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
A_v &\geq \frac{75 \sqrt{f_c} \times b_w \times s}{1200 \times f_y} \\
2941,714 \text{ mm}^2 &\geq \frac{75 \sqrt{30} \times 300 \times 100}{1200 \times 240} \\
2941,714 \text{ mm}^2 &\geq 42,791 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.7.2 hal 93

$$\begin{aligned}
s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\
&= \frac{2941,714 \times 240 \times 150}{545,853} \\
&= 194011,309 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03 – 2847 pasal 21.6.4.1 hal 183 menentukan panjang daerah sendi plastis adalah:

$$\frac{1}{6} \times \text{bentang bersih dinding geser} = \frac{1}{6} \times 6000 = 1000 \text{ mm}$$

Maka jarak yang dipakai harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
s &< d/2 \text{ atau} \\
s &= 194011,31 \text{ mm} \\
d/2 &= \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}
\end{aligned}$$

jarak yang dipakai dipilih yang paling kecil adalah 150 mm

$$\begin{aligned}V_n &= V_c + V_{S_{pakai}} \\ &= 47683,616 + 706011,429 \\ &= 753695,045 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi V_n &= 0,65 \times 753695,045 \\ &= 489901,779 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\Phi V_n \geq V_n$$

$$489901,78 \text{ N} \geq 385799 \text{ N} \quad \dots\dots\text{OK}$$

4.1.5 Panjang sambungan lewatan Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 12.2.2

$$l_d = \left[\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \lambda} \right] db$$

$$\text{dimana : } \Psi_t = 1 \quad \Psi_e = 1 \quad \lambda = 1$$

$$l_d = \left[\frac{390 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times 30} \right] \times 22$$

$$= 921,463 \text{ mm}$$

$$l_d = 1,30 \times 921,463$$

$$= 1197,901 \text{ mm} \approx 1200 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 21.5.2.3 sambungan lewatan tidak boleh

terjadi pada :

- Dalam joint
- 2 x tinggi komponen struktur dari muka joint

$$2 \times 300 = 600 \text{ mm}$$

$$2 \times 300 = 600 \text{ mm}$$

Nilai yang dipakai 600 mm

- Diluar sendi plastis

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 21.5.2.3 tentang jarak tulangan transversal pada panjang penyaluran ialah :

- $d/4$

$$\frac{150}{4} = 37,5 \text{ mm}$$

- 100 mm

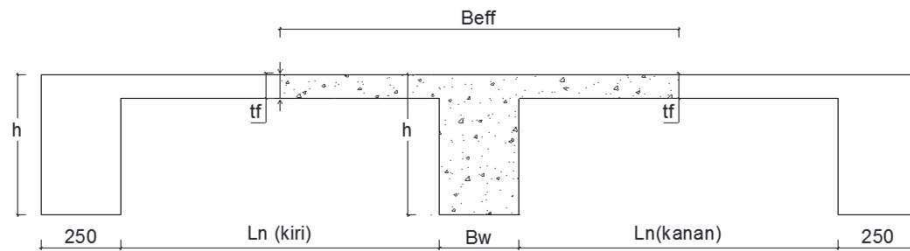
Maka jarak tulangan transversal diambil lebih kecil dari nilai syarat yang terkecil 100 mm

4.2 Perhitungan Lebar Efektif Pada Balok T Dan L

Menurut SNI 2847-2013 pasal 8.12.2, lebar plat efektif yang di perhitungkan bekerjasama dengan rangka menahan momen lentur ditentukan sebagai berikut :

a) Jika balok mempunyai plat 2 sisi

1. Pada balok berukuran 30 x 55



Gambar 4.2 Balok T1

$$\begin{aligned}
 b_w &= 300 \text{ mm} & L(\text{kiri}) &= 4000 \text{ mm} & L(\text{kanan}) &= 4000 \text{ mm} \\
 h_f &= 120 \text{ mm} & L_n(\text{kiri}) &= 4000 - 250 \times 1/2 = 1875 \text{ mm} \\
 h &= 550 \text{ mm} & L_n(\text{kanan}) &= 4000 - 250 \times 1/2 = 1875 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq 1/4 \text{ dari bentang balok (panjang balok)} \\
 &\leq 1/4 \times 8000 = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq b_w + 8 h_f \text{ kiri} + 8 h_f \text{ kanan} \\
 &\leq 300 + 8 \times 120 + 8 \times 120 = 2220 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

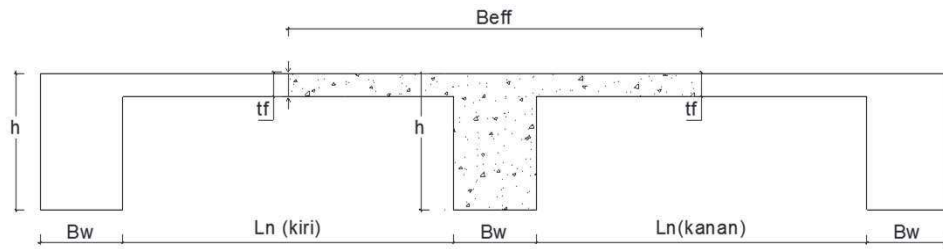
$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq b_w + 1/2 \text{ jarak bersih (Ln kiri)} + 1/2 \text{ jarak bersih (Ln kanan)} \\
 &\leq 300 + 1/2 \times 1875 + 1/2 \times 1875 = 2175 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_n &= h_w - h_f \\
 &= 550 - 120 \\
 &= 430 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq h_n \text{ kr} + b_w \\
 &\leq 430 + 300 \\
 &\leq 730 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terkecil = 730 mm

2. Pada balok berukuran 20 x 40



Gambar 4.3 Balok T2

$$\begin{aligned}
 bw &= 200 \text{ mm} & L(\text{kiri}) &= 4000 \text{ mm} & L(\text{kanan}) &= 4000 \text{ mm} \\
 hf &= 120 \text{ mm} & L_n(\text{kiri}) &= 4000 - 250 \times 1/2 = 1875 \text{ mm} \\
 h &= 400 \text{ mm} & L_n(\text{kanan}) &= 4000 - 300 \times 1/2 = 1850 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq 1/4 \text{ dari bentang balok (panjang balok)} \\
 &\leq 1/4 \times 6000 = 1500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq bw + 8 hf \text{ kiri} + 8 hf \text{ kanan} \\
 &\leq 200 + 8 \times 120 + 8 \times 120 = 2120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

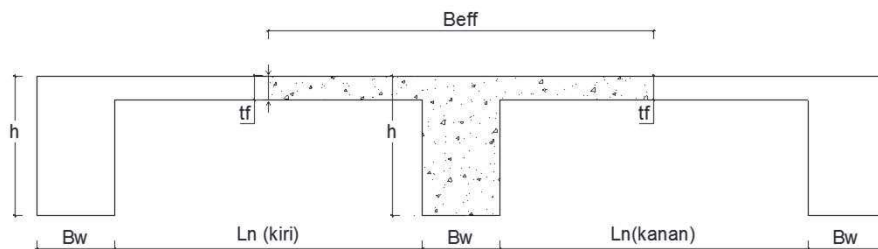
$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq bw + 1/2 \text{ jarak bersih (Ln kiri)} + 1/2 \text{ jarak bersih (Ln kanan)} \\
 &\leq 200 + 1/2 \times 1875 + 1/2 \times 1850 = 2063 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 hn &= hw - hf \\
 &= 400 - 120 \\
 &= 280 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Beff} &\leq hn \text{ kr} + bw \\
 &\leq 280 + 200 \\
 &\leq 480 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terkecil = 480 mm

3. Pada balok berukuran 15 x 30



Gambar 4.4 Balok T3

$$\begin{aligned}
 b_w &= 150 \text{ mm} & L \text{ (kiri)} &= 3000 \text{ mm} & L \text{ (kanan)} &= 3000 \text{ mm} \\
 h_f &= 120 \text{ mm} & L_n \text{ (kiri)} &= 3000 - 300 \times 1/2 = 1350 \text{ mm} \\
 h &= 300 \text{ mm} & L_n \text{ (kanan)} &= 3000 - 300 \times 1/2 = 1350 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{B_{eff}} &\leq 1/4 \text{ dari bentang balok (panjang balok)} \\
 &\leq 1/4 \times 3000 = 750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{B_{eff}} &\leq b_w + 8 h_f \text{ kiri} + 8 h_f \text{ kanan} \\
 &\leq 150 + 8 \times 120 + 8 \times 120 = 2070 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{B_{eff}} &\leq b_w + 1/2 \text{ jarak bersih (} L_n \text{ kiri)} + 1/2 \text{ jarak bersih (} L_n \text{ kanan)} \\
 &\leq 150 + 1/2 \times 1350 + 1/2 \times 1350 = 1500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

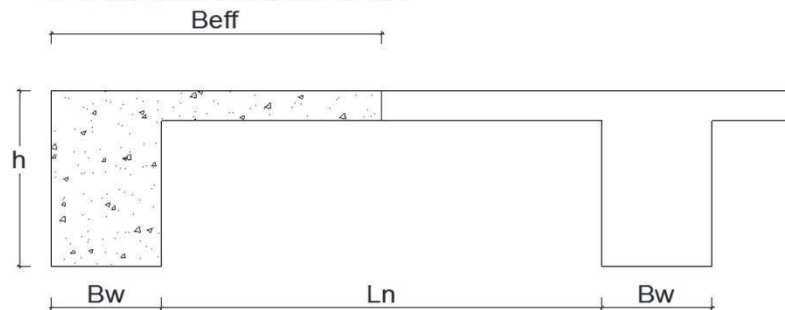
$$\begin{aligned}
 h_n &= h_w - h_f \\
 &= 300 - 120 \\
 &= 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{B_{eff}} &\leq h_n \text{ kr} + b_w \\
 &\leq 180 + 150 \\
 &\leq 330 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terkecil = 330 mm

b) Jika balok mempunyai plat 1 sisi

1. Pada balok berukuran 30 x55



Gambar 4.5 Balok L1

$$\begin{aligned}
 b_w &= 300 \text{ mm} & L &= 4000 \text{ mm} \\
 h_f &= 120 \text{ mm} & L_n &= 4000 - 300 \times 1/2 - 400 \times 1/2 \\
 h &= 550 \text{ mm} & &= 3650 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{B_{eff}} &\leq 1/4 \text{ dari bentang balok (panjang balok)} \\
 &\leq 1/4 \times 4000 = 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{B_{eff}} &\leq b_w + 6 h_f \text{ kiri} + 6 h_f \text{ kanan} \\ &\leq 300 + 0 \times 120 + 6 \times 120 = 1020 \text{ mm} \end{aligned}$$

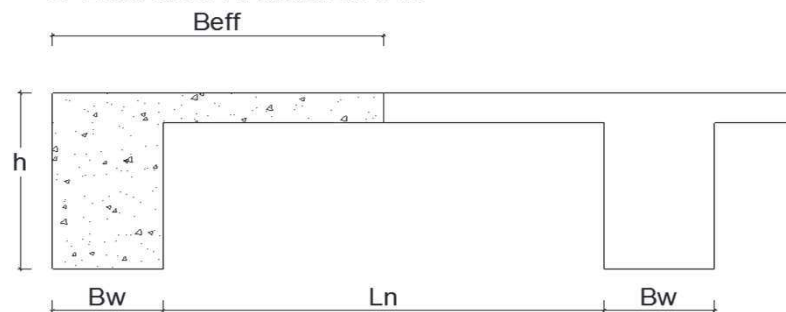
$$\begin{aligned} \mathbf{B_{eff}} &\leq b_w + 1/2 \text{ jarak bersih ke badan sebelahnya (} L_n \text{)} \\ &\leq 300 + 1/2 \times 3650 = 2125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_n &= h_w - h_f \\ &= 550 - 120 \\ &= 430 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{B_{eff}} &\leq h_n \text{ kr} + b_w \\ &\leq 430 + 300 \\ &\leq 730 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terkecil = 730 mm

2. Pada balok berukuran 20 x 40



Gambar 4.6 Balok L2

$$\begin{aligned} b_w &= 200 \text{ mm} & L &= 3000 \text{ mm} \\ h_f &= 120 \text{ mm} & L_n &= 3000 - 200 \times 1/2 - 250 \times 1/2 \\ h &= 400 \text{ mm} & &= 2775 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned} \mathbf{B_{eff}} &\leq 1/4 \text{ dari bentang balok (panjang balok)} \\ &\leq 1/4 \times 3000 = 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{B_{eff}} &\leq b_w + 6 h_f \text{ kiri} + 6 h_f \text{ kanan} \\ &\leq 200 + 0 \times 120 + 6 \times 120 = 920 \text{ mm} \end{aligned}$$

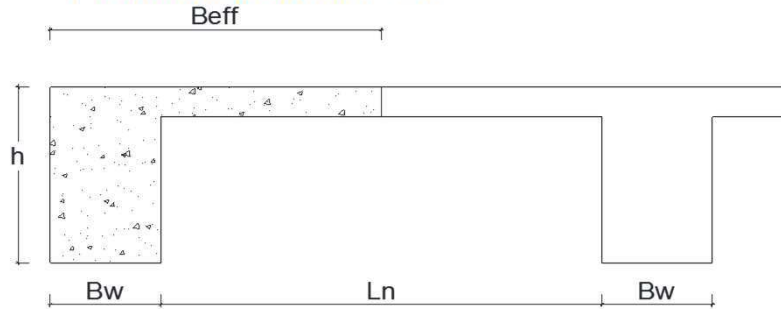
$$\begin{aligned} \mathbf{B_{eff}} &\leq b_w + 1/2 \text{ jarak bersih ke badan sebelahnya (} L_n \text{)} \\ &\leq 200 + 1/2 \times 2775 = 1588 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_n &= h_w - h_f \\ &= 400 - 120 \\ &= 280 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beff} &\leq h_n \text{ kr} + b_w \\
 &\leq 280 + 200 \\
 &\leq 480 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terkecil = 480 mm

3. Pada balok berukuran 15 x 30



Gambar 4.7 Balok L3

$$\begin{aligned}
 b_w &= 150 \text{ mm} & L &= 3000 \text{ mm} \\
 h_f &= 120 \text{ mm} & L_n &= 3000 - 150 \times 1/2 = 2925 \text{ mm} \\
 h &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned}
 \text{Beff} &\leq 1/4 \text{ dari bentang balok (panjang balok)} \\
 &\leq 1/4 \times 3000 = 750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beff} &\leq b_w + 6 h_f \text{ kiri} + 6 h_f \text{ kanan} \\
 &\leq 150 + 0 \times 120 + 6 \times 120 = 870 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beff} &\leq b_w + 1/2 \text{ jarak bersih ke badan sebelahnya (} L_n \text{)} \\
 &\leq 150 + 1/2 \times 2925 = 1613 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_n &= h_w - h_f \\
 &= 300 - 120 \\
 &= 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beff} &\leq h_n \text{ kr} + b_w \\
 &\leq 180 + 150 \\
 &\leq 330 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

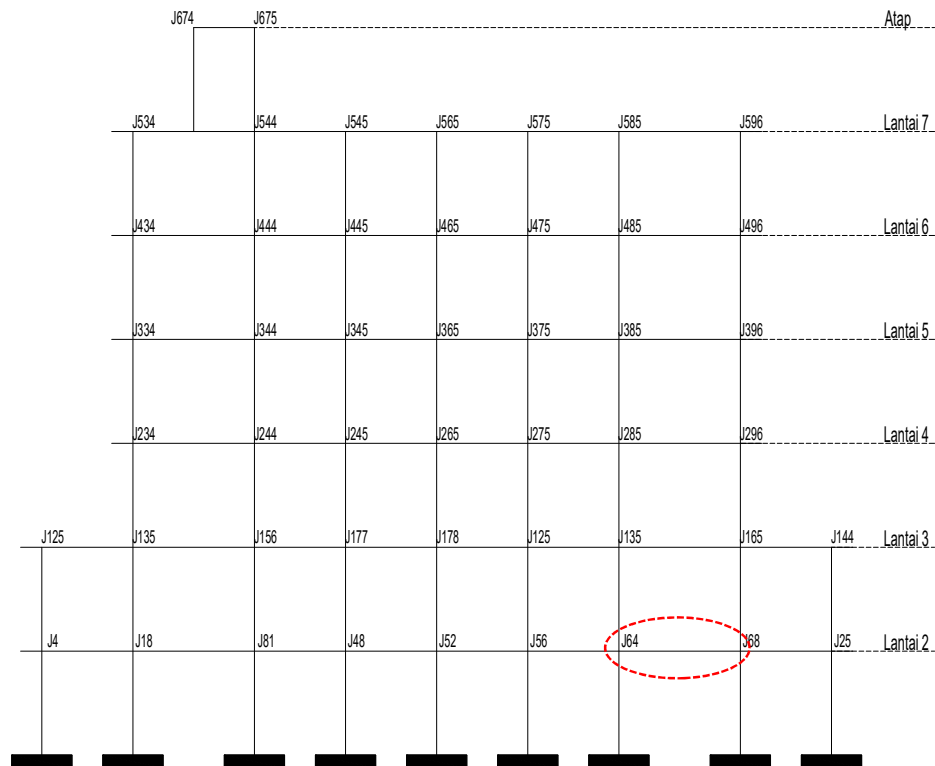
Maka dipakai yang terkecil = 330 mm

4.3 Penulangan Pada Balok

4.3.1 Penulangan Longitudinal Pada Balok Potongan Melintang Line 11

Data perencanaan balok (B44)

Tebal Pelat Lantai	=	120 mm
Tinggi Balok	=	550 mm
Lebar Balok	=	300 mm
Dia. Tul. Utama	=	16 mm
Tebal Selimut	=	40 mm
Dia. Tul plat	=	8 mm
Mutu Beton	=	30 MPa → $\beta_1 = 0,85$
Mutu Tul. Tarik	=	390 MPa
Dia. Tul. Sengkang	=	10 mm
Mutu Tul. Sengkang	=	240 MPa
Lebar efektif(Beff)	=	730 mm
Panjang Bentang	=	8000 mm



Gambar 4.8 Portal Dan Letak Balok (B44) Yang Direncanakan

Penulangan Lentur Balok T

$d' =$ Tebal Sel. Beton + diameter sengkang + $\frac{1}{2}$ diameter tul. Tarik

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 16 = 58 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 550 - 58$$

$$= 492 \text{ mm}$$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25}{f_y} b_w d = \frac{0,25}{390} \times 300 \times 492 = 518,230 \text{ mm}^2$$

dan

$$As_{\min} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 300 \times 492}{390} = 529,846 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan minimal 2 16 ($As = 401,92 \text{ mm}^2 < 518,2298 \text{ mm}^2$)
($As = 401,92 \text{ mm}^2 < 529,846 \text{ mm}^2$)

A. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned} Mu^- &= 164,867 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3}) \\ &= 164867000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu^+ &= 82,434 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3}) \\ &= 82434000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 8 D 16 ($As = 1607,68 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 4 D 16 ($As' = 803,84 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($As_{\text{plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } As_{\text{plat}} = 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok atas}} = 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok bawah}} = 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok}} = 1607,68 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{Tarik}} = 1858,88 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } As' = 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 20 + \frac{1}{2} \times 8 = 24 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 16 = 58,0 \text{ mm}$$

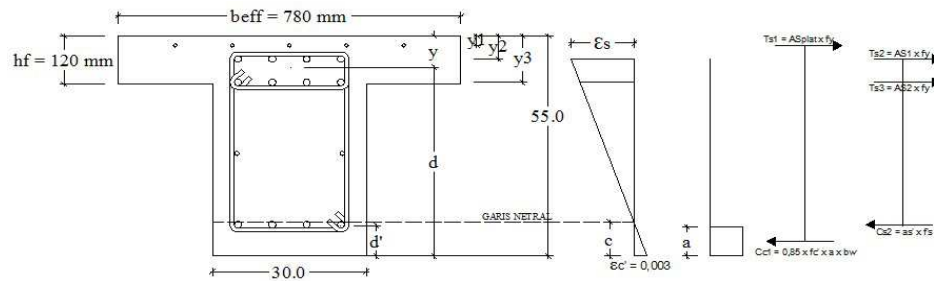
$$y_3 = y_2 + 10 + 40 + 1/2 \cdot 16 = 116,0 \text{ mm}$$

$$y = \frac{As_{\text{plat}} \cdot y_1 + As_1 \text{ Balok} \cdot y_2 + As_2 \text{ Balok} \cdot y_3}{As_3 \text{ Tarik}}$$

$$= \frac{251,2 \cdot 24 + 803,8 \cdot 58 + 803,8 \cdot 116,0}{1858,88} = 78,49 \text{ mm}$$

$$d = 550 - 78,49 = 471,514 \text{ mm}$$

$$d' = 78,49 \text{ mm}$$



Gambar 4.9 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 300) \cdot c^2 + (600 \cdot 803,84 - 251,2 \cdot 240 - 1607,68 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 803,84 \cdot 78,49 = 0$$

$$6502,50 \cdot c^2 - 204979,2 \cdot c - 37854346,4 = 0$$

$$c = 93,67135 \text{ mm} > d' = 78,49 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 93,671 = 79,621 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{93,671 - 78,49}{93,671} \times 0,003 = 0,00049$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{471,514 - 93,67}{93,671} \times 0,003 = 0,01210$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_{s'}$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$f_s = \epsilon_{s'} \times E_s$$

$$= 0,00049 \times 200000$$

$$= 97,26 < 390 \text{ Mpa} \text{OK}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$C_{c1} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 30 \times 79,62 \times 300$$

$$= 609097,9 \text{ N}$$

$$C_{s2} = A_{s'} \times f_s$$

$$= 803,84 \times 97,26$$

$$= 78185,26 \text{ N}$$

$$T_{s1} = A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}}$$

$$= 251,2 \times 240$$

$$= 60288 \text{ N}$$

$$T_{s2} = A_{s1_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$= 803,84 \times 300$$

$$= 241152 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s3} &= A_{s2_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 803,84 \times 300 \\
 &= 241152 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned}
 T_s &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 &= 60288 + 241152 + 241152 \\
 &= 542592 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 609097,9 + 78185,26 &= 60288 + 241152 + 241152 \\
 687283,2 &= 542592
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= d - a/2 \\
 &= 471,5 - \frac{79,62}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 431,703 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= d - d' \\
 &= 471,5 - 78,49 \\
 &= 393,027 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (C_{c1} \cdot Z_1) + (C_{s2} \cdot Z_2) \\
 &= 609097,9 \times 431,703 + 78185,26 \times 393,027 \\
 &= 293678444,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \times M_n \\
 &= 0,8 \times 293678444,4 \\
 &= 234942755,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$234942755,5 \text{ Nmm} > 164867000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 8D 16 ($A_{s'} = 1607,68 \text{ mm}^2$)

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4D 16 ($A_s = 803,84 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($A_{s \text{ plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } A_{s \text{ plat}} &= 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ tul. atas}} &= 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ tul. bawah}} &= 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 1858,88 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{s \text{ balok}} = 1607,68 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik } A_s &= 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2 \\ y_1 &= 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm} \\ y_2 &= 40 + 10 + 1/2 \times 16 = 58 \text{ mm} \\ y_3 &= y_2 + 10 + 40 + 1/2 \times 16 = 116,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{A_{s \text{ plat}} \times y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \times y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \times y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}} \\ &= \frac{251,2 \times 24 + 803,8 \times 58 + 803,8 \times 116,0}{1858,88} = 78,49 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = 550 - 78,49 = 471,5135 \text{ mm}$$

$$d' = 78,49 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_{s'} \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

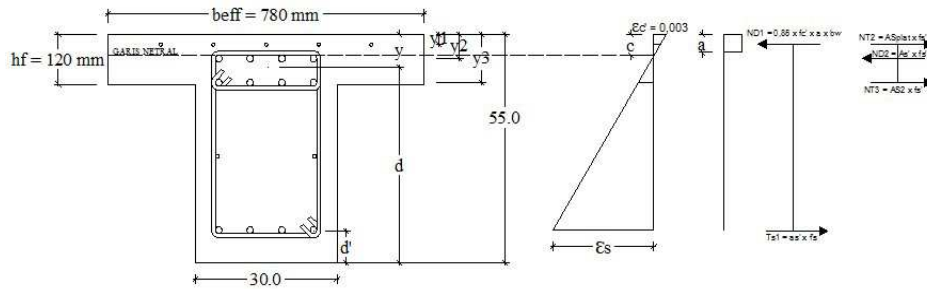
$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$\begin{aligned}
(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' &= 0 \\
(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 300) c^2 + (600 \cdot 803,84 - 1858,88 \cdot 390) c & \\
- 600 \cdot 1858,88 \cdot 803,84 &= 0 \\
8453,25 c^2 + 801830,4 c - 37854346,4 &= 0 \\
c = 34,594 \text{ mm} < d' = 78,5 \text{ mm} &\dots\dots\dots \text{TDK OK}
\end{aligned}$$

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus dihitung ulang.



Gambar 4.10 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + A_{s_{plat}'} \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + A_{s_{plat}'} \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}'} - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 730) c^2 + (600 \cdot 1858,88 - 803,84 \cdot 390 - 251,2 \cdot 390) c$$

$$- 600 \cdot 251,2 \cdot 24$$

$$15822,75 c^2 - 789772,8 - 3617280 = 0$$

$$c = 54,14 \text{ mm} > y_1 = 24,0 \text{ mm}$$

$$< d' = 78,5 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta \cdot c \\
 &= 0,85 \times 54,14 = 46,016 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \epsilon_s' \cdot E_s \\
 &= \frac{(c - y_l)}{c} \times \epsilon_c \times E_s \\
 &= \frac{54,14 - 24,0}{54,14} \times 0,003 \times 200000 = 334,01 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_{c_1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 46,02 \times 730 \\
 &= 856590,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c_2} &= A_{s'plat} \times f_s \\
 &= 251,20 \times 334,01 \\
 &= 83902,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan :

$$\begin{aligned}
 C_c &= C_{c_1} + C_{c_2} \\
 &= 856590,4 + 83902,4 \\
 &= 940492,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_1} &= A_{s1} \times f_y \\
 &= 803,84 \times 390 \\
 &= 313497,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_2} &= A_{s2} \times f_y \\
 &= 803,84 \times 390 \\
 &= 313497,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_3} &= A_{s'} \times f_y \\
 &= 803,84 \times 390 \\
 &= 313497,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
856590,4 + 83902,4 &= 313497,6 + 313497,6 + 313497,6 \\
940492,8 &= 940492,8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - a/2 \\
&= 471,5 - \frac{46,02}{2} \\
&= 448,5054 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 78,5 - 24,00 \\
&= 54,49 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_3 &= y_3 - d' \\
&= 116,0 - 78,49 \\
&= 37,51 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (T_{s1} \cdot Z_1) + (T_{s2} \cdot Z_2) + (T_{s3} \cdot Z_3) \\
&= 313497,6 \times 448,505 + 313497,6 \times 54,486 + 313497,6 \times 37,51 \\
&= 169447159,7 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \phi \times M_n \\
&= 0,8 \times 169447159,7 \\
&= 135557727,8 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_n &> M_u \\
135557727,8 \text{ Nmm} &> 82434000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

B. Perhitungan Penulangan Lapangan

$$M_u^+ = 159,366 \text{ kNmm} = 159366000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan
3 D 16 ($A_s' = 603,429 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik
6 D 16 ($A_s = 1206,86 \text{ mm}^2$)

Analisa Momen Positif

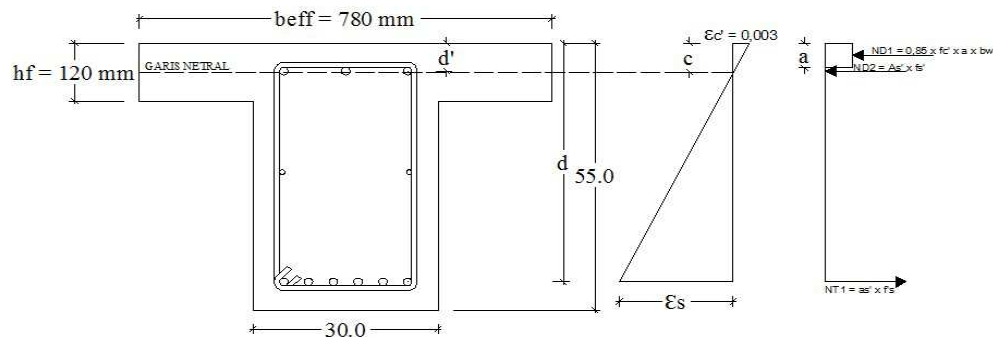
$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 3 \text{ D } 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 \text{ D } 16 = 1206,86 \text{ mm}^2$$

$$y/d' = p + \varnothing \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \varnothing \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 16 = 58 \text{ mm}$$

$$d = 550 - 58,0 = 492 \text{ mm}$$



Gambar 4.11 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif

lapangan yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral $> y$, maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - y)}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w) + A_s' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w) \cdot c + A_s' \cdot (c - y) \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai : $a = \beta \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b_w) \cdot c + A_s' \cdot (c - y_2) \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot b_w) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot b_w) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot y = 0$$

$$\left[0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \right] c^2 + \left[600 \times 603,4 - 1207 \times 390 \right] c$$

$$- \left[600 \times 603,4 \times 58,0 \right] = 0$$

$$6502,5 \quad c^2 + -108617,1 \quad c - 20999314,29 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{108617,14 + \sqrt{-108617,1^2 - 4 \times 6502,5 \times 20999314,29}}{2 \times 6502,5}$$

$$= \frac{108617,14 + 746987,18}{13005} = 65,7904 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,85 \times 65,79$$

$$= 55,92 \text{ mm}$$

dihitung nilai - nilai :

$$f_s' = \frac{c - y_1}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{65,79 - 58,0}{65,79} \times 0,003 \times 200000 = 71,05 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}ND1 &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 55,92 \cdot 300 \\ &= 427802,16 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}NT1 &= A_s \cdot f_y \\ &= 1206,86 \cdot 390 \\ &= 470674,29 \text{ N}\end{aligned}$$

$$ND1+ND2 = NT1$$

$$\begin{aligned}427802,2 + 42872,124 &= 470674,29 \\ 470674,3 &= 470674,3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= NT1 \cdot Z \\ &= 470674,29 \cdot 464,039 \\ &= 218411259,88 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_r &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 218411259,88\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &> M_u^+ \\ &= 196570133,89 \text{ Nmm} > M_u^+ = 159366000 \text{ Nmm} \dots \mathbf{Aman}\end{aligned}$$

C. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned} \mu^- &= 156,127 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3}) \\ &= 156127000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu^+ &= 78,063 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3}) \\ &= 78063000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 8 D 16 ($A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 4 D 16 ($A_s' = 803,84 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($A_{s \text{ plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } A_{s \text{ plat}} = 5 \text{ } \emptyset \text{ 8} = 251,20 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ balok atas}} = 4 \text{ D 16} = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ balok}} = 1607,68 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ balok bawah}} = 4 \text{ D 16} = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ Tarik}} = 1858,88 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' \quad 4 \text{ D 16} = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 10 + 1/2 \times 16 = 58,0 \text{ mm}$$

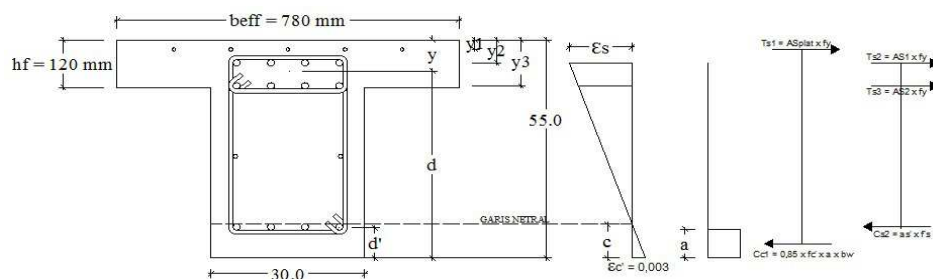
$$y_3 = y_2 + 10 + 40 + 1/2 \times 16 = 116,0 \text{ mm}$$

$$y = \frac{A_{s \text{ plat}} \times y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \times y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \times y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}}$$

$$= \frac{251,20 \times 24 + 803,8 \times 58 + 803,8 \times 116,0}{1858,88} = 28,32 \text{ mm}$$

$$d = 550 - 28,32 = 521,6757 \text{ mm}$$

$$d' = 28,32 \text{ mm}$$



Gambar 4.12 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600A_s' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 300) \cdot c^2 + (600 \cdot 803,84 - 251,2 \cdot 240 - 1607,68 \cdot 390) \cdot c$$

$$- 600 \cdot 803,84 \cdot 28,3243243243 = 0$$

$$6502,50 \cdot c^2 - 204979,2 \cdot c - 13660934,9 = 0$$

$$c = 64,23116 \text{ mm} > d' = 28,32 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \times 64,231 = 54,596 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{64,231 - 28,32}{64,231} \times 0,003 = 0,00168$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{521,676 - 64,23}{64,231} \times 0,003 = 0,02137$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned}
f_s &= \varepsilon_s' \times E_s \\
&= 0,00168 \times 200000 \\
&= 335,42 < 390 \text{ Mpa} \quad \text{.....OK}
\end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
C_{c1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
&= 0,85 \times 30 \times 54,6 \times 300 \\
&= 417663,1 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{s2} &= A_{s'} \times f_s \\
&= 803,84 \times 335,42 \\
&= 269620,1 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s1} &= A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}} \\
&= 251,2 \times 240 \\
&= 60288 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s2} &= A_{s1_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
&= 803,84 \times 300 \\
&= 241152 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s3} &= A_{s2_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
&= 803,84 \times 300 \\
&= 241152 \text{ N}
\end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned}
T_s &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
&= 60288 + 241152 + 241152 \\
&= 542592 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
417663,1 + 269620,1 &= 60288 + 241152 + 241152 \\
687283,2 &= 542592
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z1 &= d - a/2 \\
&= 521,7 - \frac{54,6}{2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 494,377 \text{ mm} \\
Z2 &= d - d' \\
&= 521,7 - 28,32 \\
&= 493,351 \text{ mm} \\
Mn &= (Cc_1 \cdot Z_1) + (Cs_2 \cdot Z_2) \\
&= 417663,1 \times 494,377 + 269620,1 \times 493,351 \\
&= 339500651,8 \text{ Nmm} \\
Mr &= \phi \times Mn \\
&= 0,8 \times 339500651,8 \\
&= 271600521,4 \text{ Nmm} \\
\phi Mn &> Mu \\
271600521,4 \text{ Nmm} &> 156127000 \text{ Nmm} \quad (\mathbf{Aman})
\end{aligned}$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 8D 16 ($As' = 1607,68 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4D 16 ($As = 803,84 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($As_{\text{plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
\text{Tulangan tekan } As_{\text{plat}} &= 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2 \\
As_{\text{tul. atas}} &= 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2 \\
As_{\text{tul. bawah}} &= 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2 \quad As_{\text{balok}} = 1607,68 \text{ mm}^2 \\
As' &= 1858,88 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tulangan tarik } As &= 4 \text{ D } 16 = 803,84 \text{ mm}^2 \\
y1 &= 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm} \\
y2 &= 40 + 10 + 1/2 \times 16 = 58,0 \text{ mm} \\
y3 &= y2 + 10 + 40 + 1/2 \times 16 = 116,0 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$y = \frac{As_{\text{plat}} \cdot y1 + As1_{\text{Balok}} \cdot y2 + As2_{\text{Balok}} \cdot y3}{As3_{\text{Tarik}}}$$

$$= \frac{251,20 \times 24 + 803,84 \times 58 \times 803,8 \times 116,0}{1858,88} = 78,49 \text{ mm}$$

$$d = 550 - 78,49 = 471,5135 \text{ mm}$$

$$d' = 78,49 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral > d' maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

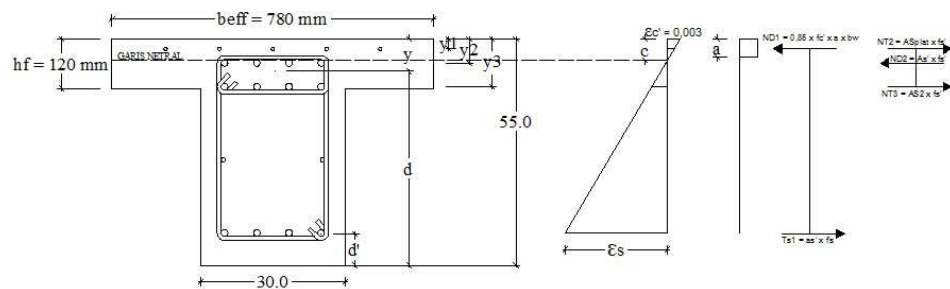
$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 300) c^2 + (600 \cdot 803,84 - 1858,88 \cdot 390) c$$

$$- 600 \cdot 1858,88 \cdot 803,84 = 0$$

$$8453,25 c^2 + 801830,4 c - 37854346,4 = 0$$

$$c = 34,594 \text{ mm} < d' = 78,5 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{ TDK OK}$$

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai harus dihitung ulang.



Gambar 4.13 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff} + A_{s_{plat}'} \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) + A_{s_{plat}'} \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}'} - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 730) c^2 + (600 \cdot 1858,88 - 803,84 \cdot 390 - 251,2 \cdot 390) c - 600 \cdot 251,2 \cdot 24$$

$$15822,75 c^2 - 789772,8 c - 3617280 = 0$$

$$c = 54,14 \text{ mm} > y_1 = 24,0 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$< d' = 78,5 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \times 54,14 = 46,016 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y_1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{54,14 - 24,0}{54,14} \times 0,003 \times 200000 = 334,01 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$C_{c1} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 46,02 \times 730$$

$$= 856590,4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
C_{c2} &= A_{s'plat} \times f_s \\
&= 251,20 \times 334,01 \\
&= 83902,4 \text{ N}
\end{aligned}$$

Resultan gaya tekan :

$$\begin{aligned}
C_c &= C_{c1} + C_{s2} \\
&= 856590,4 + 83902,4 \\
&= 940492,8 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s1} &= A_{s1} \times f_y \\
&= 803,84 \times 390 \\
&= 313497,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s2} &= A_{s2} \times f_y \\
&= 803,84 \times 390 \\
&= 313497,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s3} &= A_{s'} \times f_y \\
&= 803,84 \times 390 \\
&= 313497,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
856590,4 + 83902,4 &= 313497,6 + 313497,6 + 313497,6 \\
940492,8 &= 940492,8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - a/2 \\
&= 471,5 - \frac{46,02}{2} \\
&= 448,5054 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 78,5 - 24,00 \\
&= 54,49 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_3 &= y_3 - d' \\
&= 116,0 - 78,49 \\
&= 37,51 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (T_{s1} \cdot Z_1) + (T_{s2} \cdot Z_2) + (T_{s3} \cdot Z_3) \\
&= 313497,6 \times 448,505 + 313497,6 \times 54,486 + 313497,6 \times 37,51 \\
&= 169447159,7 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \phi \times M_n \\
&= 0,8 \times 169447159,7 \\
&= 135557727,8 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

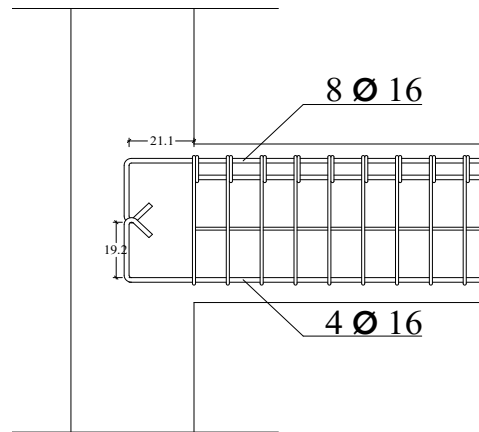
$$\begin{aligned}
\phi M_n &> M_u \\
135557727,8 \text{ Nmm} &> 78063000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

- Penyaluran kait standar

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.7.5, panjang penyaluran batang tulangan (l_{dh}), untuk ukuran batang tulangan \emptyset - 10 sampai D - 36 dengan kait 90° , tidak boleh kurang dari syarat-syarat berikut ini :

- $l_{dh} = 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} = 8db = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$
- $l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{390 \times 16}{5,4 \times \sqrt{30}} = 211 \text{ mm}$
- $12 \text{ db} = 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$

Dengan syarat minimum dari hasil perhitungan yang terbesar yaitu maka jika digunakan l_{dh} sepanjang 211 mm, sudah memenuhi syarat. Panjang bengkokan yang memenuhi syarat adalah sepanjang 12db dengan sudut bengkokan sebesar 90° .



Gambar 4.14 Detail Panjang penulangan kawat

4.3.2 Penulangan Geser Balok Pada Potongan Melintang Line 11 (B44)

- Menghitung Mpr (*Moment Probable Capacities*)

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok yang diperkuat mencapai $1,25 f_y$, dan faktor reduksi kuat lentur $\phi=1$.

- a) Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 804,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} \\ = 51,271709 \text{ mm}$$

$$Mpr^+ = 1,25 \times A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr^+ = 1,25 \times 804,57 \times 390,0 \left(492,00 - \frac{51,27}{2} \right) \times 10^{-6} \\ = 182,921 \text{ kN-m}$$

Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 804,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 51,27 \text{ mm}$$

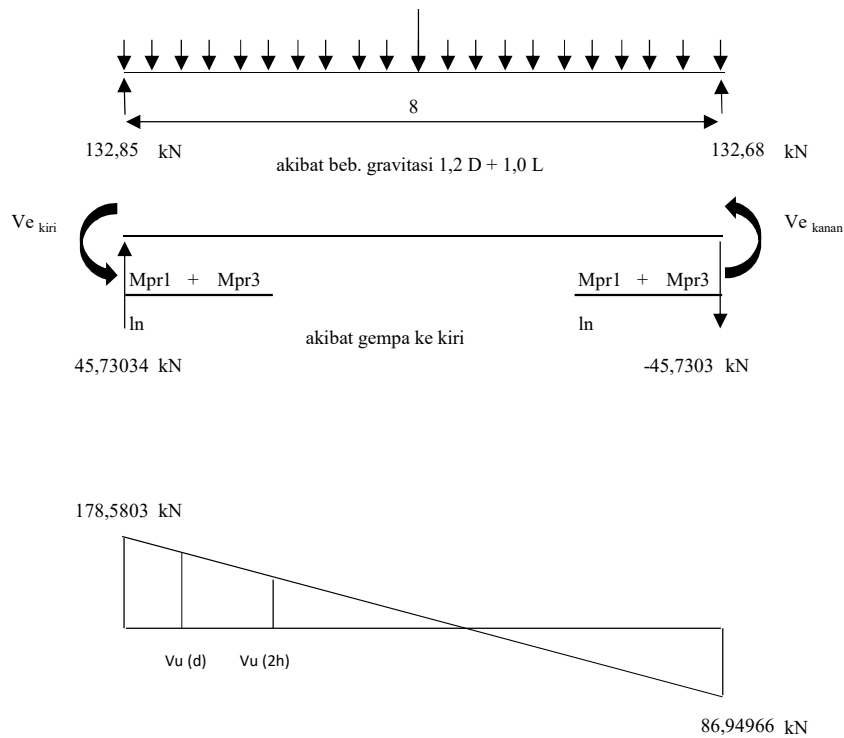
$$Mpr^- = 1,25 \times A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr^- = 1,25 \times 804,57 \times 390,0 \left(492,00 - \frac{51,27}{2} \right) \times 10^{-6} \\ = 182,921 \text{ kN-m}$$

- b). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 3 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 804,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 300} = 51,27 \text{ mm}$$



Gambar 4.15 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri

- Akibat Gempa ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kiri}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} + \left(\frac{M_{pr_1} + M_{pr_3}}{l_n} \right) \\
 &= 132,85 + \left(\frac{182,92 + 182,92}{8} \right) \\
 &= 178,58 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kanan}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} - \left(\frac{M_{pr_1} + M_{pr_3}}{l_n} \right) \\
 &= 132,68 - \left(\frac{182,92 + 182,92}{8} \right) \\
 &= 86,9497 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$= 132,85 + \left(\frac{182,92 + 182,92}{8} \right)$$

$$= 178,58 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ kiri}} = V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}}$$

$$= V_{\text{gravitasi}} + \left(\frac{M_{pr \ 2} + M_{pr \ 4}}{l_n} \right)$$

$$= 132,85 + \left(\frac{182,92 + 182,92}{8} \right)$$

$$= 87,1197 \text{ kN}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 358)**

$$V_u(d) = 178,58 - \left(\frac{4000 - 492}{4000} \right)$$

$$= 178,58 - 0,877$$

$$= 177,70 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja (akibat Mpr) > 0.5 total geser

(akibat Mpr + beban grafitasi)

b. gaya aksial tekan < Ag.fc/10

$$\text{cek : } M_{pr} = 45,73 < 0,5 \times 178,580 = 89,290$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 5,477 \times 300 \times 492$$

$$= 137434,544 \text{ N} = 137,434544 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{177,703}{0,75} - 137,434544 = 99,5032 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 2 kaki)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 492,00}{99,503} = 186,311 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

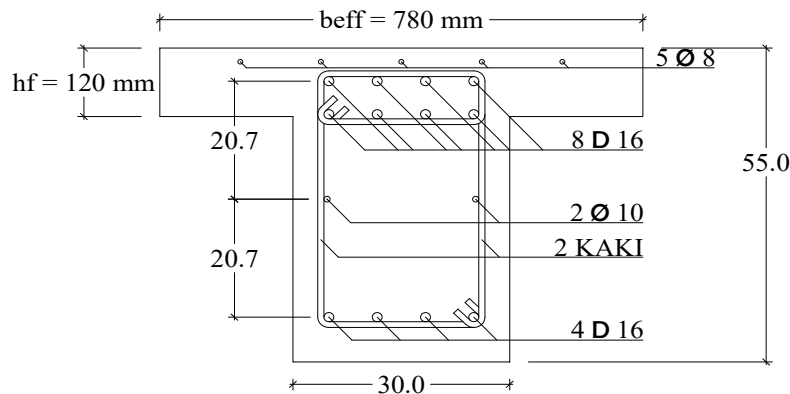
21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 550$

= 1100 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-\frac{d}{4} = \frac{492,0}{4} = 123$$

$$-\ 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$$

$$-\ 120 \text{ mm}$$



Gambar 4.17 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kanan

Jadi dipakai sengkang $\text{Ø } 10 - 110 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 492,0 \times 10^{-3}}{110}$$

$$= 168,686 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 137,43 + 168,69$$

$$= 306,12 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 306,12$$

$$= 229,59 \text{ kN} > V_u(d) = 177,7 \text{ kN} \text{ aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \times \sqrt{35} \times 300 \times 492,0 \times 10^{-3}$$

$$168,69 \text{ kN} < 576,32 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 358)**

$$V_u(2h) = 178,58 - \left(\frac{4000 - 1100}{4000} \right)$$

$$= 178,58 - 0,725$$

$$= 177,855 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \sqrt{35} \times 300 \times 492,0 \times 10^{-3}$$

$$= 148,45 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{177,86}{0,75} - 148,45 = 88,7 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ **10 2 kaki**)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 492,0 \times 10^{-3}}{88,694}$$

$$= 209,02 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{492,0}{2} = 246,0 \text{ mm}$$

- 250 mm

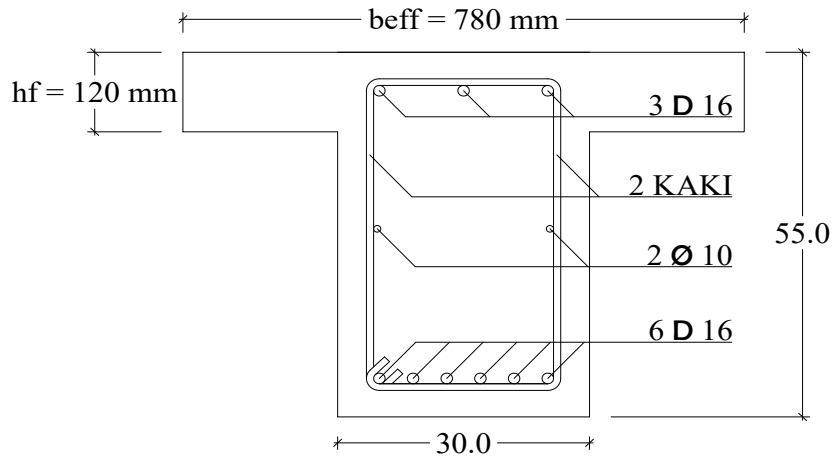
Jadi dipakai sengkang $\text{Ø } 10 - 145 \text{ mm}$

$$\text{terpasang } V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 492,0 \times 10^{-3}}{145}$$

$$= 127,852 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
 &= 148,446 + 127,852 \\
 &= 276,298 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
 &= 0,75 \times 276,298 \\
 &= 207,22 \text{ kN} > V_u(2h) = 177,86 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.18 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kanan

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{35} \times 300 \times 492,0 \times 10^{-3} \\
 127,852 \text{ kN} &< 288,160 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 360)**

$$\begin{aligned}
 V_u(d) &= 178,58 - \left[\frac{4000 - 492}{4000} \right] \\
 &= 178,58 - [0,8770] \\
 &= 177,70 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Vc = 0 apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

- Gaya geser akibat gempa saja (akibat Mpr) > 0.5 total geser (akibat Mpr + beban grafitasi)
- gaya aksial tekan < Ag.fc/10

$$\text{cek : } M_{pr} = 46 > 0,5 \times -87 = -43$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\ &= 0,17 \sqrt{30} \times 300 \times 492,0 \times 10^{-3} \\ &= 137434,544 \text{ N} = 137,434544 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{177,703}{0,75} - 137,434544 = 99,503 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 2 kaki)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 492}{99,503} = 186,311 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

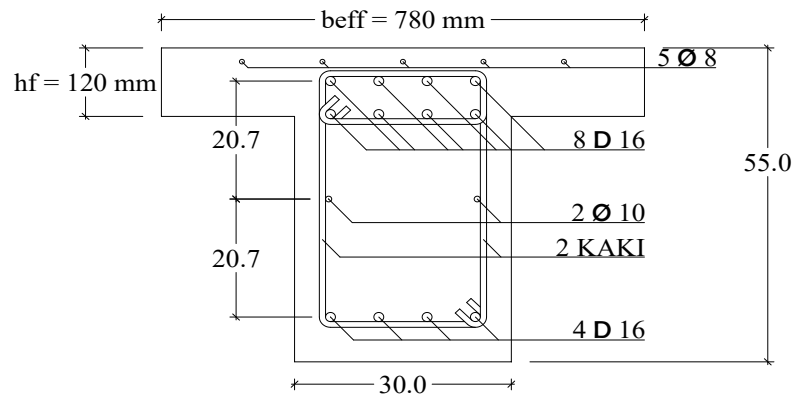
21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 550$

= 1100 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$- \frac{d}{4} = \frac{492,0}{4} = 123$$

$$- 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$



Gambar 4.19 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kiri

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 - 110 mm

$$\begin{aligned} \text{terpasang } V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 492,0 \times 10^{-3}}{110} \\ &= 168,686 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
&= 137,43 + 168,69 \\
&= 306,12 \text{ kN} \\
\phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
&= 0,75 \times 306,12 \\
&= 229,59 \text{ kN} > V_u(d) = 177,7 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
\end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

- $$\begin{aligned}
V_s \text{ maks} &\leq 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 492,0 \times 10^{-3} \\
168,69 \text{ kN} &< 533,57 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
\end{aligned}$$

Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 360)

$$\begin{aligned}
V_u(2h) &= 178,58 - \left[\frac{4000 - 1100}{4000} \right] \\
&= 178,58 - [0,725] \\
&= 177,855 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
&= 0,17 \sqrt{30} \times 300 \times 492,0 \times 10^{-3} \\
&= 137,43 \text{ kN}
\end{aligned}$$

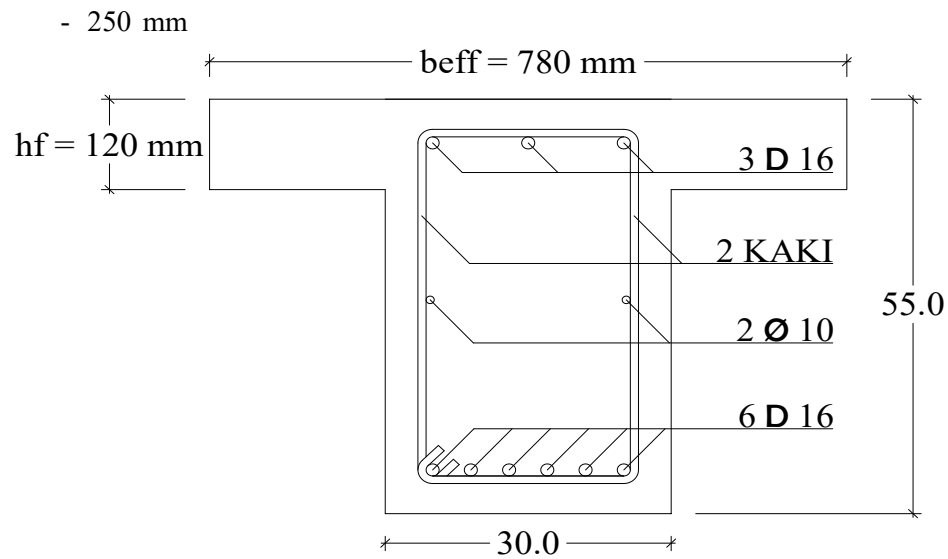
$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{177,86}{0,75} - 137,43 = 99,706 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ **10 2 kaki**)

$$\begin{aligned}
s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 492,0 \times 10^{-3}}{99,706} \\
&= 186,10 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{492,0}{2} = 246,0 \text{ mm}$$



Gambar 4.20 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kiri

Jadi dipakai sengkang $\text{Ø } 10 - 145 \text{ mm}$

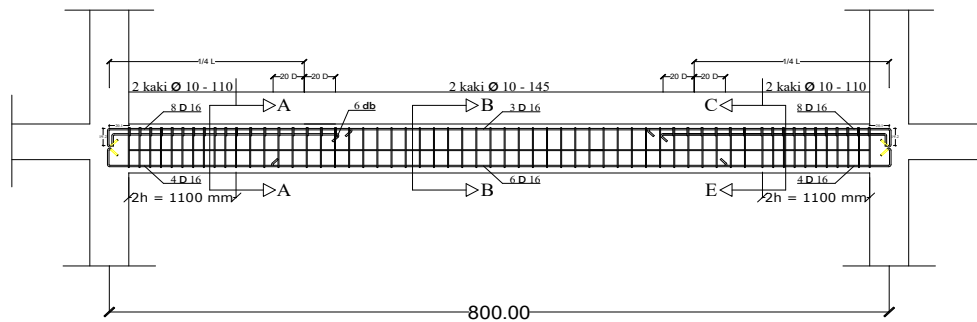
$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 492,0 \times 10^{-3}}{145} \\
 &= 127,968 \text{ kN} \\
 V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
 &= 137,435 + 127,968 \\
 &= 265,403 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
 &= 0,75 \times 265,403 \\
 &= 199,05 \text{ kN} > V_u(2h) = 177,86 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{30} \times 300 \times 492,0 \times 10^{-3} \\
 127,968 \text{ kN} &< 266,785 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut :

- Joint 19
 - Daerah sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 110 mm
 - Daerah luar sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 145 mm
- Joint 17
 - Daerah sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 110 mm
 - Daerah luar sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 145 mm



Gambar 4.21 Tulangan Sengkang Pada Balok

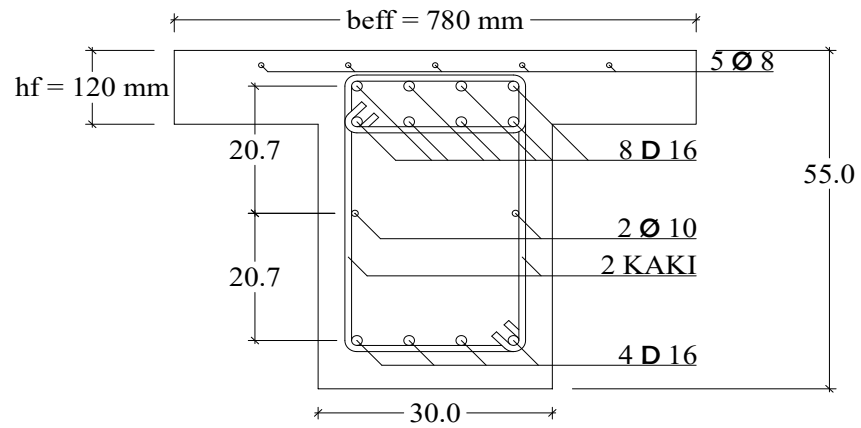
Penulangan Torsi

Pada balok tinggi, pemasangan tulangan torsi perlu dilakukan untuk menghindari puntir yang terjadi akibat besarnya beban gempa yang terjadi. Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.6, penulangan torsi harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Pada tiap sudut sengkang harus terdapat minimal 1 buah tulangan Longitudinal.
- Spasi maksimum antara tulangan longitudinal untuk torsi disekitar perimeter tulangan sengkang adalah 300 mm.
- Diameter tulangan harus diambil dari yang terbesar dari $0,042 \times$ spasi terbesar sengkang dan 10 mm.

Pada Analisa penulangan lentur balok, diketahui bentang bersih terdekat antara tulangan tarik dan tulangan tekan adalah 413,51 mm. Maka dari itu, untuk memenuhi persyaratan spasi maksimum sebesar 300 mm, maka tulangan longitudinal sebagai tulangan torsi. Sehingga jarak maksimum

antar diperlukan 1 tulangan longitudinal balok yang terjadi adalah sebesar 206,755 mm. Sedangkan untuk diameter tulangan, dengan spasi terbesar yang yaitu 145 mm, maka $0,042 \times 145 \text{ mm} = 6,09 \text{ mm}$, direncanakan digunakan $\varnothing 10$

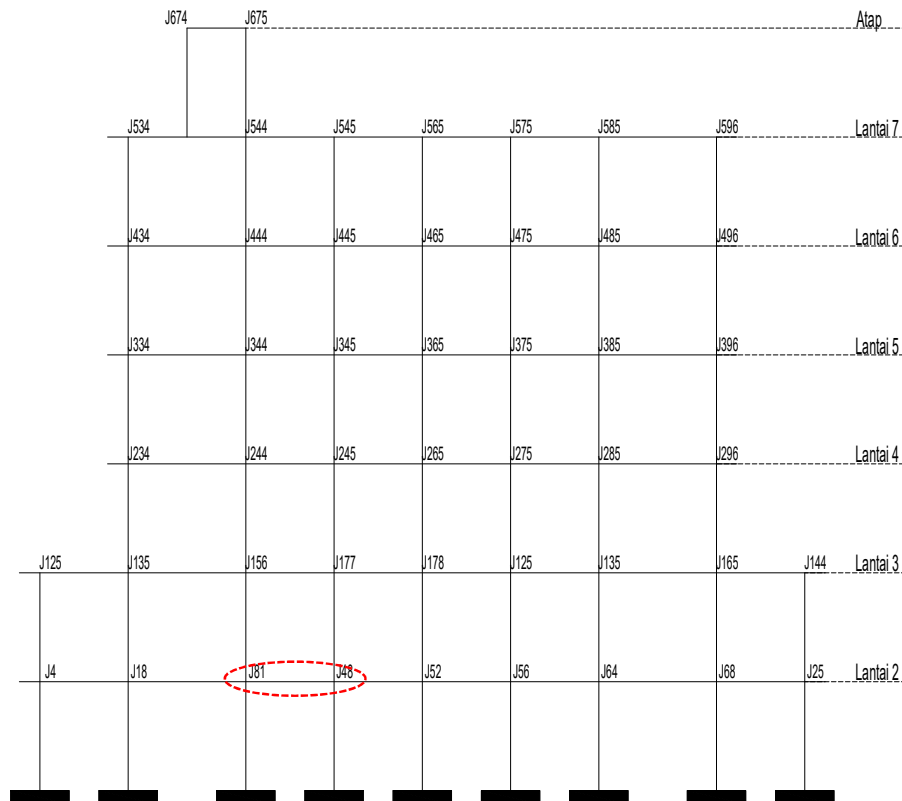


Gambar 4.22 Tulangan Torsi

4.3.3 Penulangan Longitudinal Pada Potongan Balok Melintang Line 11

Data perencanaan balok (B40)

Tebal Pelat Lantai	=	120 mm
Tinggi Balok	=	400 mm
Lebar Balok	=	200 mm
Dia. Tul. Utama	=	16 mm
Tebal Selimut	=	40 mm
Dia. Tul plat	=	8 mm
Mutu Beton	=	30 MPa → $\beta_1 = 0,85$
Mutu Tul. Tarik	=	390 MPa
Dia. Tul. Sengkang	=	13 mm
Mutu Tul. Sengkang	=	240 MPa
Lebar efektif(Beff)	=	480 mm
Panjang Bentang	=	6000 mm



Gambar 4.23 Portal Dan Letak Balok (B40) Yang Direncanakan

Penulangan Lentur Balok T

$d' =$ Tebal Sel. Beton + diameter sengkang + $\frac{1}{2}$ diameter tul. Tarik

$$= 40 + 13 + \frac{1}{2} \times 16 = 61 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 400 - 61$$

$$= 339 \text{ mm}$$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25}{f_y} b_w d = \frac{0,25}{390} \times 200 \times 339 = 238,049 \text{ mm}^2$$

dan

$$As_{\min} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 200 \times 339}{390} = 243,385 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan minimal 2 16 ($As = 401,92 \text{ mm}^2 > 238,0486 \text{ mm}^2$)
($As = 401,92 \text{ mm}^2 > 243,385 \text{ mm}^2$)

A. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$Mu^- = 112,864 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3})$$

$$= 112864000 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 56,432 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3})$$

$$= 56432000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 6 D 16 ($As = 1205,76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 16 ($As' = 602,88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($As_{\text{plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } As_{\text{plat}} = 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok atas}} = 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok bawah}} = 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok}} = 1205,76 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{Tarik}} = 1456,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } As' \quad 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 20 + \frac{1}{2} \times 8 = 24 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 13 + \frac{1}{2} \times 16 = 61 \text{ mm}$$

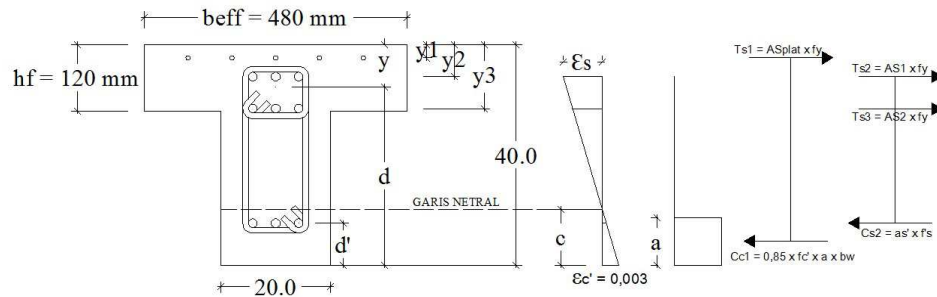
$$y_3 = y_2 + 13 + 40 + 1/2 \cdot 16 = 122 \text{ mm}$$

$$y = \frac{A_{s \text{ plat}} \cdot y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \cdot y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \cdot y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}}$$

$$= \frac{251,20 \cdot 24 + 602,88 \cdot 61 + 602,9 \cdot 122,0}{1456,96} = 79,86 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 79,86 = 320,1379 \text{ mm}$$

$$d' = 79,86 \text{ mm}$$



Gambar 4.24 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_{s'} \cdot x \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_{s'} - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 200) \cdot c^2 + (600 \cdot 602,88 - 251,2 \cdot 240 - 1205,76 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 602,88 \cdot 79,86 = 0$$

$$4335,00 \cdot c^2 - 168806,4 \cdot c - 28888346,5 = 0$$

$$c = 103,3931 \text{ mm} > d' = 79,86 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta \cdot c \\
 &= 0,85 \times 103,393 = 87,884 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{103,393 - 79,86}{103,393} \times 0,003 = 0,00068$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{320,138 - 103,4}{103,393} \times 0,003 = 0,00629$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_{s'}$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned}
 f_s &= \epsilon_{s'} \times E_s \\
 &= 0,00068 \times 200000 \\
 &= 136,55 < 390 \text{ Mpa} \dots\dots\text{OK}
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_{c1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \times 30 \times 87,88 \times 200 \\
 &= 448209,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{s2} &= A_{s'} \times f_s \\
 &= 602,88 \times 136,55 \\
 &= 82325,09 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s1} &= A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}} \\
 &= 251,2 \times 240 \\
 &= 60288 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s2} &= A_{s1_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 602,88 \times 200 \\
 &= 120576 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s3} &= A_{s2_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 602,88 \times 200 \\
 &= 120576 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned}
 T_s &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 &= 60288 + 120576 + 120576 \\
 &= 301440 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 448209,3 + 82325,09 &= 60288 + 120576 + 120576 \\
 530534,4 &= 301440
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= d - a/2 \\
 &= 320,1 - \frac{87,88}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 276,196 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= d - d' \\
 &= 320,1 - 79,86 \\
 &= 240,276 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (C_{c1} \cdot Z_1) + (C_{s2} \cdot Z_2) \\
 &= 448209,3 \times 276,196 + 82325,09 \times 240,276 \\
 &= 143574279,7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \times M_n \\
 &= 0,8 \times 143574279,7 \\
 &= 114859423,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$114859423,8 \text{ Nmm} > 112864000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 6D 16 ($A_s' = 1205,76 \text{ mm}^2$)

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 3 D 16 ($A_s = 602,88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($A_{s \text{ plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } A_{s \text{ plat}} &= 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ tul. atas}} &= 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ tul. bawah}} &= 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 1456,96 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{s \text{ balok}} = 1205,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s \quad 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 13 + 1/2 \times 16 = 61,0 \text{ mm}$$

$$y_3 = y_2 + 13 + 40 + 1/2 \times 16 = 122,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{A_{s \text{ plat}} \cdot y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \cdot y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \cdot y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}} \\ &= \frac{251,20 \times 24 + 602,88 \times 61 + 602,9 \times 122,0}{1456,96} = 79,86 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = 400 - 79,86 = 320,1379 \text{ mm}$$

$$d' = 79,86 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'}(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'}(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

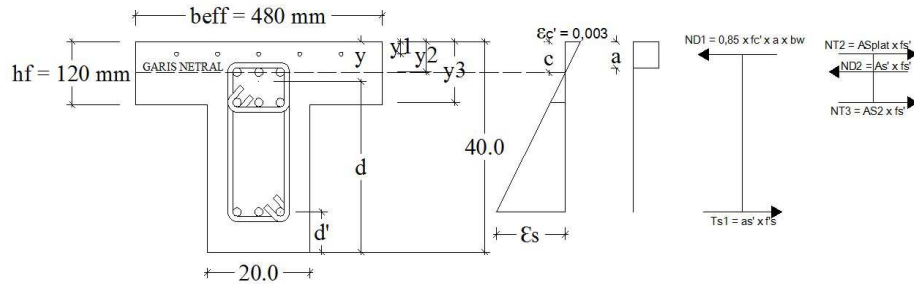
$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_{s'} - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 200)c^2 + (600 \cdot 602,88 - 1456,96 \cdot 390)c - 600 \cdot 1456,96 \cdot 602,88 = 0$$

$$8453,25 c^2 + 639052,8 c - 28888346,5 = 0$$

$$c = 31,815 \text{ mm} < d' = 79,9 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{TDK OK}$$

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus dihitung ulang.



Gambar 4.25 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri

Dimisalkan garis netral diantara $y1$ dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + A_{s_{plat}'} \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + A_{s_{plat}'} \cdot \frac{(c - y1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}'} - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 480)c^2 + (600 \cdot 1456,96 - 602,88 \cdot 390 - 251,2 \cdot 390)c - 600 \cdot 251,2 \cdot 24$$

$$10404 c^2 - 554649,6 c - 3617280 = 0$$

$$c = 59,19 \text{ mm} > y1 = 24,0 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$< d' = 79,9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta \cdot c \\
 &= 0,85 \times 59,19 = 50,308 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \epsilon_s' \cdot E_s \\
 &= \frac{(c - y_l)}{c} \times \epsilon_c \times E_s \\
 &= \frac{59,19 - 24,0}{59,19} \times 0,003 \times 200000 = 356,70 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_{c_1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 50,31 \times 480 \\
 &= 615767,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c_2} &= A_{s'plat} \times f_s \\
 &= 251,20 \times 356,70 \\
 &= 89602,45 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan :

$$\begin{aligned}
 C_c &= C_{c_1} + C_{c_2} \\
 &= 615767,2 + 89602,45 \\
 &= 705369,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_1} &= A_{s1} \times f_y \\
 &= 602,88 \times 390 \\
 &= 235123,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_2} &= A_{s2} \times f_y \\
 &= 602,88 \times 390 \\
 &= 235123,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_3} &= A_{s'} \times f_y \\
 &= 602,88 \times 390 \\
 &= 235123,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
615767,2 + 89602,45 &= 235123,2 + 235123,2 + 235123,2 \\
705369,6 &= 705369,6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - a/2 \\
&= 320,1 - \frac{50,31}{2} \\
&= 294,984 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 79,9 - 24,00 \\
&= 55,86 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_3 &= y_3 - d' \\
&= 122,0 - 79,86 \\
&= 42,14 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (T_{s1} \cdot Z_1) + (T_{s2} \cdot Z_2) + (T_{s3} \cdot Z_3) \\
&= 235123,2 \times 294,984 + 235123,2 \times 55,862 + 235123,2 \times 42,14 \\
&= 92399666 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \phi \times M_n \\
&= 0,8 \times 92399666 \\
&= 73919732,8 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_n &> M_u \\
73919732,8 \text{ Nmm} &> 56432000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

B. Perhitungan Penulangan Lapangan

$$M_u^+ = 69,173 \text{ kNm} = 69173000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan
3 D 16 ($A_s' = 603,429 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik
4 D 16 ($A_s = 804,571 \text{ mm}^2$)

Analisa Momen Positif

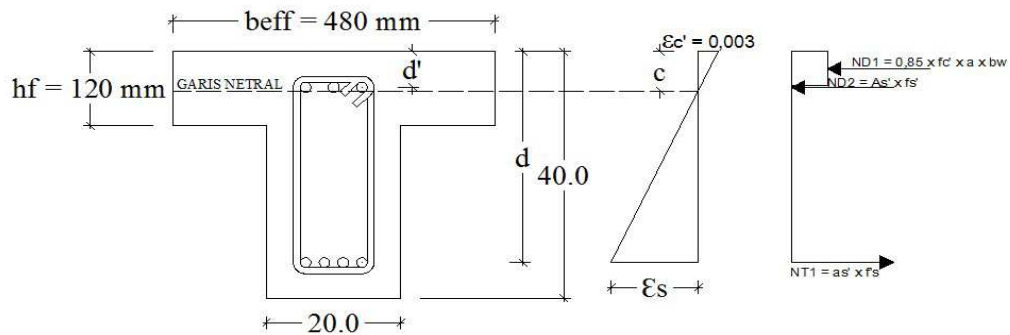
$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 3 \text{ D } 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 4 \text{ D } 16 = 804,571 \text{ mm}^2$$

$$y/d' = p + \varnothing \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \varnothing \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 13 + 1/2 \cdot 16 = 61 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 61,0 = 339 \text{ mm}$$



Gambar 4.26 Penampang Balok Dan Diagram Tegangan Momen Positif

Lapangan Yang Sudah Dihitung Ulang

Dimisalkan garis netral $> y$, maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - y)}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w) + A_s' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w) \cdot c + A_s'(c - y) \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai : $a = \beta \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b_w) \cdot c + A_s' \cdot (c - y_2) \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b_w) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot y = 0$$

$$\left[0,85 \times 30 \times 0,85 \times 200 \right] c^2 + \left[600 \times 603,4 - 804,6 \times 390 \right] c$$

$$- \left[600 \times 603,4 \times 61,0 \right] = 0$$

$$4335,0 \cdot c^2 + 48274,286 \cdot c - 22085485,71 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-48274,29 + \sqrt{48274,286^2 - 4 \times 4335 \times 22085485,71}}{2 \times 4335}$$

$$= \frac{-48274,29 + 620719,53}{8670} = 66,026 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,85 \times 66,03$$

$$= 56,12 \text{ mm}$$

dihitung nilai - nilai :

$$f_s' = \frac{c - y_1}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{66,03 - 61,0}{66,03} \times 0,003 \times 200000 = 45,67 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}ND1 &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 56,12 \cdot 200 \\ &= 286222,62 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}NT1 &= A_s \cdot f_y \\ &= 804,571 \cdot 390 \\ &= 313782,86 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ND2 &= A_s' \cdot f_s' \\ &= 603,429 \cdot 45,7 \\ &= 27560,237 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 339 - (1/2 \cdot 56,12) \\ &= 310,939 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ND1+ND2 &= NT1 \\ 286222,6 + 27560,237 &= 313782,86 \\ 313782,9 &= 313782,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= NT1 \cdot Z \\ &= 313782,86 \cdot 310,939 \\ &= 97567314,90 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_r &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 97567314,90\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &> M_u^+ \\ &= 87810583,41 \text{ Nmm} > M_u^+ = 69173000 \text{ Nmm} \dots \mathbf{Aman}\end{aligned}$$

C. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$Mu^- = 74,544 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3})$$

$$= 74544000 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 37,272 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3})$$

$$= 37272000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 6 D 16 ($A_s = 1205,76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 16 ($A_s' = 602,88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang b_{eff} 5 Ø 8 ($A_{s_{plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } A_{s_{plat}} = 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{balok\ atas}} = 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{balok}} = 1205,76 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{balok\ bawah}} = 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Tarik} = 1456,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' \quad 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 13 + 1/2 \times 16 = 61,0 \text{ mm}$$

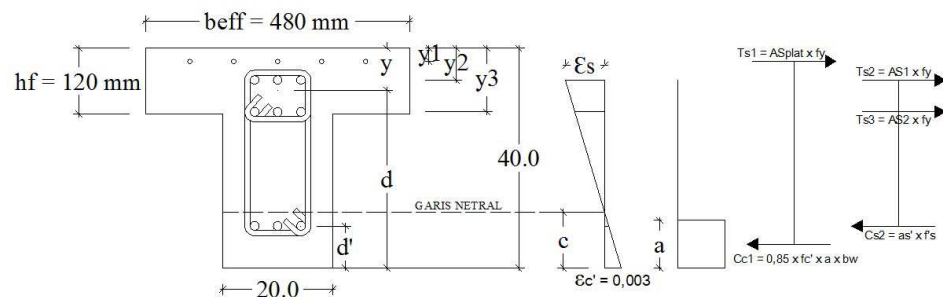
$$y_3 = y_2 + 13 + 40 + 1/2 \times 16 = 122,0 \text{ mm}$$

$$y = \frac{A_{s_{plat}} \times y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \times y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \times y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}}$$

$$= \frac{251,20 \times 24 + 602,88 \times 61 + 602,9 \times 122,0}{1456,96} = 79,86 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 79,86 = 320,1379 \text{ mm}$$

$$d' = 79,86 \text{ mm}$$



Gambar 4.27 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 200) c^2 + (600 \cdot 602,88 - 251,2 \cdot 240 - 1205,76 \cdot 390) c$$

$$- 600 \cdot 602,88 \cdot 79,8620689655172 = 0$$

$$4335,00 c^2 - 168806,4 c - 28888346,5 = 0$$

$$c = 103,3931 \text{ mm} > d' = 79,86 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \times 103,393 = 87,884 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{103,393 - 79,86}{103,393} \times 0,003 = 0,00068$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{320,138 - 103,4}{103,393} \times 0,003 = 0,00629$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned}
 f_s &= \varepsilon_s' \times E_s \\
 &= 0,00068 \times 200000 \\
 &= 136,55 < 390 \text{ Mpa} \quad \text{.....OK}
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_{c1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \times 30 \times 87,88 \times 200 \\
 &= 448209,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{s2} &= A_{s'} \times f_s \\
 &= 602,88 \times 136,55 \\
 &= 82325,09 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s1} &= A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}} \\
 &= 251,2 \times 240 \\
 &= 60288 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s2} &= A_{s1_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 602,88 \times 200 \\
 &= 120576 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s3} &= A_{s2_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 602,88 \times 200 \\
 &= 120576 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned}
 T_s &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 &= 60288 + 120576 + 120576 \\
 &= 301440 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 448209,3 + 82325,09 &= 60288 + 120576 + 120576 \\
 530534,4 &= 301440
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= d - a/2 \\
 &= 320,1 - \frac{87,88}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 276,196 \text{ mm} \\
Z2 &= d - d' \\
&= 320,1 - 79,86 \\
&= 240,276 \text{ mm} \\
Mn &= (Cc_1 \cdot Z_1) + (Cs_2 \cdot Z_2) \\
&= 448209,3 \times 276,196 + 82325,09 \times 240,276 \\
&= 143574279,7 \text{ Nmm} \\
Mr &= \phi \times Mn \\
&= 0,8 \times 143574279,7 \\
&= 114859423,8 \text{ Nmm} \\
\phi Mn &> Mu \\
114859423,8 \text{ Nmm} &> 74544000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 6D 16 ($As' = 1205,76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 3D 16 ($As = 602,88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($As_{\text{plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
\text{Tulangan tekan } As_{\text{plat}} &= 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2 \\
As_{\text{tul. atas}} &= 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2 \\
As_{\text{tul. bawah}} &= 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2 \quad As_{\text{balok}} = 1205,76 \text{ mm}^2 \\
As' &= 1456,96 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tulangan tarik } As &= 3 \text{ D } 16 = 602,88 \text{ mm}^2 \\
y1 &= 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm} \\
y2 &= 40 + 13 + 1/2 \times 16 = 61,0 \text{ mm} \\
y3 &= y2 + 13 + 40 + 1/2 \times 16 = 122,0 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$y = \frac{As_{\text{plat}} \cdot y1 + As1_{\text{Balok}} \cdot y2 + As2_{\text{Balok}} \cdot y3}{As3_{\text{Tarik}}}$$

$$= \frac{251,20 \times 24 + 602,9 \times 61 + 602,9 \times 122,0}{1456,96} = 79,86 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 79,86 = 320,1379 \text{ mm}$$

$$d' = 79,86 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

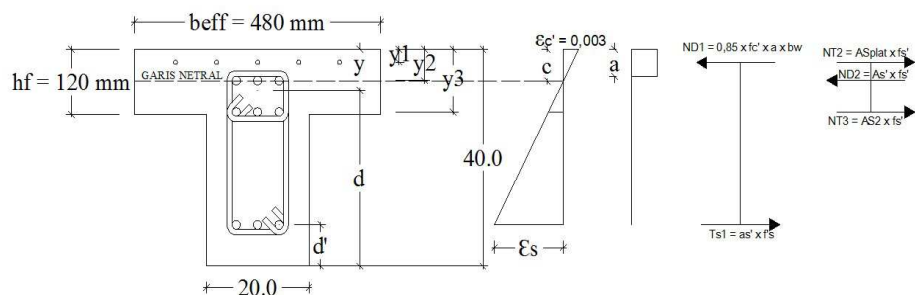
$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 200) c^2 + (600 \cdot 602,88 - 1456,96 \cdot 390) c$$

$$- 600 \cdot 1456,96 \cdot 602,88 = 0$$

$$8453,25 c^2 + 639052,8 c - 28888346,5 = 0$$

$$c = 31,815 \text{ mm} < d' = 79,9 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{TDK OK}$$

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus dihitung ulang.



Gambar 4.28 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff} + A_{s_{plat}}' \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) + A_{s_{plat}}' \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}}' - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 480)c^2 + (600 \cdot 1456,96 - 602,88 \cdot 390 - 251,2 \cdot 390)c - 600 \cdot 251,2 \cdot 24$$

$$10404 \cdot c^2 - 554649,6 \cdot c - 3617280 = 0$$

$$c = 59,19 \text{ mm} > y_1 = 24,0 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$< d' = 79,9 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \times 59,19 = 50,308 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y_1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{59,19 - 24,0}{59,19} \times 0,003 \times 200000 = 356,70 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$C_{c1} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 50,31 \times 480$$

$$= 615767,2 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
C_{c2} &= A_{s'plat} \times f_s \\
&= 251,20 \times 356,70 \\
&= 89602,45 \text{ N}
\end{aligned}$$

Resultan gaya tekan :

$$\begin{aligned}
C_c &= C_{c1} + C_{s2} \\
&= 615767,2 + 89602,45 \\
&= 705369,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s1} &= A_{s1} \times f_y \\
&= 602,88 \times 390 \\
&= 235123,2 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s2} &= A_{s2} \times f_y \\
&= 602,88 \times 390 \\
&= 235123,2 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s3} &= A_{s'} \times f_y \\
&= 602,88 \times 390 \\
&= 235123,2 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
615767,2 + 89602,45 &= 235123,2 + 235123,2 + 235123,2 \\
705369,6 &= 705369,6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - a/2 \\
&= 320,1 - \frac{50,31}{2} \\
&= 294,984 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 79,9 - 24,00 \\
&= 55,86 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_3 &= y_3 - d' \\
&= 122,0 - 79,86 \\
&= 42,14 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (T_{s1} \cdot Z_1) + (T_{s2} \cdot Z_2) + (T_{s3} \cdot Z_3) \\
&= 235123,2 \times 294,984 + 235123,2 \times 55,862 + 235123,2 \times 42,14 \\
&= 92399666 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \phi \times M_n \\
&= 0,8 \times 92399666 \\
&= 73919732,8 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

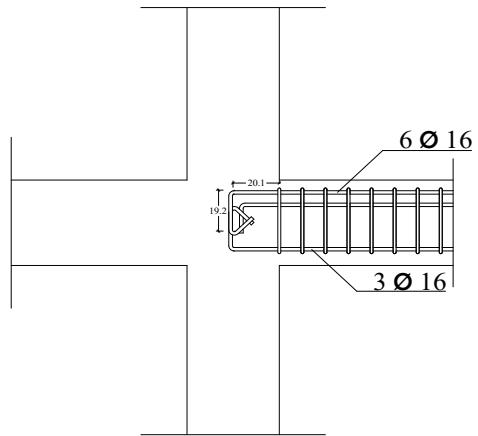
$$\begin{aligned}
\phi M_n &> M_u \\
73919732,8 \text{ Nmm} &> 37272000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

- Penyaluran kait standar

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.7.5, panjang penyaluran batang tulangan (l_{dh}), untuk ukuran batang tulangan \emptyset - 10 sampai D - 36 dengan kait 90° , tidak boleh kurang dari syarat-syarat berikut ini :

- $l_{dh} = 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} = 8d_b = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$
- $l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{390 \times 16}{5,4 \times \sqrt{30}} = 211 \text{ mm}$
- $12 d_b = 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$

Dengan syarat minimum dari hasil perhitungan yang terbesar yaitu maka jika digunakan l_{dh} sepanjang 211 mm, sudah memenuhi syarat. Panjang bengkokan yang memenuhi syarat adalah sepanjang 12db dengan sudut bengkokan sebesar 90° .



Gambar 4.29 Detail Panjang penulangan kait

4.3.4 Penulangan Geser Balok Pada Potongan Melintang Line 11 (B40)

- Menghitung M_{pr} (*Moment Probable Capacities*)

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok yang diperkuat mencapai $1,25 f_y$, dan faktor reduksi kuat lentur $\phi=1$.

- a) Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 1134,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 200} = 108,45168 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \times A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \times 1134,57 \times 390,0 \left(337,50 - \frac{108,5}{2} \right) \times 10^{-6} = 156,68 \text{ kN-m}$$

Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 1134,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 200} = 108,5 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \times A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \times 1134,57 \times 390,0 \left(337,50 - \frac{108,5}{2} \right) \times 10^{-6} = 156,68 \text{ kN-m}$$

- b). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 3 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 1134,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 200} = 108,5 \text{ mm}$$

$$Mpr^+ = 1,25 \times As' \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr^+ = 1,25 \times 1134,57 \times 390,0 \left(337,50 - \frac{108,5}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 156,68 \text{ kN-m}$$

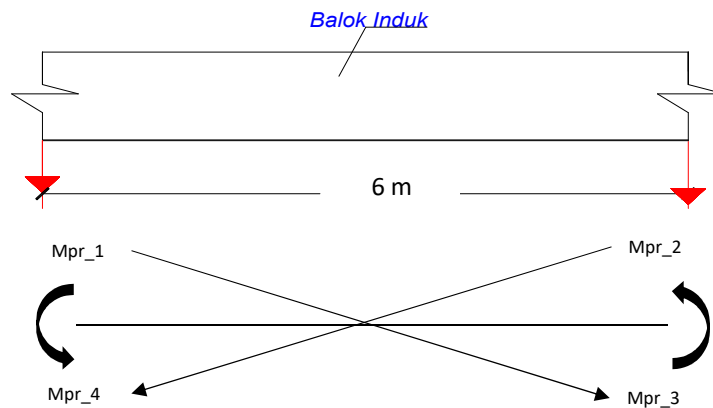
Kondisi 4 (Berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 1134,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 200} = 108,5 \text{ mm}$$

$$Mpr^- = 1,25 \times As' \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

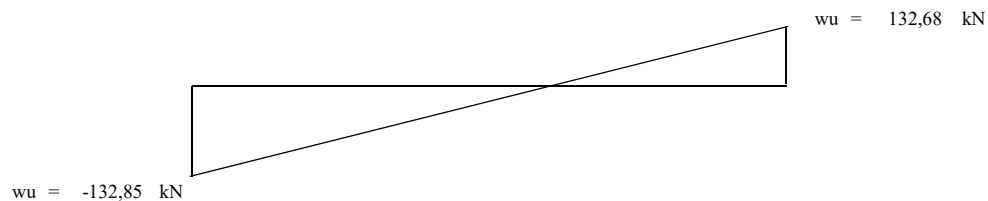
$$Mpr^- = 1,25 \times 1134,57 \times 390,0 \left(337,50 - \frac{108,5}{2} \right) \times 10^{-6}$$

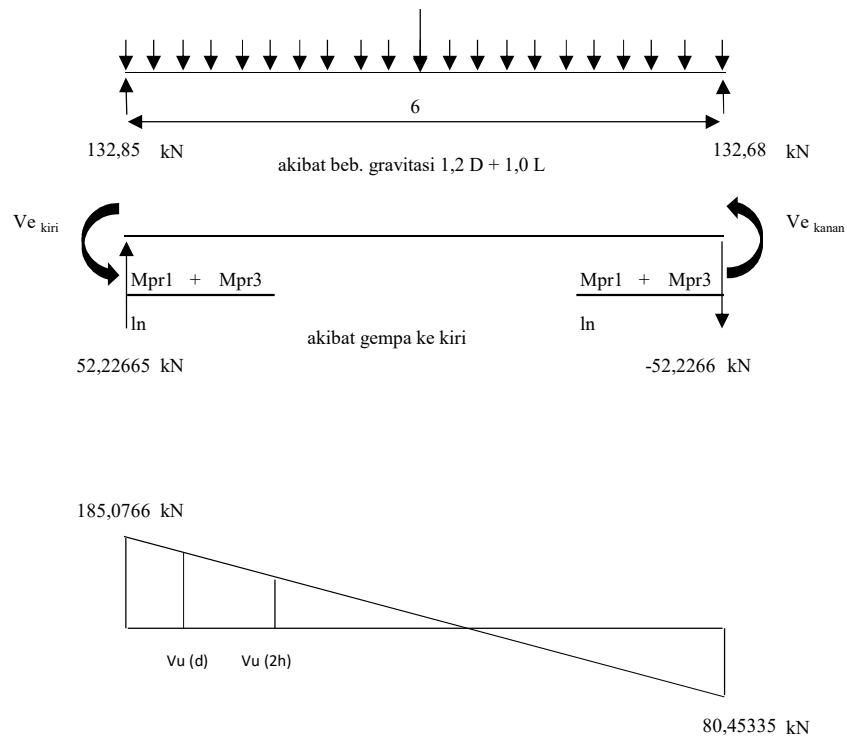
$$= 156,68 \text{ kN-m}$$



$$Mpr_1 = 156,68 \text{ kNm}$$

$$Mpr_3 = 156,68 \text{ kNm}$$





Gambar 4.30 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri

- Akibat Gempa ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kiri}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} + \left(\frac{M_{pr_1} + M_{pr_3}}{l_n} \right) \\
 &= 132,85 + \left(\frac{156,68 + 156,68}{6} \right) \\
 &= 185,08 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kanan}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} - \left(\frac{M_{pr_1} + M_{pr_3}}{l_n} \right) \\
 &= 132,68 - \left(\frac{156,68 + 156,68}{6} \right) \\
 &= 80,4534 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$= 132,85 + \left(\frac{156,68 + 156,68}{6} \right)$$

$$= 185,08 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ kiri}} = V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}}$$

$$= V_{\text{gravitasi}} + \left(\frac{M_{pr \ 2} + M_{pr \ 4}}{l_n} \right)$$

$$= -132,85 + \left(\frac{156,68 + 156,68}{6} \right)$$

$$= -185,08 \text{ kN}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 358)**

$$V_u(d) = 185,08 - \left(\frac{3000 - 338}{3000} \right)$$

$$= 185,08 - 0,888$$

$$= 184,19 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja (akibat Mpr) > 0.5 total geser
(akibat Mpr + beban gravitasi)

b. gaya aksial tekan < $A_g \cdot f_c / 10$

$$\text{cek : } M_{pr} = 52,23 < 0,5 \times 185,077 = 92,538$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 5,477 \times 200 \times 338$$

$$= 62851,163 \text{ N} = 62,851163 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{184,189}{0,75} - 62,851163 = 182,734 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 13 2 kaki)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 337,50}{182,734} = 117,612 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

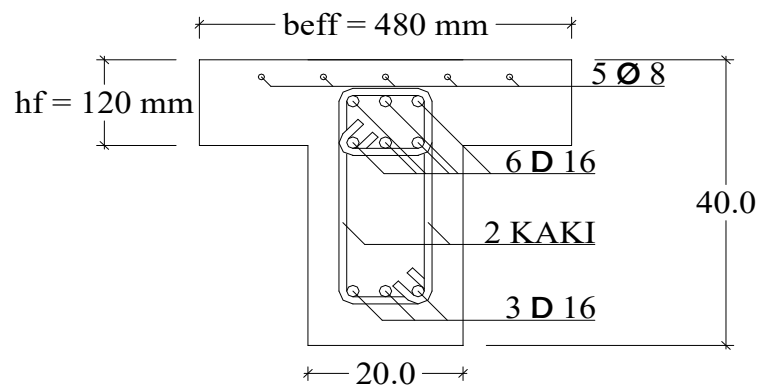
21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 400$

= 800 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-. \frac{d}{4} = \frac{337,5}{4} = 84,38$$

$$-. 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

$$-. 120 \text{ mm}$$



Gambar 4.32 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kanan

Jadi dipakai sengkang $\text{Ø } 13 - 100 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 337,5 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 215,113 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 62,85 + 215,11$$

$$= 277,96 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 277,96$$

$$= 208,47 \text{ kN} > V_u(d) = 184,2 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \times \sqrt{35} \times 200 \times 337,5 \times 10^{-3}$$

$$215,11 \text{ kN} < 263,56 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 358)**

$$V_u(2h) = 185,08 - \left(\frac{3000 - 800}{3000} \right)$$

$$= 185,077 - 0,73333$$

$$= 184,343 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \sqrt{35} \times 200 \times 337,5 \times 10^{-3}$$

$$= 67,89 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{184,34}{0,75} - 67,89 = 177,9 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ **13 2 kaki**)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 337,5 \times 10^{-3}}{177,904}$$

$$= 120,81 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{337,5}{2} = 168,8 \text{ mm}$$

- 250 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ **13 - 100 mm**

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 337,5 \times 10^{-3}}{100}$$

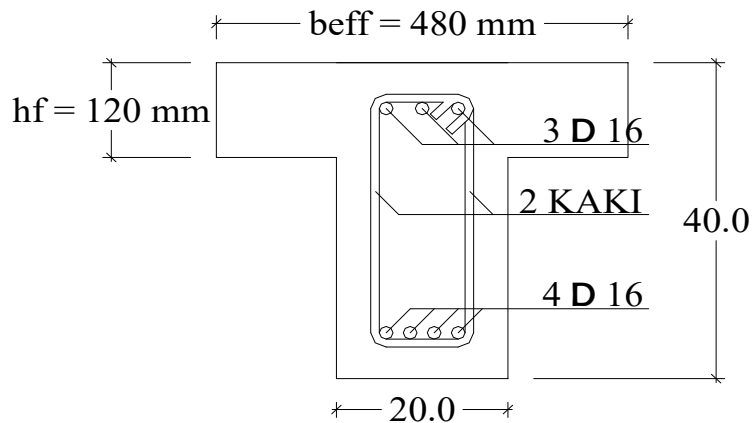
$$= 127,170 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 67,887 + 127,170$$

$$= 195,057 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
 &= 0,75 \times 195,057 \\
 &= 219,44 \text{ kN} > V_u(2h) = 184,34 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.33 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kanan

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \sqrt{35} \times 200 \times 337,5 \times 10^{-3}$$

$$127,170 \text{ kN} < 131,781 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 360)**

$$V_u(d) = 185,08 - \left[\frac{3000 - 338}{3000} \right]$$

$$= 185,08 - [0,8875]$$

$$= 184,19 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja (akibat M_{pr}) > 0.5 total geser (akibat M_{pr} + beban grafitasi)

b. gaya aksial tekan $< A_g \cdot f_c' / 10$

$$\text{cek : } M_{pr} = 52 > 0,5 \times -80 = -40$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \sqrt{30} \times 200 \times 337,5 \times 10^{-3}$$

$$= 62851,163 \quad N = 62,851163 \quad \text{kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{184,189}{0,75} - 62,851163 = 182,734 \quad \text{kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 13 2 kaki)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 338}{182,734} = 117,612 \quad \text{mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

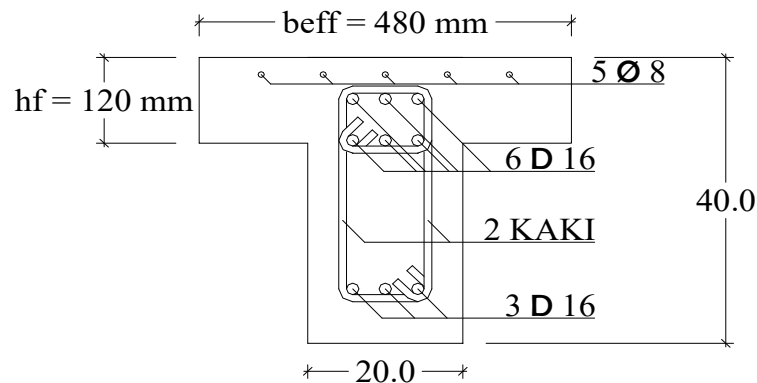
21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 400$

= 800 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-. \frac{d}{4} = \frac{337,5}{4} = 84,38$$

$$-. 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \quad \text{mm}$$

$$-. 150 \quad \text{mm}$$



Gambar 4.34 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kiri

Jadi dipakai sengkang ϕ 13 - 100 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 337,5 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 215,113 \quad \text{kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 62,85 + 215,11$$

$$= 277,96 \quad \text{kN}$$

$$\begin{aligned}
\phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
&= 0,75 \times 277,96 \\
&= 208,47 \text{ kN} > V_u(d) = 184,2 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
\end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$\begin{aligned}
V_s \text{ maks} &\leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \\
\bullet \quad V_s \text{ maks} &\leq 0,66 \times \sqrt{30} \times 200 \times 337,5 \times 10^{-3} \\
&215,11 \text{ kN} < 244,01 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
\end{aligned}$$

Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 360)

$$\begin{aligned}
V_u(2h) &= 185,08 - \left(\frac{3000 - 800}{3000} \right) \\
&= 185,077 - [0,73333] \\
&= 184,343 \text{ kN} \\
V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
&= 0,17 \sqrt{30} \times 200 \times 337,5 \times 10^{-3} \\
&= 62,85 \text{ kN} \\
V_s &= \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{184,34}{0,75} - 62,85 = 182,940 \text{ kN}
\end{aligned}$$

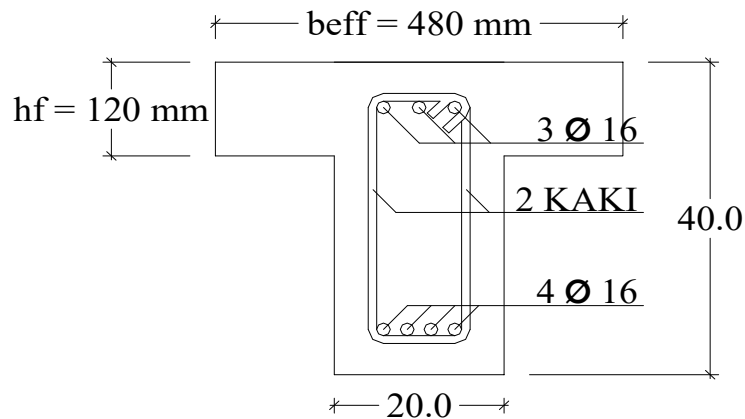
Direncanakan tulangan sengkang ϕ **13 2 kaki**)

$$\begin{aligned}
s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 337,5 \times 10^{-3}}{182,940} \\
&= 117,59 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{337,5}{2} = 168,8 \text{ mm}$$

- 250 mm



Gambar 4.35 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kiri

Jadi dipakai sengkang $\varnothing 13 - 100 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 337,5 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 215,113 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 62,851 + 215,113$$

$$= 277,964 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 277,964$$

$$= 208,47 \text{ kN} > V_u (2h) = 184,34 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \sqrt{30} \times 200 \times 337,5 \times 10^{-3}$$

$$215,113 \text{ kN} < 244,010 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut :

- Joint 19

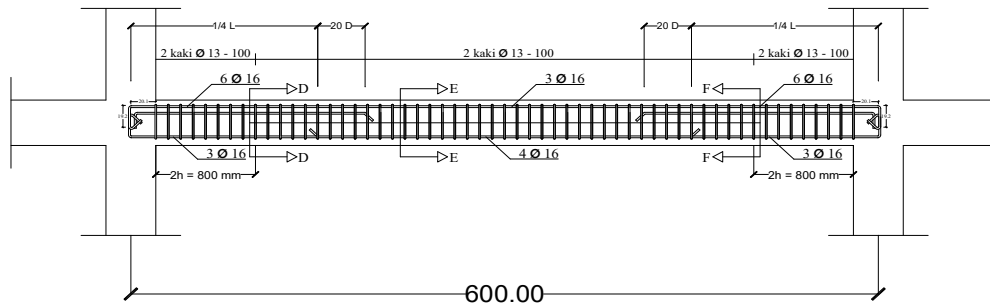
- Daerah sendi plastis = 2 kaki $\varnothing 13 - 100 \text{ mm}$

- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki $\varnothing 13 - 100 \text{ mm}$

- Joint 17

- Daerah sendi plastis = 2 kaki ϕ 13 - 100 mm

- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki ϕ 13 - 100 mm

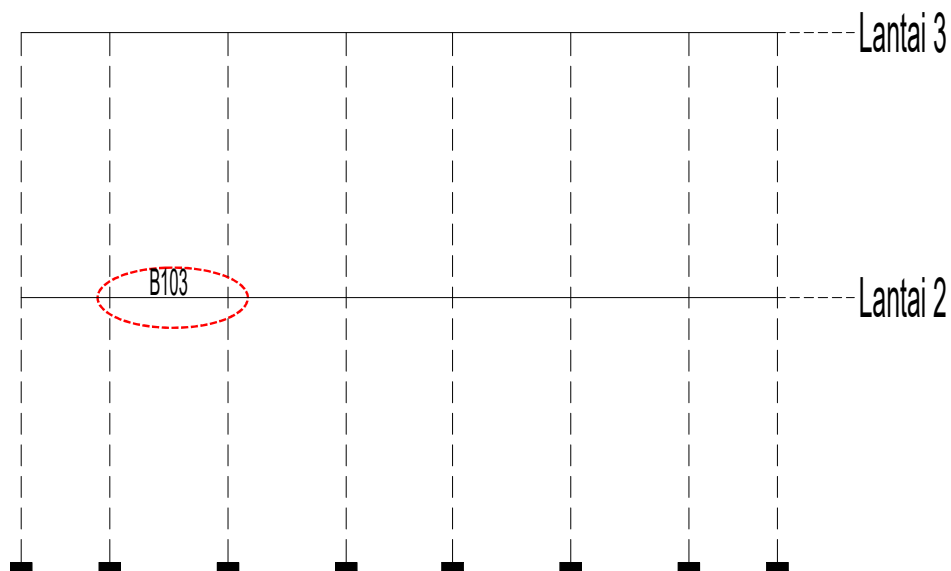


Gambar 4.36 Tulangan Sengkang Pada Balok

4.3.5 Penulangan Longitudinal Pada Potongan Balok Melintang Line D

Data perencanaan balok (B103)

Tebal Pelat Lantai	=	120 mm
Tinggi Balok	=	300 mm
Lebar Balok	=	150 mm
Dia. Tul. Utama	=	13 mm
Tebal Selimut	=	40 mm
Dia. Tul plat	=	8 mm
Mutu Beton	=	30 MPa → $\beta_1 = 0,85$
Mutu Tul. Tarik	=	390 MPa
Dia. Tul. Sengkang	=	8 mm
Mutu Tul. Sengkang	=	240 MPa
Lebar efektif(Beff)	=	330 mm
Panjang Bentang	=	4000 mm



Gambar 4.37 Portal Dan Letak Balok (B103) Yang Direncanakan

Penulangan Lentur Balok T

$d' =$ Tebal Sel. Beton + diameter sengkang + $\frac{1}{2}$ diameter tul. Tarik

$$= 40 + 8 + \frac{1}{2} \times 13 = 55 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 300 - 54,5$$

$$= 246 \text{ mm}$$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI 2847-2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25}{f_y} b_w d = \frac{0,25}{390} \times 150 \times 246 = 129,294 \text{ mm}^2$$

dan

$$As_{\min} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 150 \times 246}{390} = 132,192 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan minimal 2 13 ($As = 265,33 \text{ mm}^2 > 129,2941 \text{ mm}^2$)
($As = 265,33 \text{ mm}^2 > 132,192 \text{ mm}^2$)

A. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$Mu^- = 19,834 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3})$$

$$= 19834000 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 9,917 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3})$$

$$= 9917000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4 D 13 ($As = 530,66 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 2 D 13 ($As' = 265,33 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($As_{\text{plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } As_{\text{plat}} = 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok atas}} = 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok bawah}} = 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok}} = 530,66 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{Tarik}} = 781,86 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } As' = 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 20 + \frac{1}{2} \times 8 = 24 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 8 + \frac{1}{2} \times 13 = 54,5 \text{ mm}$$

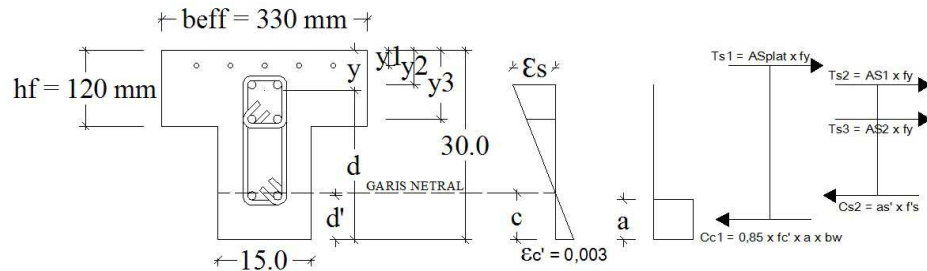
$$y_3 = y_1 + 8 + 40 + 1/2 \cdot 13 = 109,0 \text{ mm}$$

$$y = \frac{A_{s \text{ plat}} \cdot y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \cdot y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \cdot y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}}$$

$$= \frac{251,20 \cdot 24 + 265,33 \cdot 55 + 265,3 \cdot 109,0}{781,86} = 63,20 \text{ mm}$$

$$d = 300 - 63,2 = 236,8042 \text{ mm}$$

$$d' = 63,20 \text{ mm}$$



Gambar 4.38 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_{s'} \cdot x \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_{s'} - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 150) c^2 + (600 \cdot 265,33 - 251,2 \cdot 240 - 530,66 \cdot 390) c - 600 \cdot 265,33 \cdot 63,1957831325301 = 0$$

$$3251,25 \cdot c^2 - 108047,4 \cdot c - 10060642,3 = 0$$

$$c = 74,67223 \text{ mm} > d' = 63,20 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 74,672 = 63,471 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{74,672 - 63,20}{74,672} \times 0,003 = 0,00046$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{236,804 - 74,67}{74,672} \times 0,003 = 0,00651$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_{s'}$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$f_s = \epsilon_{s'} \times E_s$$

$$= 0,00046 \times 200000$$

$$= 92,21 < 390 \text{ Mpa} \text{OK}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$C_{c1} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 30 \times 63,47 \times 150$$

$$= 242778,1 \text{ N}$$

$$C_{s2} = A_{s'} \times f_s$$

$$= 265,33 \times 92,21$$

$$= 24467,3 \text{ N}$$

$$T_{s1} = A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}}$$

$$= 251,2 \times 240$$

$$= 60288 \text{ N}$$

$$T_{s2} = A_{s1_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$= 265,33 \times 150$$

$$= 39799,5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
T_{s3} &= A_{s2_{balok}} \times f_{y_{ulir}} \\
&= 265,33 \times 150 \\
&= 39799,5 \text{ N}
\end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned}
T_s &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
&= 60288 + 39799,5 + 39799,5 \\
&= 139887 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
242778,1 + 24467,3 &= 60288 + 39799,5 + 39799,5 \\
267245,4 &= 139887
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - a/2 \\
&= 236,8 - \frac{63,47}{2} \\
&= 205,069 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d - d' \\
&= 236,8 - 63,20 \\
&= 173,608 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (C_{c1} \cdot Z_1) + (C_{s2} \cdot Z_2) \\
&= 242778,1 \times 205,069 + 24467,3 \times 173,608 \\
&= 54033874,68 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \phi \times M_n \\
&= 0,8 \times 54033874,68 \\
&= 43227099,75 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$43227099,75 \text{ Nmm} > 19834000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 4D 13 ($A_{s'} = 530,66 \text{ mm}^2$)

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 2D 13 ($A_s = 265,33 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($A_{s \text{ plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } A_{s \text{ plat}} &= 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ tul. atas}} &= 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ tul. bawah}} &= 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 781,86 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{s \text{ balok}} = 530,66 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s \quad 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 8 + 1/2 \times 13 = 54,5 \text{ mm}$$

$$y_3 = y_2 + 8 + 40 + 1/2 \times 13 = 109,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{A_{s \text{ plat}} \times y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \times y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \times y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}} \\ &= \frac{251,20 \times 24 + 265,33 \times 55 + 265,3 \times 109,0}{781,86} = 63,20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = 300 - 63,2 = 236,8042 \text{ mm}$$

$$d' = 63,20 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'}(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'}(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_{s'} \cdot c - 600 A_{s'} \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

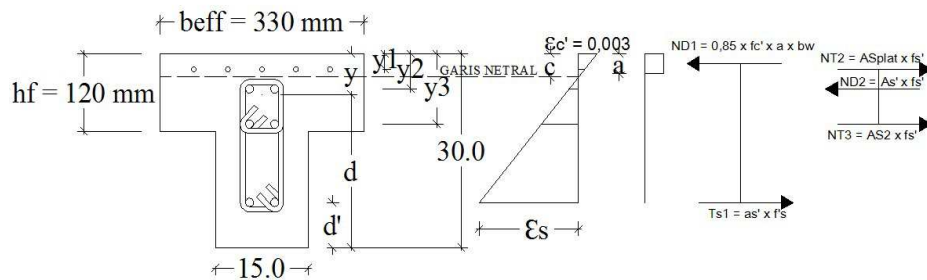
$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 150) c^2 + (600 \cdot 265,33 - 781,86 \cdot 390) c$$

$$- 600 \cdot 781,86 \cdot 265,33 = 0$$

$$8453,25 c^2 + 365637,3 c - 10060642,3 = 0$$

$$c = 19,090 \text{ mm} < d' = 63,2 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{TDK OK}$$

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus dihitung ulang.



Gambar 4.39 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri
Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + A_{s_{plat}}' \cdot fs' = A_{s1} \cdot fs + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \text{ dan } fs = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + A_{s_{plat}}' \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}}' - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 330) c^2 + (600 \cdot 781,86 - 265,33 \cdot 390 - 251,2 \cdot 390) c$$

$$- 600 \cdot 251,2 \cdot 24$$

$$7152,75 c^2 - 159716,1 c - 3617280 = 0$$

$$c = 36,27 \text{ mm} > y_1 = 24,0 \text{ mm}$$

$$< d' = 63,2 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta \cdot c \\
 &= 0,85 \times 36,27 = 30,831 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \epsilon_s' \cdot E_s \\
 &= \frac{(c - y_l)}{c} \times \epsilon_c \times E_s \\
 &= \frac{36,27 - 24,0}{36,27} \times 0,003 \times 200000 = 203,00 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_{c_1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 30,83 \times 330 \\
 &= 259443,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c_2} &= A_{s'plat} \times f_s \\
 &= 251,20 \times 203,00 \\
 &= 50992,95 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan :

$$\begin{aligned}
 C_c &= C_{c_1} + C_{c_2} \\
 &= 259443,1 + 50992,95 \\
 &= 310436,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_1} &= A_{s1} \times f_y \\
 &= 265,33 \times 390 \\
 &= 103478,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_2} &= A_{s2} \times f_y \\
 &= 265,33 \times 390 \\
 &= 103478,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s_3} &= A_{s'} \times f_y \\
 &= 265,33 \times 390 \\
 &= 103478,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
259443,1 + 50992,95 &= 103478,7 + 103478,7 + 103478,7 \\
310436,1 &= 310436,1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z1 &= d - a/2 \\
&= 236,8 - \frac{30,83}{2} \\
&= 221,3887 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z2 &= d' - y1 \\
&= 63,2 - 24,00 \\
&= 39,20 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z3 &= y3 - d' \\
&= 109,0 - 63,20 \\
&= 45,80 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mn &= (T_{s1} \cdot Z1) + (T_{s2} \cdot Z2) + (T_{s3} \cdot Z3) \\
&= 103478,7 \times 221,389 + 103478,7 \times 39,196 + 103478,7 \times 45,80 \\
&= 31704704,37 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mr &= \phi \times Mn \\
&= 0,8 \times 31704704,37 \\
&= 25363763,5 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi Mn &> Mu \\
25363763,5 \text{ Nmm} &> 9917000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

B. Perhitungan Penulangan Lapangan

$$Mu^+ = 6,54 \text{ kNmm} = 6540000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan
 $2 \text{ D } 13 \text{ (} As' = 265,571 \text{ mm}^2 \text{)}$
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik
 $2 \text{ D } 13 \text{ (} As = 265,571 \text{ mm}^2 \text{)}$

Analisa Momen Positif

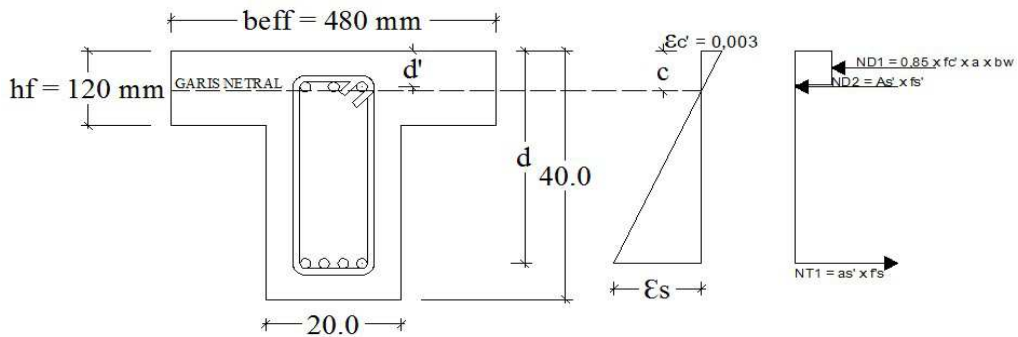
Tulangan tekan $As' = 2 \text{ D } 13 = 265,571 \text{ mm}^2$

Tulangan tarik $As = 2 \text{ D } 13 = 265,571 \text{ mm}^2$

$$y/d' = p + \varnothing \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \varnothing \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 8 + 1/2 \cdot 13 = 54,5 \text{ mm}$$

$$d = 300 - 54,5 = 245,5 \text{ mm}$$



Gambar 4.40 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif

Lapangan Yang Sudah Dihitung Ulang

Dimisalkan garis netral > y, maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot fc \cdot a \cdot bw + As' \cdot fs' = As \cdot fy \rightarrow \text{substitusi nilai } fs' = \frac{(c - y)}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot fc \cdot a \cdot bw) + As' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot bw) \cdot c + As'(c-y) \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai : $a = \beta \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot c \cdot b_w) \cdot c + A_s' \cdot (c - y_2) \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot b_w) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot b_w) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot y - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot b_w) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot y = 0$$

$$\left[0,85 \times 30 \times 0,85 \times 150 \right] c^2 + \left[600 \times 265,6 - 265,6 \times 390 \right] c$$

$$- \left[600 \times 265,6 \times 54,5 \right] = 0$$

$$3251,3 \quad c^2 + \quad 55770 \quad c - 8684185,714 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$\begin{aligned} c &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a} \\ &= \frac{-55770 \pm \sqrt{55770^2 - 4 \times 3251,25 \times 8684185,714}}{2 \times 3251,25} \\ &= \frac{-55770 + 340658,37}{6502,5} = 43,8121 \text{ mm} \end{aligned}$$

dihitung nilai a :

$$\begin{aligned} a &= \beta \times c \\ &= 0,85 \times 43,81 \\ &= 37,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

dihitung nilai - nilai :

$$\begin{aligned} f_s' &= \frac{c - y_1}{c} \times \epsilon_c \times E_s \\ &= \frac{54,5 - 43,81}{43,81} \times 0,003 \times 200000 = 146,37 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}ND1 &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 37,24 \cdot 150 \\ &= 142444,19 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}NT1 &= A_s \cdot f_y \\ &= 265,571 \cdot 390 \\ &= 103572,86 \text{ N}\end{aligned}$$

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$\begin{aligned}142444,2 + 38871,33 &= 103572,86 \\ 181315,5 &= 103572,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= NT1 \cdot Z \\ &= 103572,86 \cdot 226,88 \\ &= 23498593,75 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_r &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 23498593,75\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &> M_u^+ \\ &= 21148734,38 \text{ Nmm} > M_u^+ = 6540000 \text{ Nmm} \dots \mathbf{Aman}\end{aligned}$$

C. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned} \mu^- &= 4,958 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3}) \\ &= 4958000 \text{ Nmm} \\ \mu^+ &= 4,958 \text{ kNm} \quad (\text{kombinasi 3}) \\ &= 4958000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4 D 13 ($A_s = 530,66 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 2 D 13 ($A_s' = 265,33 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($A_{s \text{ plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik } A_{s \text{ plat}} &= 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ balok atas}} &= 2 \text{ D } 13 = 265,3 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ balok bawah}} &= 2 \text{ D } 13 = 265,3 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ Tarik}} &= 781,86 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad A_{s \text{ balok}} = 530,7 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan A_s' 2 D 13 = 265,33 mm²

$$y_1 = 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm}$$

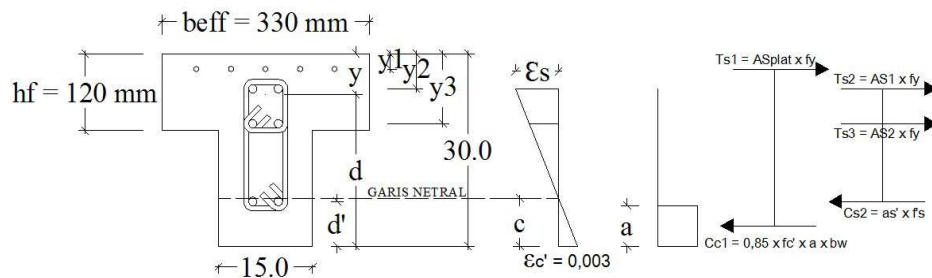
$$y_2 = 40 + 8 + 1/2 \times 13 = 55 \text{ mm}$$

$$y_3 = y_2 + 8 + 40 + 1/2 \times 13 = 109 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{A_{s \text{ plat}} \times y_1 + A_{s1 \text{ Balok}} \times y_2 + A_{s2 \text{ Balok}} \times y_3}{A_{s3 \text{ Tarik}}} \\ &= \frac{251,20 \times 24 + 265,3 \times 55 + 265,3 \times 109}{781,86} = 63,20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = 300 - 63,2 = 236,8042 \text{ mm}$$

$$d' = 63,20 \text{ mm}$$



Gambar 4.41 Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600A_s' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 150) \cdot c^2 + (600 \cdot 265,33 - 251,2 \cdot 240 - 530,66 \cdot 390) \cdot c$$

$$- 600 \cdot 265,33 \cdot 63,1957831325301 = 0$$

$$3251,25 \cdot c^2 - 108047,4 \cdot c - 10060642,28 = 0$$

$$c = 74,67223 \text{ mm} > d' = 63,20 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \times 74,672 = 63,471 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{74,672 - 63,20}{74,672} \times 0,003 = 0,00046$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{236,804 - 74,67}{74,672} \times 0,003 = 0,00651$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned}
 f_s &= \varepsilon_s' \times E_s \\
 &= 0,00046 \times 200000 \\
 &= 92,21 < 390 \text{ Mpa} \quad \text{.....OK}
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_{c1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \times 30 \times 63,47 \times 150 \\
 &= 242778,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{s2} &= A_{s'} \times f_s \\
 &= 265,33 \times 92,21 \\
 &= 24467,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s1} &= A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}} \\
 &= 251,2 \times 240 \\
 &= 60288 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s2} &= A_{s1_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 265,33 \times 150 \\
 &= 39799,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s3} &= A_{s2_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 265,33 \times 150 \\
 &= 39799,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned}
 T_s &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 &= 60288 + 39799,5 + 39799,5 \\
 &= 139887 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
 242778,1 + 24467,3 &= 60288 + 39799,5 + 39799,5 \\
 267245,4 &= 139887
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= d - a/2 \\
 &= 236,8 - \frac{63,47}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 205,069 \text{ mm} \\
Z2 &= d - d' \\
&= 236,8 - 63,20 \\
&= 173,608 \text{ mm} \\
Mn &= (Cc_1 \cdot Z_1) + (Cs_2 \cdot Z_2) \\
&= 242778,1 \times 205,069 + 24467,3 \times 173,608 \\
&= 54033874,68 \text{ Nmm} \\
Mr &= \phi \times Mn \\
&= 0,8 \times 54033874,68 \\
&= 43227099,75 \text{ Nmm} \\
\phi Mn &> Mu \\
43227099,75 \text{ Nmm} &> 4958000 \text{ Nmm} \quad (\mathbf{Aman})
\end{aligned}$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 4D 13 ($As' = 530,66 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 2D 13 ($As = 265,33 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 5 Ø 8 ($As_{\text{plat}} = 251,20 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
\text{Tulangan tekan } As_{\text{plat}} &= 5 \text{ Ø } 8 = 251,20 \text{ mm}^2 \\
As_{\text{tul. atas}} &= 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2 \\
As_{\text{tul. bawah}} &= 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2 \quad As_{\text{balok}} = 530,66 \text{ mm}^2 \\
As' &= 781,86 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tulangan tarik } As &= 2 \text{ D } 13 = 265,33 \text{ mm}^2 \\
y1 &= 20 + 1/2 \times 8 = 24 \text{ mm} \\
y2 &= 40 + 8 + 1/2 \times 13 = 55 \text{ mm} \\
y3 &= y2 + 8 + 40 + 1/2 \times 13 = 109,0 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$y = \frac{As_{\text{plat}} \cdot y1 + As1_{\text{Balok}} \cdot y2 + As2_{\text{Balok}} \cdot y3}{As3_{\text{Tarik}}}$$

$$= \frac{251,20 \times 24 + 265,33 \times 55 + 265,3 \times 109,0}{781,86} = 63,20 \text{ mm}$$

$$d = 300 - 63,2 = 236,8042 \text{ mm}$$

$$d' = 63,20 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral > d' maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

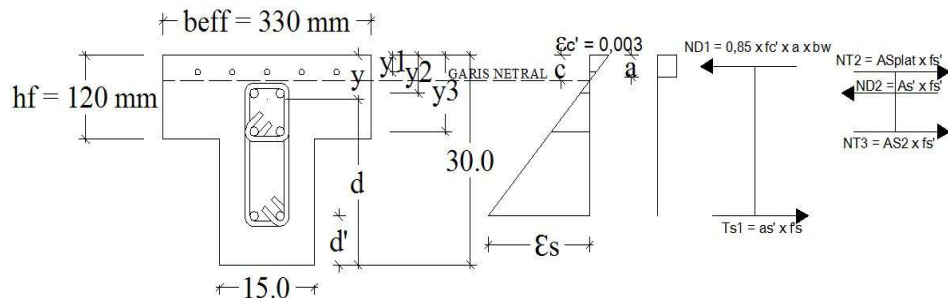
$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 150) c^2 + (600 \cdot 265,33 - 781,86 \cdot 390) c$$

$$- 600 \cdot 781,86 \cdot 265,33 = 0$$

$$8453,25 c^2 + 365637,3 c - 10060642,28 = 0$$

$$c = 19,090 \text{ mm} < d' = 63,2 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{TDK OK}$$

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai harus dihitung ulang.



Gambar 4.42 Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff} + A_{s_{plat}'} \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) + A_{s_{plat}'} \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}'} \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}'} - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}'} \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 330)c^2 + (600 \cdot 781,86 - 265,33 \cdot 390 - 251,2 \cdot 390)c - 600 \cdot 251,2 \cdot 24$$

$$7152,75 c^2 - 159716,1 c - 3617280 = 0$$

$$c = 36,27 \text{ mm} > y_1 = 24,0 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$< d' = 63,2 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \times 36,27 = 30,831 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y_1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{36,27 - 24,0}{36,27} \times 0,003 \times 200000 = 203,00 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$C_{c1} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 30,83 \times 330$$

$$= 259443,1 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
C_{c2} &= A_{s'plat} \times f_s \\
&= 251,20 \times 203,00 \\
&= 50992,95 \text{ N}
\end{aligned}$$

Resultan gaya tekan :

$$\begin{aligned}
C_c &= C_{c1} + C_{s2} \\
&= 259443,1 + 50992,95 \\
&= 310436,1 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s1} &= A_{s1} \times f_y \\
&= 265,33 \times 390 \\
&= 103478,7 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s2} &= A_{s2} \times f_y \\
&= 265,33 \times 390 \\
&= 103478,7 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s3} &= A_{s'} \times f_y \\
&= 265,33 \times 390 \\
&= 103478,7 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{c1} + C_{s2} &= T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} \\
259443,1 + 50992,95 &= 103478,7 + 103478,7 + 103478,7 \\
310436,1 &= 310436,1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - a/2 \\
&= 236,8 - \frac{30,83}{2} \\
&= 221,3887 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 63,2 - 24,00 \\
&= 39,20 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_3 &= y_3 - d' \\
&= 109,0 - 63,20 \\
&= 45,80 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (T_{s1} \cdot Z_1) + (T_{s2} \cdot Z_2) + (T_{s3} \cdot Z_3) \\
&= 103478,7 \times 221,389 + 103478,7 \times 39,196 + 103478,7 \times 45,80 \\
&= 31704704,37 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \phi \times M_n \\
&= 0,8 \times 31704704,37 \\
&= 25363763,5 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

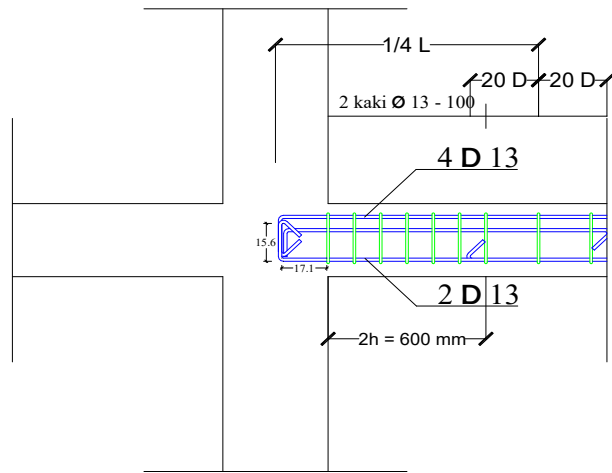
$$\begin{aligned}
\phi M_n &> M_u \\
25363763,5 \text{ Nmm} &> 4958000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

- Penyaluran kait standar

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.7.5, panjang penyaluran batang tulangan (l_{dh}), untuk ukuran batang tulangan \emptyset - 10 sampai D - 36 dengan kait 90° , tidak boleh kurang dari syarat-syarat berikut ini :

- $l_{dh} = 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} = 8db = 8 \times 13 = 104 \text{ mm}$
- $l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{390 \times 13}{5,4 \times \sqrt{30}} = 171 \text{ mm}$
- $12 db = 12 \times 13 = 156 \text{ mm}$

Dengan syarat minimum dari hasil perhitungan yang terbesar yaitu maka jika digunakan l_{dh} sepanjang 171 mm, sudah memenuhi syarat. Panjang bengkokan yang memenuhi syarat adalah sepanjang 12db dengan sudut bengkokan sebesar 90° .



Gambar 4.43 Detail Panjang Penulangan Kait

4.3.6 Penulangan Geser Balok Pada Potongan Melintang Line D (B103)

- Menghitung Mpr (*Moment Probable Capacities*)

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok yang diperkuat mencapai $1,25 f_y$, dan faktor reduksi kuat lentur $\phi=1$.

- a) Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 265,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 150} = 33,847339 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \times A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \times 265,57 \times 390,0 \left(243,50 - \frac{33,85}{2} \right) \times 10^{-6} = 29,3339 \text{ kN-m}$$

Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 265,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 150} = 33,85 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \times A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \times 265,57 \times 390,0 \left(243,50 - \frac{33,85}{2} \right) \times 10^{-6} = 29,3339 \text{ kN-m}$$

- b) Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 3 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 265,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 150} = 33,85 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \times A_s' \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \times 265,57 \times 390,0 \left(243,50 - \frac{33,85}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 29,3339 \text{ kN-m}$$

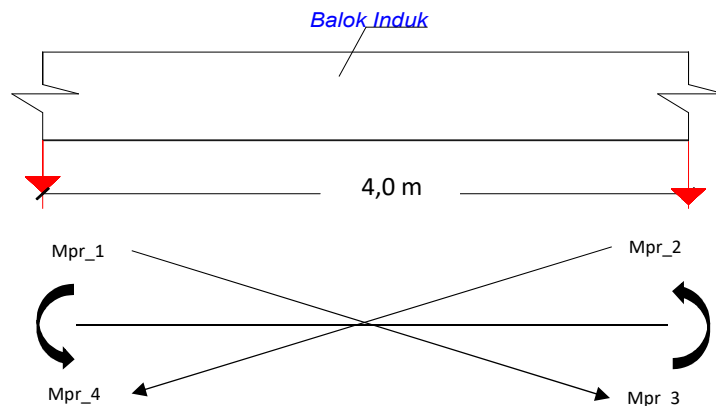
Kondisi 4 (Berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \times 265,6 \times 390}{0,85 \times 30 \times 150} = 33,85 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \times A_s' \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

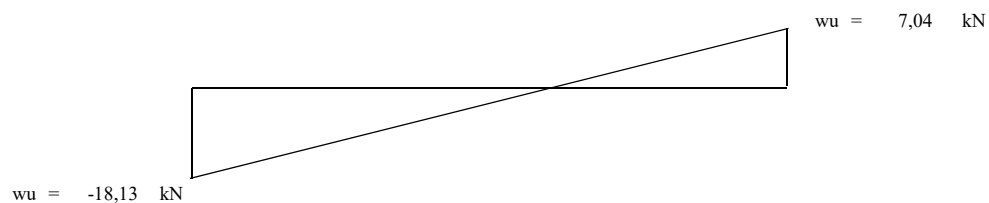
$$M_{pr}^- = 1,25 \times 265,57 \times 390,0 \left(243,50 - \frac{33,85}{2} \right) \times 10^{-6}$$

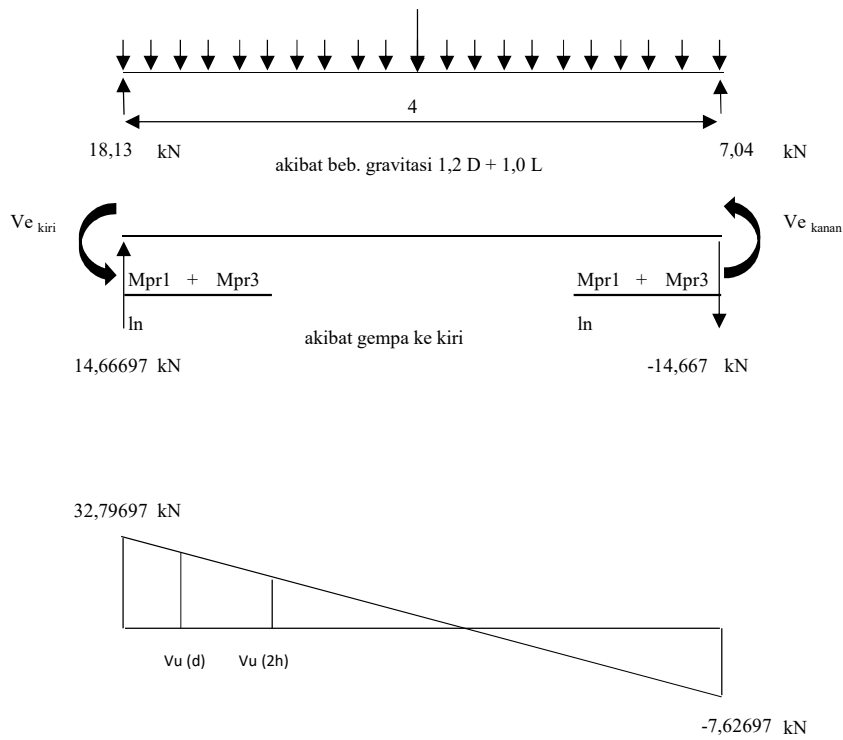
$$= 29,3339 \text{ kN-m}$$



$$M_{pr1} = 29,33 \text{ kNm}$$

$$M_{pr3} = 29,33 \text{ kNm}$$





Gambar 4.44 Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa Ke Kiri

- Akibat Gempa ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kiri}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} + \left(\frac{M_{pr_1} + M_{pr_3}}{l_n} \right) \\
 &= 18,13 + \left(\frac{29,33 + 29,33}{4} \right) \\
 &= 32,80 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kanan}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} - \left(\frac{M_{pr_1} + M_{pr_3}}{l_n} \right) \\
 &= 7,04 - \left(\frac{29,33 + 29,33}{4} \right) \\
 &= -7,627 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$= 18,13 + \left(\frac{29,33 + 29,33}{4} \right)$$

$$= 32,80 \text{ kN}$$

$$V_{e \text{ kiri}} = V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}}$$

$$= V_{\text{gravitasi}} + \left(\frac{M_{pr \ 2} + M_{pr \ 4}}{l_n} \right)$$

$$= -18,13 + \left(\frac{29,33 + 29,33}{4} \right)$$

$$= -32,797 \text{ kN}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 119)**

$$V_u(d) = 32,80 - \left(\frac{2000 - 244}{2000} \right)$$

$$= 32,80 - 0,878$$

$$= 31,92 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja (akibat Mpr) > 0.5 total geser

(akibat Mpr + beban grafitasi)

b. gaya aksial tekan < $A_g \cdot f_c / 10$

$$\text{cek : } M_{pr} = 14,67 < 0,5 \times 32,797 = 16,398$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 5,477 \times 150 \times 244$$

$$= 34009,463 \text{ N} = 34,009463 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{31,919}{0,75} - 34,009463 = 8,54884 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 2 kaki)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 243,50}{8,549} = 1073,25 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

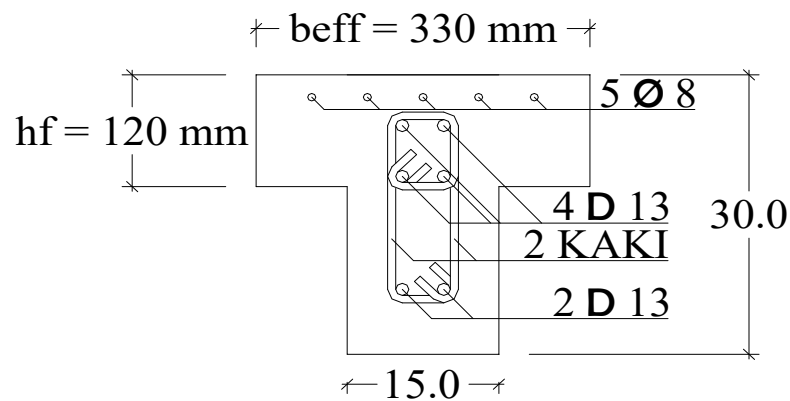
21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 300$

= 600 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-\frac{d}{4} = \frac{243,5}{4} = 60,88$$

$$-\ 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 13 = 78 \text{ mm}$$

$$-\ 120 \text{ mm}$$



Gambar 4.46 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kanan

Jadi dipakai sengkang $\text{Ø } 10 - 100 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 243,5 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 91,834 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 34,01 + 91,83$$

$$= 125,84 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 125,84$$

$$= 94,38 \text{ kN} > V_u(d) = 31,9 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \times \sqrt{35} \times 150 \times 243,5 \times 10^{-3}$$

$$91,83 \text{ kN} < 142,62 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 48)**

$$V_u(2h) = 32,80 - \left(\frac{2000 - 600}{2000} \right)$$

$$= 32,797 - 0,7$$

$$= 32,097 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \sqrt{35} \times 150 \times 243,5 \times 10^{-3}$$

$$= 36,73 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{32,10}{0,75} - 36,73 = 6,1 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ **10 2 kaki**)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 243,5 \times 10^{-3}}{6,062}$$

$$= 1513,65 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{243,5}{2} = 121,8 \text{ mm}$$

- 250 mm

Jadi dipakai sengkang **Ø 10 - 200 mm**

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 243,5 \times 10^{-3}}{200}$$

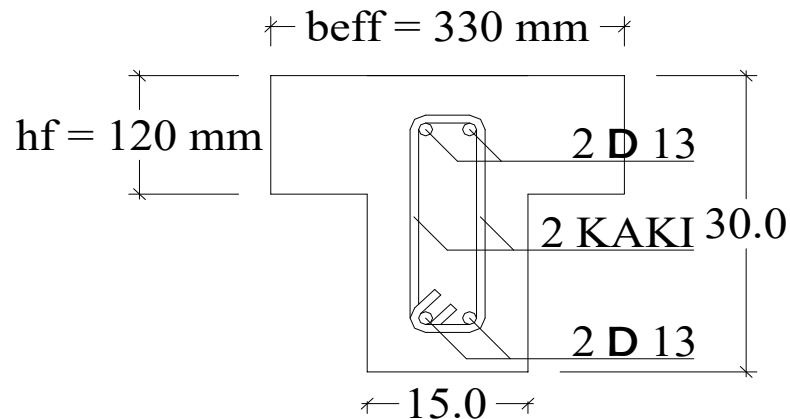
$$= 45,875 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 36,734 + 45,875$$

$$= 82,610 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
 &= 0,75 \times 82,610 \\
 &= 61,96 \text{ kN} > V_u(2h) = 32,10 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.47 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kanan

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{35} \times 150 \times 243,5 \times 10^{-3} \\
 45,875 \text{ kN} &< 71,308 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 52)**

$$\begin{aligned}
 V_u(d) &= 32,80 - \left[\frac{2000 - 244}{2000} \right] \\
 &= 32,80 - [0,8783] \\
 &= 31,92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Vc = 0 apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja (akibat Mpr) > 0.5 total geser
(akibat Mpr + beban grafitasi)

b. gaya aksial tekan < Ag.fc/10

$$\text{cek : } M_{pr} = 15 > 0,5 \times 22 = 11$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
 &= 0,17 \sqrt{30} \times 150 \times 243,5 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

$$= 34009,463 \text{ N} = 34,009463 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{31,919}{0,75} - 34,009463 = 8,549 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 2 kaki)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 244}{8,549} = 1073,25 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

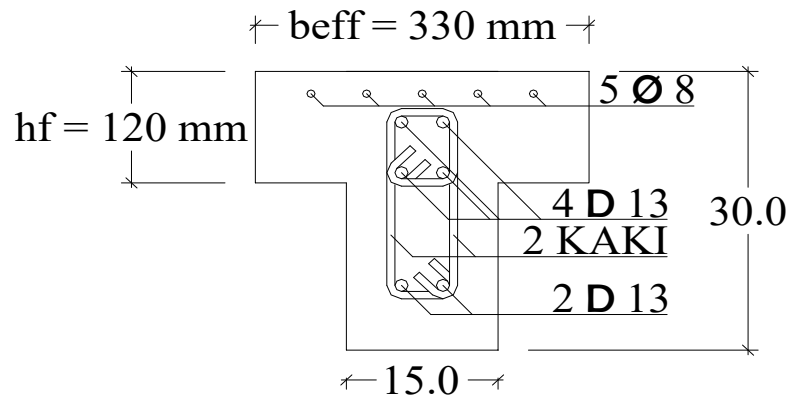
21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \times 300$

= 600 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-\frac{d}{4} = \frac{243,5}{4} = 60,88$$

$$-\ 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$-\ 150 \text{ mm}$$



Gambar 4.48 Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kiri

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 - 100 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 243,5 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 91,834 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 34,01 + 91,83$$

$$= 125,84 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
\phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
&= 0,75 \times 125,84 \\
&= 94,38 \text{ kN} > V_u(d) = 31,9 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
\end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

- $$\begin{aligned}
V_s \text{ maks} &\leq 0,66 \times \sqrt{30} \times 150 \times 243,5 \times 10^{-3} \\
91,83 \text{ kN} &< 132,04 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
\end{aligned}$$

Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint 118)

$$\begin{aligned}
V_u(2h) &= 32,80 - \left(\frac{2000 - 600}{2000} \right) \\
&= 32,797 - [0,7] \\
&= 32,097 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
&= 0,17 \sqrt{30} \times 150 \times 243,5 \times 10^{-3} \\
&= 34,01 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{32,10}{0,75} - 34,01 = 8,787 \text{ kN}$$

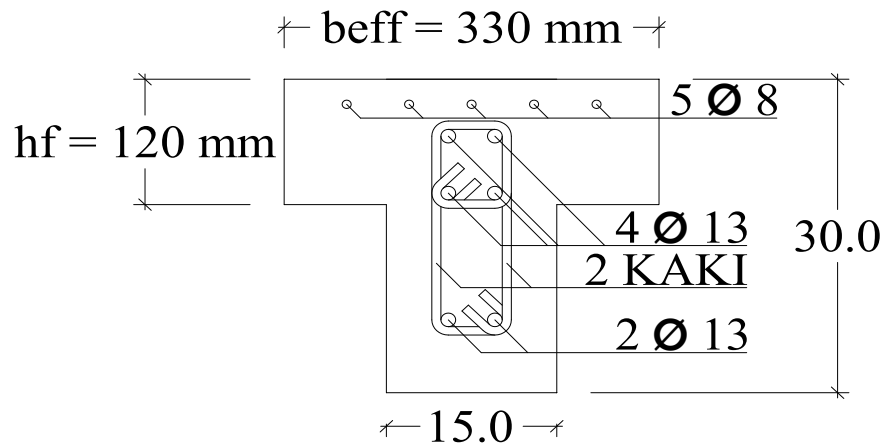
Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 2 kaki)

$$\begin{aligned}
s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 243,5 \times 10^{-3}}{8,787} \\
&= 1045,17 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{243,5}{2} = 121,8 \text{ mm}$$

- 250 mm



Gambar 4.49 Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kiri

Jadi dipakai sengkang $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240}{200} \times 243,5 \times 10^{-3} \\
 &= 45,917 \text{ kN} \\
 V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
 &= 34,009 + 45,917 \\
 &= 79,927 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
 &= 0,75 \times 79,927 \\
 &= 59,94 \text{ kN} > V_u (2h) = 32,10 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{30} \times 150 \times 243,5 \times 10^{-3} \\
 45,917 \text{ kN} &< 66,018 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

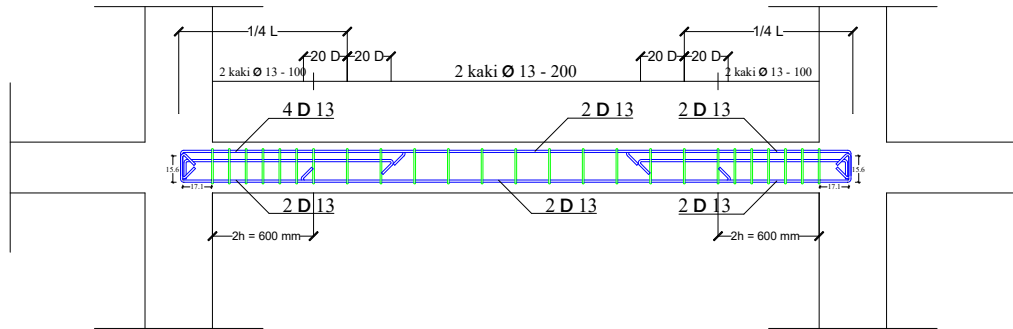
Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut :

- Joint 19
 - Daerah sendi plastis = 2 kaki $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$
 - Daerah luar sendi plastis = 2 kaki $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

- Joint 17

- Daerah sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 100 mm

- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 200 mm



Gambar 4.50 Tulangan Sengkang Pada Balok

4.4 Perhitungan Penulangan Kolom

4.4.1 Perhitungan Penulangan Longitudinal Pada Kolom [8 D 22]

Diketahui :

- Lebar kolom (b) = 400 mm
- Tinggi kolom (h) = 400 mm
- Tulangan sengkang (\emptyset) = 14 mm
- Tulangan utama dipakai (D) = 22 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Tinggi kolom = h lantai - h balok
= 4000 - 550 = 3450 mm
- Kuat tekan beton (f_c) = 30 MPa
- Kuat leleh baja (f_y) = 390 MPa
- β_1 = 0,85

A. Kolom 8 D 22

Penulangan kolom yang dihitung adalah pada kolom yang berada pada struktur.

$$\begin{aligned}d &= h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\ &= 400 - 40 - 14 - \frac{1}{2} 22 \\ &= 335,0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' &= 400 - 335,0 \\ &= 65,0 \text{ mm}\end{aligned}$$

Perhitungan Luas tulangan yang diperlukan (As Perlu)

$$\begin{aligned}A_g &= b \cdot h \\ &= 400 \cdot 400 \\ &= 160000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

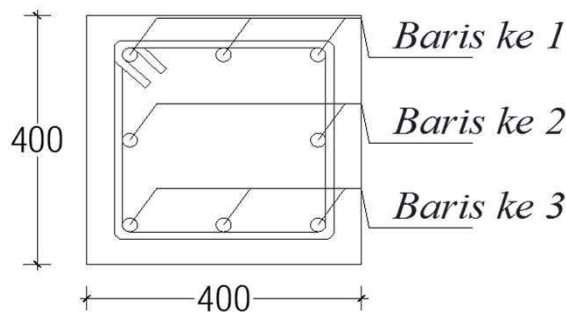
Jumlah tulangan pada kolom 1% - 6% dicoba dengan jumlah tulangan 1,2 %

$$\rho = 0,012$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot A_g \\
 &= 0,012 \cdot 160000 \\
 &= 1920 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan **8 D 22**, $A_s \text{ ada} = 3039,52 \text{ mm}^2 >$
 $A_s \text{ perlu} = 1920,00 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{OK}$

Luas tulangan per baris, dihitung sebagai berikut :



Gambar 4.51 Penampang Kolom & Jumlah Tulangan per Baris

- Luas tulangan baris 1 = Jumlah tulangan baris 1 x luas satu tulangan
 $= 3 \times 1/4 \times 3.14 \times 22^2$
 $= 1139,82 \text{ mm}^2$
- Luas tulangan baris 2 = Jumlah tulangan baris 2 x luas satu tulangan
 $= 2 \times 1/4 \times 3.14 \times 22^2$
 $= 759,88 \text{ mm}^2$
- Luas tulangan baris 3 = Jumlah tulangan baris 3 x luas satu tulangan
 $= 3 \times 1/4 \times 3.14 \times 22^2$
 $= 1139,82 \text{ mm}^2$

Perhitungan Beban Sentris

- Beban Sentris

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \cdot f_c (A_g - A_s \text{ ada}) + f_y \cdot A_s \text{ ada} \\ &= (0,85 \cdot 30 (160000 - 3039,52) + 390 \cdot 3039,52) \cdot 10^{-3} \\ &= 5187,905 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,80 \cdot P_o \\ &= 0,80 \cdot 5187,905 \\ &= 4150,324 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,65 \cdot 4150,324 \\ &= 2697,711 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan Gaya yang bekerja

1) Kondisi Seimbang

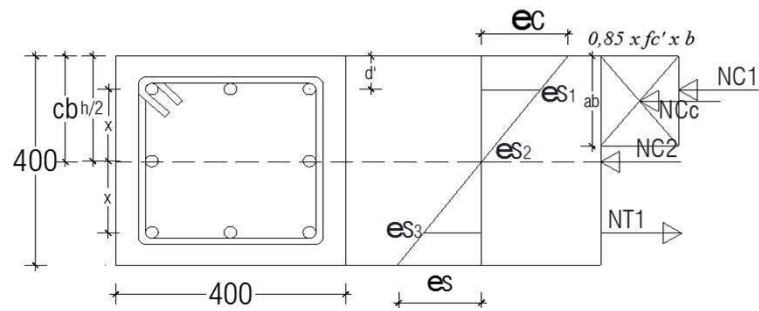
$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot x \cdot 335,0}{600 + 390} = 203,030 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_b &= c_b \cdot \beta \\ &= 203,03 \cdot 0,85 \\ &= 172,58 \text{ mm} \end{aligned}$$

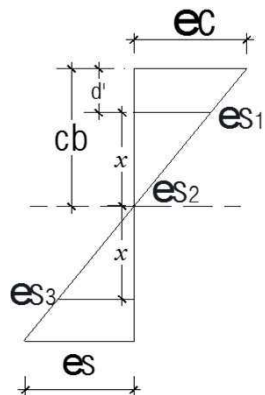
Jarak antar tulangan (x)

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{jumlah interval tulangan (banyak tulangan di peninjauan - 1)}} \\ &= \frac{400 - (2 \cdot 65)}{2} \\ &= 135,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N C_c &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 172,58 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\ &= 1760,27273 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 4.52 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Seimbang



Gambar 4.53 Diagram Regangan Kolom Kondisi Seimbang

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,0020$$

Tabel 4.9 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi

No	Jarak Cb ke Baris Tulangan					$\epsilon c'$	ϵs	Kesimpulan
1	203,03	-	65,0	-	[0 x 135,00]	0,003	0,0020	fs=fy
2	203,03	-	65,0	-	[1 x 135,00]	0,003	0,0000	e's x Es
5	203,03	+	65,0	+	[2 x 135,00]	0,003	0,0080	fs=fy

Tabel 4.10 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan

No	As tulangan	Tegangan	Gaya yang terjadi
1	1139,82	390,000	NC1 = 1139,82 x 390,000 x 10 ⁻³ = 444,53
2	759,88	8,955	NC2 = 759,88 x 8,955 x 10 ⁻³ = 6,80
5	1139,82	390,000	NT1 = 1139,82 x 390,000 x 10 ⁻³ = 444,53

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= N_{Cc} + N_{C1} + N_{C2} - N_{T1} \\
 &= 1760,273 + 444,53 + 6,805 - 444,53 \\
 &= 1567,08 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot 1567,078 \\
 &= 1018,60045 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Seimbang

No	Gaya	Jarak Gaya thd. h/2	Momen
1	N _{Cc} = 1760,273	h/2 - (ab/2) = 113,71	200164,35
2	N _{C1} = 444,530	h/2 - (d'+ 0) = 135,00	60011,52
3	N _{C2} = 6,805	h/2 - (d'+ 135) = 0,00	0,00
4	N _{T1} = 444,530	h/2 - (d'+ 270) = 135,00	60011,52
Total =			320187,39

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 320187,39 \times 10^{-3} \\
 &= 320,19 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 320,187 \\
 &= 208,122 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{320,19}{1567,078} = 0,2043 \text{ m} = \mathbf{204,32 \text{ mm}}$$

Perhitungan Gaya yang bekerja

2) **Kondisi Seimbang** $1,25 \times f_y = 487,5$

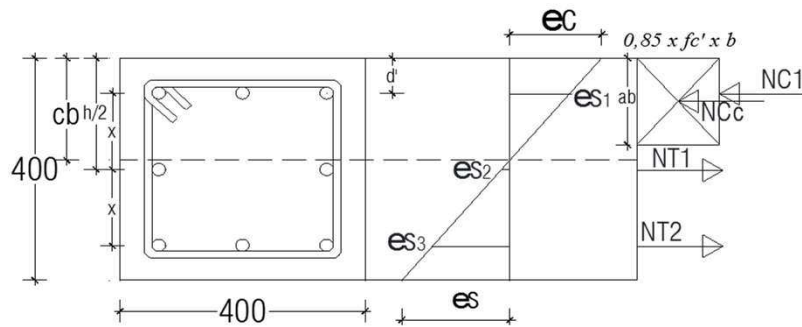
$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 335,0}{600 + 487,5} = 184,828 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_b &= c_b \cdot \beta \\ &= 184,83 \cdot 0,85 \\ &= 157,10 \text{ mm} \end{aligned}$$

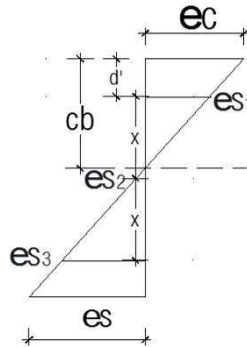
Jarak antar tulangan (x)

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{jumlah interval tulangan (banyak tulangan di peninjauan - 1)}} \\ &= \frac{400 - (2 \cdot 65)}{2} \\ &= 135,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Cc} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 157,10 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\ &= 1602,45517 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 4.54 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Seimbang 1,25 f_y



Gambar 4.55 Diagram Regangan Kolom Kondisi Seimbang 1,25 fy

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,0020$$

Tabel 4.12 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi

No	Jarak Cb ke Baris Tulangan					$\epsilon c'$	ϵs	Kesimpulan
1	184,83	-	65,0	-	[0 x 135,00]	0,003	0,0019	e's x Es
4	-184,83	+	65,0	+	[1 x 135,00]	0,003	0,0002	e's x Es
5	-184,83	+	65,0	+	[2 x 135,00]	0,003	0,0024	fs=fy

Table 4.13 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan

No	As tulangan	Tegangan	Gaya yang terjadi
1	1139,82	388,993	NC1 = 1139,82 x 388,993 x 10 ⁻³ = 443,38
4	759,88	49,254	NT1 = 759,88 x 49,254 x 10 ⁻³ = 37,427
5	1139,82	390,000	NT2 = 1139,82 x 390,000 x 10 ⁻³ = 444,53

$$\begin{aligned} P_{nb} &= N_{Cc} + N_{C1} + N_{C2} - N_{T1} - N_{T2} - N_{T3} \\ &= 1602,455 + 443,38 + 37,43 - 444,53 \\ &= 1638,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot 1638,734 \\ &= 1065,17695 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Seimbang 1,25 fy

No	Gaya	Jarak Gaya thd. h/2	Momen
1	NCc = 1602,455	$h/2 - (ab/2) = 121,45$	194615,42
2	NC1 = 443,381	$h/2 - (d'+ 0) = 135,00$	59856,50
5	NT2 = 37,427	$h/2 - (d'+ 135) = 0,00$	0,00
6	NT3 = 444,530	$h/2 - (d'+ 270) = 135,00$	60011,52
Total =			314483,44

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 314483,44 \times 10^{-3} \\
 &= 314,48 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 314,483 \\
 &= 204,414 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{314,48}{1638,734} = 0,1919 \text{ m} = \mathbf{191,91 \text{ mm}}$$

Perhitungan Gaya yang bekerja

3) Kondisi Patah Desak $f_y = 390$

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 335,0}{600 + 390} = 203,030 \text{ mm}$$

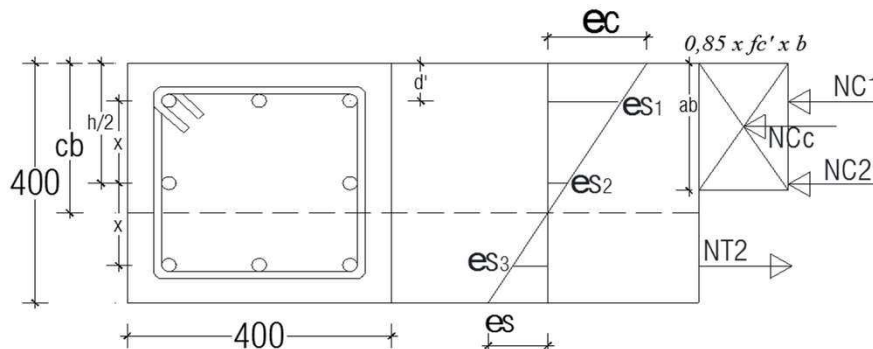
Dipakai nilai $c = 300 \text{ mm} > c_b = 203,03 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} a_b &= c_b \cdot \beta \\ &= 300,00 \cdot 0,85 \\ &= 255,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

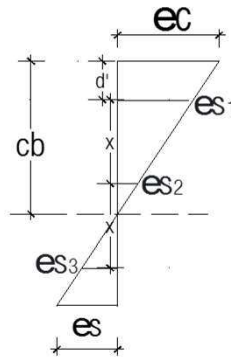
Jarak antar tulangan (x)

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{jumlah interval tulangan (banyak tulangan di peninjauan - 1)}} \\ &= \frac{400 - (2 \cdot 65)}{2} \\ &= 135,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Cc} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 255,00 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\ &= 2601 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 4.56 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Patah Desak



Gambar 4.57 Diagram Regangan Kolom Kondisi Patah Desak

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,0020$$

Tabel 4.15 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi

No	Jarak Cb ke Baris Tulangan				$\epsilon c'$	ϵs	Ke
1	300,00	-	65,0	- [0 x 135,00]	0,003	0,0024	$f_s=f_y$
4	300,00	-	65,0	- [1 x 135,00]	0,003	0,0010	e's x Es
5	-300,00	+	65,0	+ [2 x 135,00]	0,003	0,0004	e's x Es

Table 4.16 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan

No	As tulangan	Tegangan	Gaya yang terjadi
1	1139,82	390,000	NC1 = 1139,82 x 390,000 x 10 ⁻³ = 444,53
4	759,88	200,000	NT1 = 759,88 x 200,000 x 10 ⁻³ = 151,98
5	1139,82	70,000	NT2 = 1139,82 x 70,000 x 10 ⁻³ = 79,787

$$\begin{aligned} P_{nb} &= N_{Cc} + N_{C1} + N_{T1} - N_{T2} \\ &= 2601,000 + 444,53 + 151,98 - 79,787 \\ &= 2388,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot 2388,234 \\ &= 1552,35184 \text{ kN} \end{aligned}$$

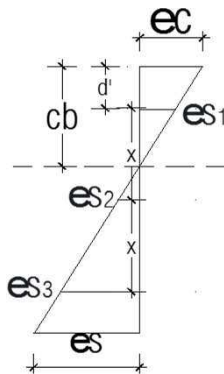
Tabel 4.17 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Patah Desak

No	Gaya	Jarak Gaya thd. h/2	Momen
1	NCc = 2601,000	$h/2 - (ab/2) = 72,50$	188572,50
2	NC1 = 444,530	$h/2 - (d'+ 0) = 135,00$	60011,52
5	NT1 = 151,976	$h/2 - (d'+ 135) = 0,00$	0,00
6	NT2 = 79,787	$h/2 - (d'+ 270) = 135,00$	60771,30
Total =			309355,32

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 309355,32 \times 10^{-3} \\
 &= 309,36 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 309,355 \\
 &= 201,081 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{309,36}{2388,234} = 0,1295 \text{ m} = \mathbf{129,53 \text{ mm}}$$



Gambar 4.59 Diagram Regangan Kolom Kondisi Patah Tarik

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,0020$$

Tabel 4.18 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi

No	Jarak Cb ke Baris Tulangan				$\epsilon c'$	ϵs	Kesimpulan	
1	150,00	-	65,0	-	{ 0 x 135,00 }	0,003	0,0017	e's x Es
4	-150,0	+	65,0	+	{ 1 x 135,00 }	0,003	0,0010	e's x Es
5	-150,0	+	65,0	+	{ 2 x 135,00 }	0,003	0,0037	fs=fy

Table 4.19 Gaya Yang Terjadi Pada Tulangan

No	As tulangan	Tegangan	Gaya yang terjadi
1	1139,82	340,00	NC1 = 1139,82 x 340,00 x 10 ⁻³ = 387,54
4	759,88	200,00	NT2 = 759,88 x 200,00 x 10 ⁻³ = 151,98
5	1139,82	390,00	NT3 = 1139,82 x 390,00 x 10 ⁻³ = 444,53

$$\begin{aligned} P_{nb} &= N_{Cc} + N_{C1} + N_{C2} - N_{T1} \\ &= 1300,500 + 387,54 - 151,98 - 444,53 \\ &= 791,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot 791,533 \\ &= 514,49645 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.20 Momen Yang Terjadi Pada Kolom Keadaan Patah Tarik

No	Gaya	Jarak Gaya thd. h/2	Momen
1	NCc = 1300,500	$h/2 - (ab/2) = 136,25$	177193,13
2	NC1 = 387,539	$h/2 - (d' + 0) = 135,00$	52317,74
5	0 = 151,976	$h/2 - (d' + 135) = 0,00$	0,00
6	0 = 444,530	$h/2 - (d' + 270) = 135,00$	60011,52
Total =			289522,39

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 289522,39 \times 10^{-3} \\
 &= 289,52 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 289,522 \\
 &= 188,190 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{289,52}{791,533} = 0,3658 \text{ m} = 365,77 \text{ mm}$$

5) Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 5 \text{ D } 22 = 1899,700 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 3 \text{ D } 22 = 1139,820 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = d' = 40 + 14 + 1/2 \times 22 = 65 \text{ mm}$$

$$y_2 = 65 + 135,00 = 200,00 \text{ mm}$$

Misalkan nilai c dihitung berdasarkan $d' < c > y_2$ Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$d' = 40 + 14 + 1/2 \times 22 = 65 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 65 = 335 \text{ mm}$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta \cdot 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400) c^2 + (600 \cdot 1139,82 - 1899,7 \cdot 390) \cdot c$$

$$-600 \cdot 1139,82 \cdot 65 = 0$$

$$8670 c^2 + 682277,26 c - 44452980,000 = 0$$

$$c = 131,19 \text{ mm} > d' = 65 \text{ mm}$$

$$< y_2 = 200 \text{ mm} \text{ ----- OK}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \beta \cdot c \\
 &= 0,85 \times 131,19 = 111,512 \text{ mm} \\
 Cc &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \times 30,0 \times 111,512 \times 400 \\
 &= 1137,417 \text{ kN} \\
 C1 &= f_s' \cdot A_s' \\
 &= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s' \\
 &= \frac{131,190 - 65}{131,190} \times 600 \times 1139,820 \times 10^{-3} \\
 &= 345,05 \text{ kN} \\
 T1 &= A_{s1} \times f_y \\
 &= 1899,700 \times 390 \times 10^{-3} \\
 &= 740,883 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.21 Perhitungan Regangan Tulangan Yang Terjadi

No	Tul	f_y	Luas	Hasil
1	T1	390	759,88	296,353
2	T2	390	1139,82	444,530

Kontrol;

$$C_c + C1 = T1 + T2 + T3$$

$$1137,417 + 345,05 = 1481,77$$

$$1482 = 1482$$

$$\begin{aligned}
Z_{Cc} &= \text{Jarak dari garis netral ke pusat tekan} \\
&= c - a/2 \\
&= 131,19 - \frac{111,512}{2} \\
&= 75,4343 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_{C1} &= \text{Jarak dari garis netral ke C1} \\
&= c - d' \\
&= 131,19 - 65 \text{ mm} \\
&= 66,190 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tabel 4.22 Momen Yang Terjadi Pada Kolom

No	Tul	Jarak	Hasil
1	ZT2	$(d'+x)-c$	68,810
2	ZT3	$(d'+2x)-c$	203,810

$$\begin{aligned}
M_n &= \{(N_{Cc} \cdot Z_{Cc}) + (N_{C1} \cdot Z_{C1}) + (N_{T1} \cdot Z_{T1}) + (N_{T2} \cdot Z_{T2})\} \\
&\quad + (N_{T3} \cdot Z_{T3}) \\
&= 219630,612 \text{ kNm} \\
\phi \quad M_n &= 0,65 \cdot 219,6 \\
&= 142,760 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

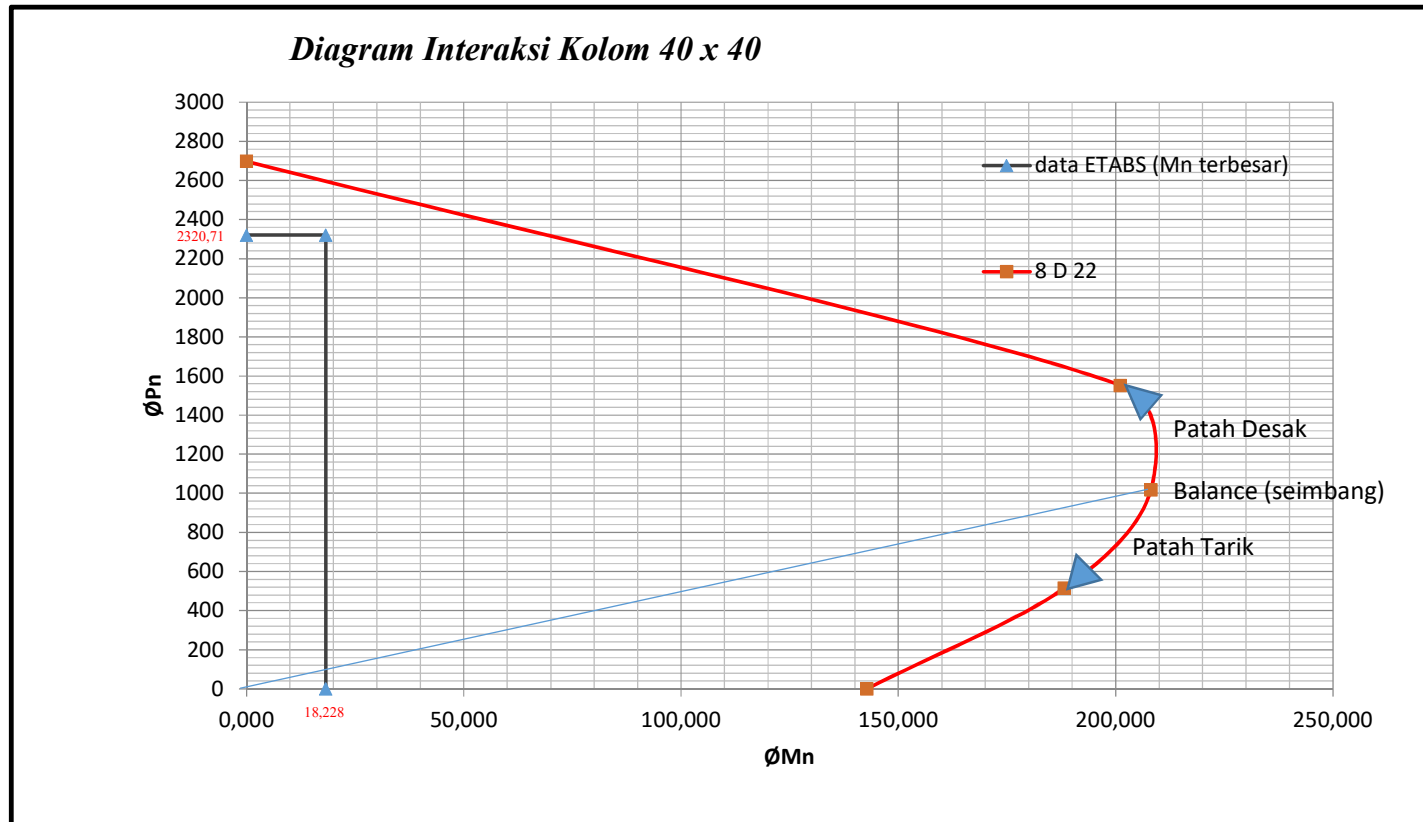
Selanjutnya untuk koordinat diagram interaksi kolom 40 x 40 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.23 Koordinat Diagram

Kondisi	8 D 22	
	$\phi \text{ Pn (kN)}$	$\phi \text{ Mn (kNm)}$
Sentris	2697,711	0
Patah Desak	1552,352	201,081
Balance	1018,600	208,122
Patah Tarik	514,496	188,190
Lentur	0	142,760

Diagram interaksi kolom pada lantai 2

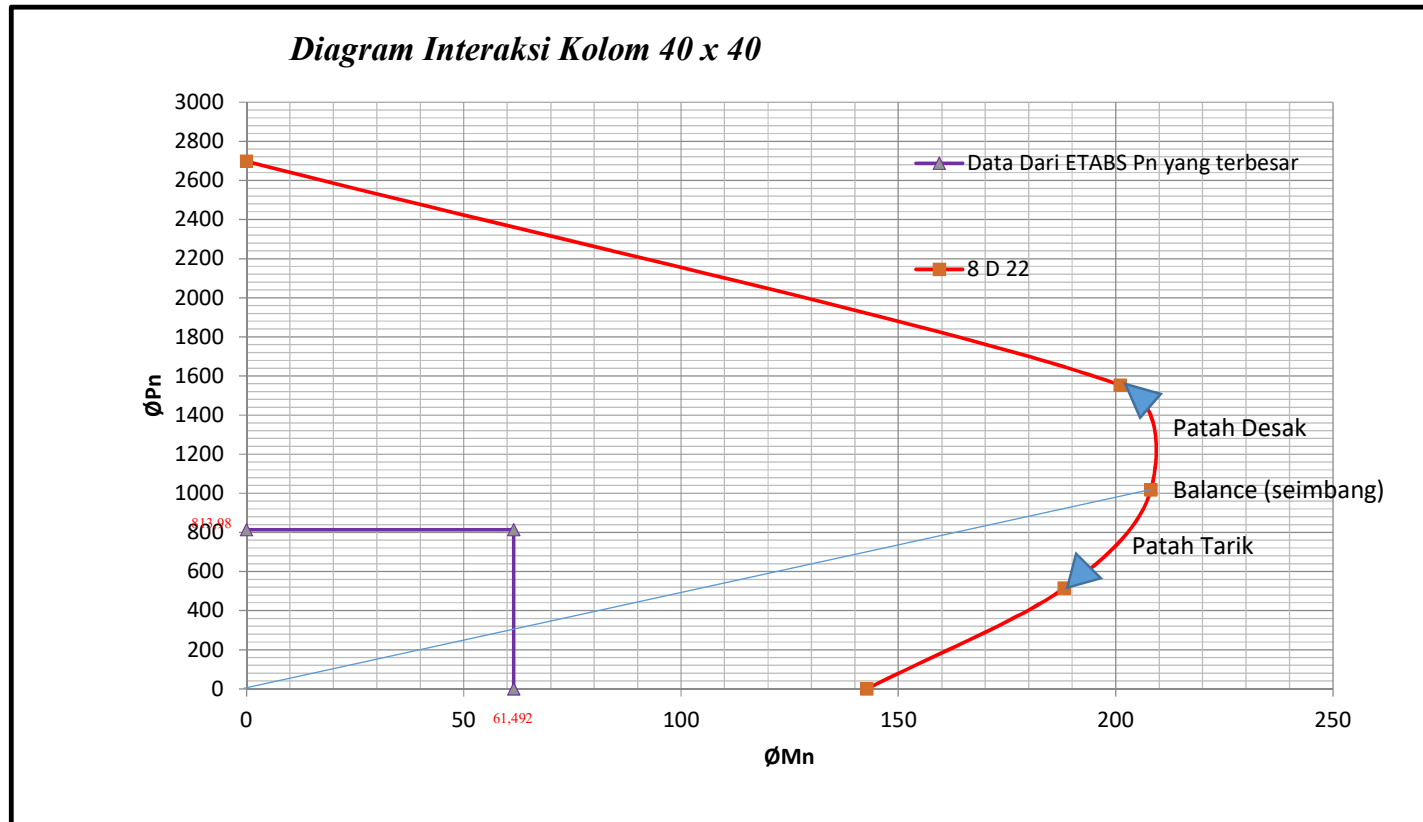
$P_n = 2320,71$ KN
 $M_n = 18,228$ KNm



Dari diagram diatas, bahwa kolom C64 berukuran 40x40 pada lantai 2 dipakai tulangan 8 D 22

Diagram interaksi kolom pada lantai 2

$P_n = 813,98 \text{ KN}$
 $M_n = 61,492 \text{ KNm}$



Dari diagram diatas, bahwa kolom C68 berukuran 40x40 pada lantai 2 dipakai tulangan 8 D 22

4.4.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Diketahui :	$l = 4000 \text{ mm}$	$f_c = 30 \text{ MPa}$
	$b = 400 \text{ mm}$	$f_{y_{\text{ulir}}} = 390 \text{ MPa}$
	$h = 400 \text{ mm}$	$f_{y_{\text{polos}}} = 240 \text{ MPa}$
	$l_n = \text{tinggi kolom} - h \text{ balok}$	$D = 22 \text{ mm}$
	$= 4000 - 550 = 3450$	$\emptyset = 14 \text{ mm}$
	$p = 40 \text{ mm}$	

a. Pengekangan Kolom

Pada perencanaan SRPMK, Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 2847-2013, Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $h = 400 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} \cdot l_n = \frac{1}{6} \times 3450 = 575,000 \text{ mm}$
- 450 mm

Jadi daerah berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 450 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{4} \times \text{dimensi terkecil komponen struktur} = \frac{1}{4} \times 400 = 100 \text{ mm}$
- $6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- 100 mm

Dipasang tulangan geser $3 \emptyset 12 \text{ mm}$

$$A_s = 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2$$
$$= 339,12 \text{ mm}^2$$

Jadi $A_s = 339,12 \text{ mm}^2 \geq A_{sh}$

$$h_c = 400 - 40 - 40 - 14 = 306,0 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = [400 - 2 \times 40]^2 = 102400 \text{ mm}^2$$

A_{sh} minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$339,1 = 0,3 \times \left(\frac{s \times 306 \times 30}{390} \right) \times \left(\left(\frac{160000}{102400} \right) - 1 \right)$$

$$339,1 = 0,3 \times 23,5 \times s \times 0,563$$

$$339,1 = 3,972115 \times s$$

$$s = \mathbf{85,37516 \text{ mm}}$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$339,1 = 0,09 \left(\frac{s \times 306 \times 30}{390} \right)$$

$$339,1 = 0,09 \times 23,54 \times s$$

$$339,1 = 2,118462 \times s$$

$$s = \mathbf{160,0784 \text{ mm}}$$

Digunakan $s = 160,1 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan geser $3 \text{ } \emptyset 14 - 160,1 \text{ mm}$

b. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom Akibat Ve

Diketahui : $l = 4000 \text{ mm}$

$f_c = 30 \text{ MPa}$

$b = 400 \text{ mm}$

$f_{y_{ulir}} = 390 \text{ MPa}$

$h = 400 \text{ mm}$

$f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$

Tinggi bersih $h_n = 3450 \text{ mm}$ $Nu, k = 1580252,13 \text{ N}$

Tulangan sengkang $= \emptyset 14 \text{ mm}$

Perhitungan Momen Probabilitas (Mpr)

$$M_{pr} = M_{nb} = 322248301,013 \text{ Nmm}$$

Karena tulangan longitudinal sepanjang kolom sama, maka M_{pr_3} dan M_{pr_4}

$$= 322248301,013 \text{ Nmm, sehingga :}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kolom}} &= \frac{M_{pr_3} + M_{pr_4}}{h_n} \\
 &= \frac{322248301,013 + 322248301,013}{3450} \\
 &= 186810,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ balok}} &= \frac{M_{Pr_1} + M_{Pr_2}}{h_n} \\
 &= \frac{761005774,510 + 761005774,510}{3450} \\
 &= 441162,768 \text{ N} > V_{e \text{ kolom}} = 186810,609 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 sebagai berikut :

Gaya aksial terfaktor $< A_g \cdot f_c / 20$

$$1580252,1 \text{ N} < \frac{400 \times 400 \times 30}{20}$$

$$1580252,1 \text{ N} > 240000 \text{ N}$$

Maka dipakai V_c sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left[1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right] \lambda \cdot x \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= 0,17 \left[1 + \frac{1580252,133}{14 \times 160000} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 400 \times 337,0 \\
 &= 214063,908 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- **Tulangan geser di dalam daerah sendi plastis**

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_o (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o tidak kurang dari :

- $h =$; mm

- $\frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 3450 = 575,0 \text{ mm}$

- 450 mm

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 575mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah sendi plastis (SNI 2847-2013

Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{4}$ x dimensi terkecil komponen st = $\frac{1}{4}$ x 400 = 100 mm

- 6 x diameter terkecil komponen st = 6 x 22 = 132 mm

- $s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) = 100 + \left(\frac{350 - 116}{3} \right) = 178$ mm

Maka diasumsikan s rencana yang dipakai sebesar 100 mm

$h_c = 400 - 40 - 40 - 14 = 306$ mm

$A_{ch} = [400 - 2 \times 40]^2 = 102400$ mm²

A_{sh} minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$
$$A_{sh} = 0,3 \times \left(\frac{100 \times 306 \times 30}{390} \right) \times \left(\left(\frac{160000}{102400} \right) - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,3 \times 2353,8 \times 0,563$$

$$A_{sh} = \mathbf{397,2115 \text{ mm}^2}$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$
$$A_{sh} = 0,09 \times \left(\frac{100 \times 306 \times 30}{390} \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \times 2354$$

$$A_{sh} = \mathbf{211,8462 \text{ mm}^2}$$
 , maka diambil yg terbesar yaitu: 397,22 mm²

Untuk memenuhi luas perlu minimum, maka dipasang: A_{sh} 3 ϕ 14

$$A_{sh} \text{ 3 } \phi \text{ 14} = 461,6 \text{ mm}^2 > 397,21 \text{ mm}^2 \text{ (Terpenuhi)}$$

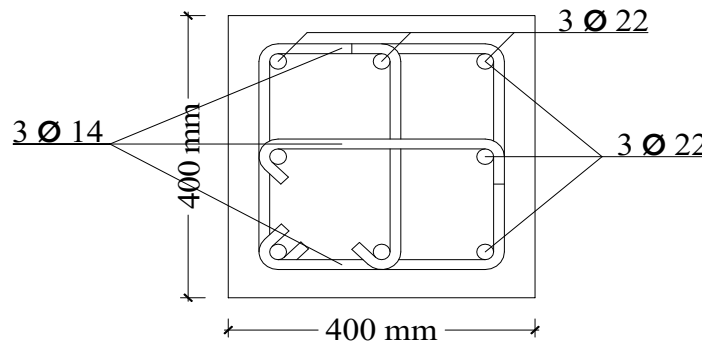
Maka, direncanakan tulangan sengkang kolom 3 kaki diameter 14 - 100

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{461,6 \times 390 \times 337,0}{150}$$

$$= 404436,40 \text{ N}$$

Jadi dipasang tulangan geser 3 kaki ϕ 14 - 100 mm

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9



Gambar 4.60 Tulangan geser pada daerah sendi plastis kolom

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0,66 \times \sqrt{30} \times 400 \times 400$$

$$404.436,40 \text{ N} < 578.395,02 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [404436 + 214063,9]$$

$$= 463875,23 \text{ N} > V_u = 441162,77 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh $l_o = 400$ mm dipasang tulangan geser 3 kaki ϕ 14 - 100.

• **Tulangan geser di luar daerah sendi plastis**

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut

SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.5, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

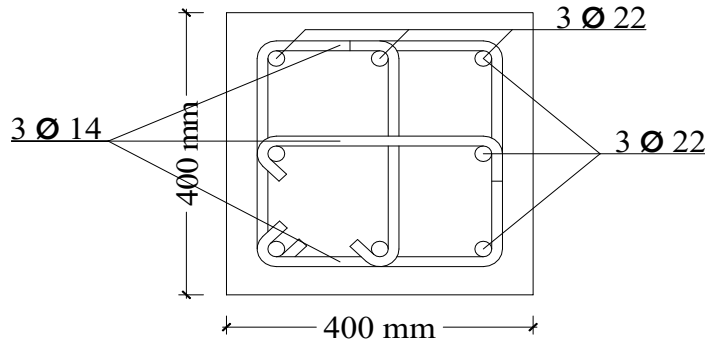
$$- 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

- 150 mm

Dipakai sengkang **3 kaki Ø 14 dengan spasi 120 mm**

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{461,6 \times 390 \times 337,0}{120}$$

$$= 505545 \text{ N}$$



Gambar 4.61 Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kolom

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0,66 \times \sqrt{30} \times 400 \times 400$$

$$505.545 \text{ N} < 578.395 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [505545 + 214063,9]$$

$$= 539707,1 \text{ N} > V_u = 441162,8 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Jadi penulangan geser di luar sendi plastis dipasang tulangan **3 kaki Ø 14-120.**

4.4.2 Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3 panjang sambungan lewatan harus dihitung

sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda \sqrt{f_c'}} \times \frac{\Psi_t \Psi_o \Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

dimana : $\Psi_t = 1$ $\Psi_o = 1$ $\Psi_s = 0,8$ $\lambda = 1$

$c =$ selimut beton + \emptyset sengkang + $\frac{1}{2}$ D kolom

$$= 40 + 14 + \left[\frac{1}{2} \cdot 22 \right]$$

$$= 65,0 \text{ mm}$$

$$c = \frac{400 - 2 \left[40 + 14 \right] - 22}{2 \times 4}$$

$$= 33,75 \text{ mm}$$

diambil $c = 33,75$ mm yang menentukan

$$K_{tr} = 0$$

$$\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right) = \frac{33,75 + 0}{22} = 1,534$$

$$\text{Sehingga : } l_d = \frac{390}{1,1 \times 1\sqrt{30}} \times \frac{1 \times 1 \times 0,8}{1,534} \times 22 = 742,631 \text{ mm}$$

Sesuai Pasal 21.6.3.3, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik.

Mengingat sambungan lewatan ini termasuk kelas B, maka panjangnya

$$\text{harus} = 1,3 l_d = 1,3 \times 742,6 = 965,42 \text{ mm} \approx \mathbf{1000} \text{ mm.}$$

Sedangkan untuk spasi sengkang pada daerah sambungan lewatan, harus

memenuhi syarat-syarat yang terdapat pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.3 yaitu :

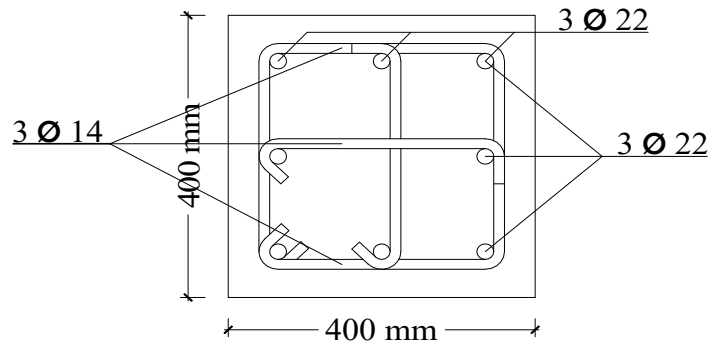
$$- d/4 = \frac{400}{4} = 100 \text{ mm}$$

$$- 100 \text{ mm}$$

Maka digunakan spasi sengkang pada daerah sambungan lewatan sebesar

$$90 \text{ mm}$$

Dari analisa diatas, maka digunakan tulangan sengkang pada daerah sambungan lewatan 3 kaki $\emptyset 14 - 90$ mm



Gambar 4.62 Tulangan geser pada daerah Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

4.5 Persyaratan "Strong Columns Weak Beams"

Sesuai filosofi "*Capacity Design*", maka Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$. Nilai M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, konsisten terhadap arah gempa yang ditinjau.

a. Momen pada kolom

$$\begin{aligned}\sum M_{nc} &= \phi M_n \text{ atas} + \phi M_n \text{ desain} \\ &= 48656000 + 33569500 \\ &= 82225500 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_{nc} &= \phi M_n \text{ bawah} + \phi M_n \text{ desain} \\ &= 18483000 + 33569500 \\ &= 52052500 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

b. Momen pada balok

$$M_{pr}^- = 250200000,000 \quad \text{Nmm}$$

$$M_{pr}^+ = 250200000,000 \quad \text{Nmm}$$

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$\begin{aligned}\sum M_{nc} &= \frac{82225500 + 52052500}{0,65} \\ &= 895186666,67 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1,2 \sum M_{nb} &= \frac{1,2 \times (250200000,000 + 250200000,000)}{0,9} \\ &= 667200000,000 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

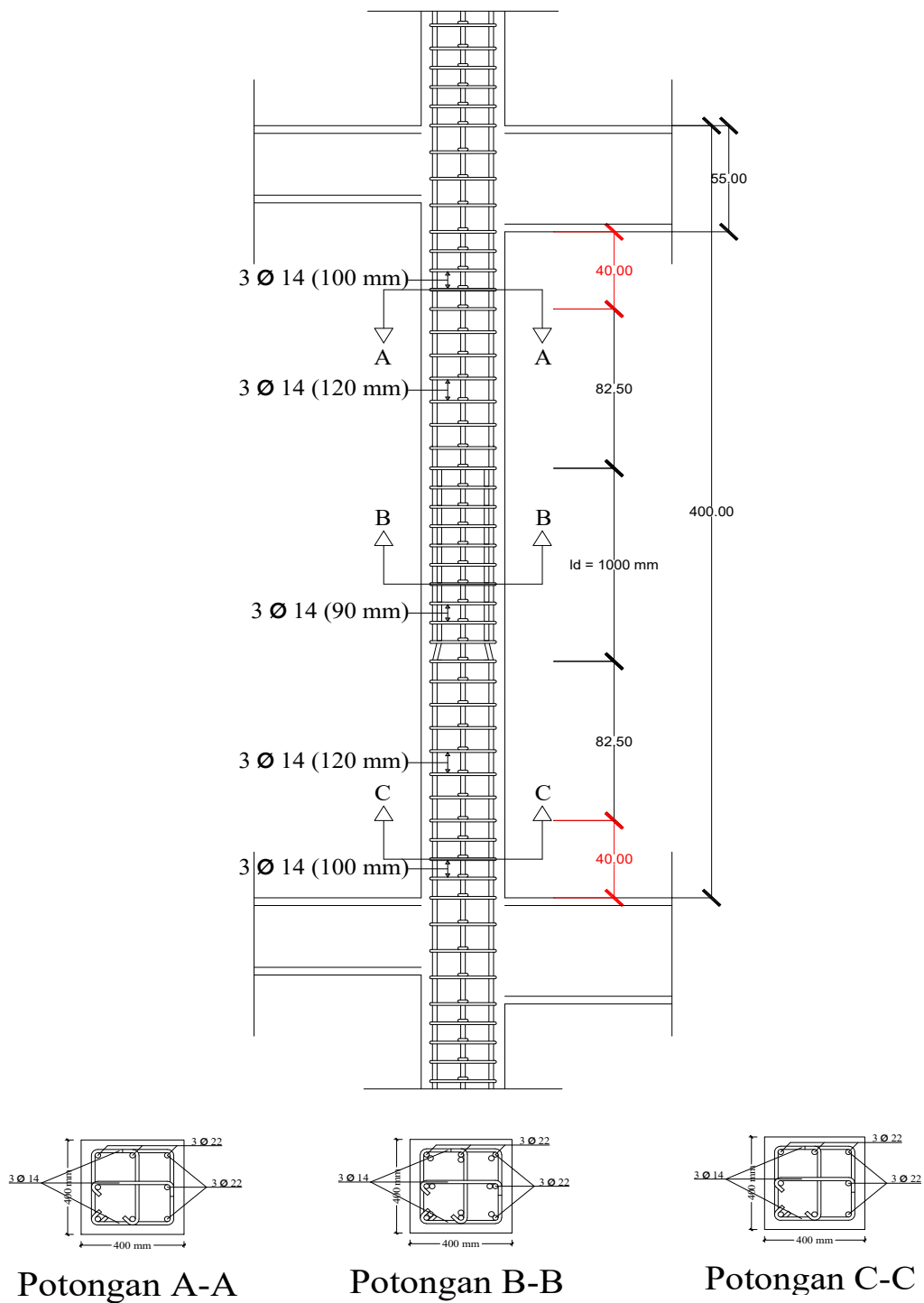
Maka :

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$895.186.667 \text{ Nmm} > 667.200.000 \text{ Nmm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

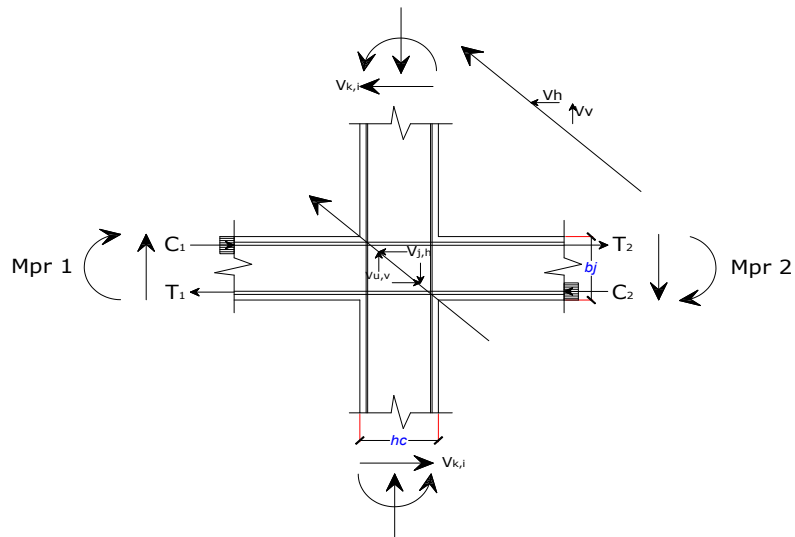
Dari hasil perencanaan balok dan kolom dapat disimpulkan bahwa :

Persyaratan "Strong Column Weak Beam" telah terpenuhiOK



Gambar 4.63 Detail Penulangan Longitudinal dan Transversal Kolom

4.6 Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom



Gambar 4.64 Analisa geser dari hubungan balok kolom (*Joint 68*)

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 f_c &= 30 \text{ MPa} & M_{pr}^-, b &= 250200000,00 \text{ Nmm} \\
 f_y &= 390 \text{ MPa} & M_{pr}^+, b &= 250200000,00 \text{ Nmm} \\
 h_{n, a} &= 3450 \text{ mm} \\
 h_{n, b} &= 3450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang terpasang pada balok :

$$\begin{aligned}
 \text{balok kiri} &= 8 \text{ D } 19 \\
 \text{balok kanan} &= 8 \text{ D } 19
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan kuat geser nominal pada joint :

Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned}
 A_{s_1} &= 8 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 2267,08 \text{ mm}^2 \\
 A_{s_2} &= 8 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 2267,08 \text{ mm}^2 \\
 T &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \\
 T_1 &= 2267,08 \times 1,25 \times 390 = 1105201,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T_2 = 2267,08 \times 1,25 \times 390 = 1105201,5 \text{ N}$$

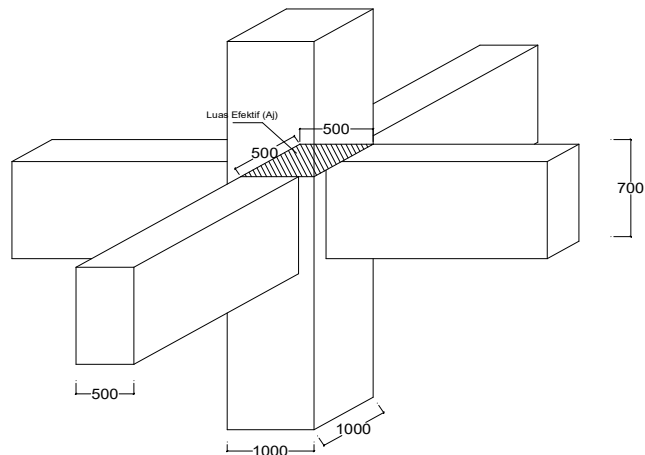
$$\begin{aligned} M_u &= \frac{M_{pr, b. \text{ kanan}} + M_{pr, b. \text{ kiri}}}{2} \\ &= \frac{250200000,000 + 250200000,000}{2} \\ &= 250200000,000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_h &= \frac{2 \times M_u}{h_n / 2} \\ &= \frac{2 \times 250200000,00}{3450 / 2} \\ &= 1160347,826 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{jh} &= T_1 + T_2 - V_h \\ &= 1105201,50 + 1105201,50 - 1160347,83 \\ &= 350055,17 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal untuk HBK yang terkekang keempat sisinya maka berlaku :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j$$



Gambar 4.65 Luas efektif (A_j) untuk HBK

Maka :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j$$

$$350055,17 < 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 1000$$

$$350055,17 \text{ N} < 6983462,61 \text{ N} \dots\dots\text{OK}$$

- Penulangan geser horisontal

$$N_u = 1580252,13 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{1580252,1}{400 \times 400}$$

$$= 11,852 \text{ N/mm}^2 > 0,1 \cdot f_c = 0,1 \times 30 = 3,0 \text{ N/mm}^2$$

Jadi $V_{c,h}$ dihitung menurut persamaan

$$V_{c,h} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_u, k}{A_g} - 0,1 \times f'c \right) \times b_j \times h_c}$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{1580252}{160000} - 0,1 \times 30 \right) \times 400 \times 400}$$

$$= 317356,0282 \text{ N}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 350055,17 - 317356,03$$

$$= 32699,15 \text{ N}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y}$$

$$= \frac{32699,15}{390}$$

$$= 83,844 \text{ mm}^2$$

Coba dipasang 3 lapis tulangan sengkang :

$$\text{Maka As ada} = 3 \times 397,21$$

$$= 1191,63 \text{ mm}^2 > A_{j,h} = 83,844 \text{ mm}^2 \dots\dots\text{aman}$$

- Penulangan geser vertikal

$$V_{j,v} = \frac{h_c}{b_j} V_{j,h}$$

$$= \frac{400}{400} \times 350055,17$$

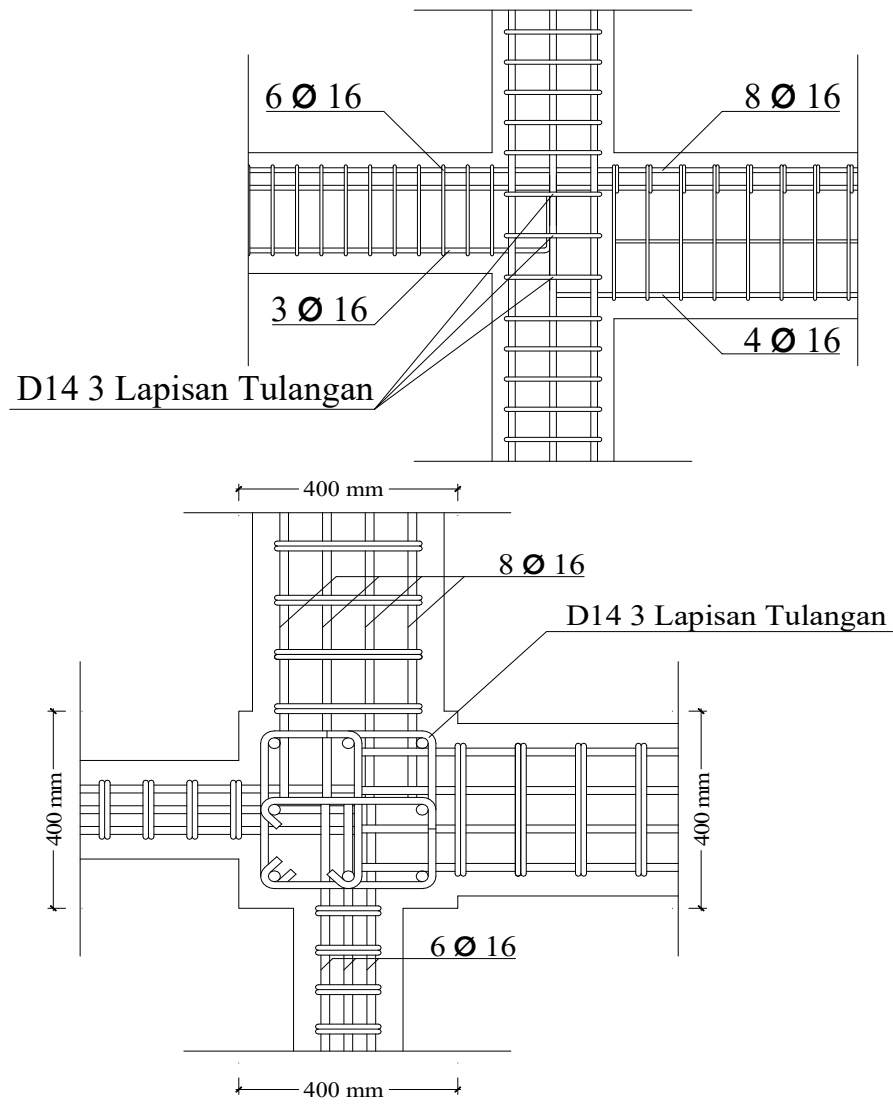
$$= 350055,17 \quad \text{N}$$

$$\begin{aligned} V_{c,v} &= \frac{As' \cdot V_{j,h}}{As} \times \left(0,6 + \frac{Nu, k}{Ag \cdot f'c} \right) \\ &= \frac{2267,08 \times 350055,17}{2267,08} \times \left(0,6 + \frac{1580252,13}{160000 \times 30} \right) \\ &= 325277,99 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s,v} &= V_{j,v} - V_{c,v} \\ &= 350055,17 - 325277,99 \\ &= 24777,187 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{j,v} &= \frac{V_{s,v}}{fy} \\ &= \frac{24777,187}{390} \\ &= 63,531 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan kolom yang terpasang 3 Ø 14 dimana luas tulangan (As ada = 1192 mm^2) > $63,53 \text{ mm}^2$. Maka tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan kolom yang terpasang.



Gambar 4.66 Penulangan Hubungan Balok Kolom (*Joint 68*)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada perencanaan struktur dinding geser pada gedung B Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang memiliki ukuran dinding geser dengan panjang 6000 mm dan tebal 300 mm.
2. Penulangan longitudinal
Dibutuhkan jumlah tulangan longitudinalnya ialah 70 D 22 yang terbagi sebagai berikut :
 - Kepala dinding geser sebelah kiri terdapat tulangan 12 D 22 dengan jarak antar tulangan 50 mm
 - Kepala dinding geser bagian kanan 12 D 22 dengan jarak antar tulangan 50 mm
 - Badan dinding geser 46 D 22 dengan jarak antar tulangan yang bervariasi yaitu 180 mm dan 240 mm.
3. Penulangan Transversal :
 - Jumlah tulangan transversal berjumlah 34 ϕ 12 dengan jarak yang bervariasi yaitu 100 mm dan 150 mm, kemudian pada sambungan berjumlah 11 ϕ 12 dengan jarak 100 mm.
4. Gambar tulangan terletak pada lampiran gambar

5.2 Saran

- Pada perhitungan struktur dinding geser untuk gedung bertingkat diperlukan analisa perhitungan yang teliti dan cermat sehingga dapat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan. Apalagi dinding geser adalah struktur tahan gempa yang juga menentukan kekokohan sebuah gedung bertingkat tinggi dalam masing-masing wilayah gempa yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya, SNI 1727-2013, Jakarta.
- Muto Kiyoshi. 1987. *ASEISMIC DESIGN ANALYSIS OF BUILDINGS (Analisis Perancangan Gedung Tahan Gempa)* yang di terjemahkan oleh Wira, Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia – Penerbit Erlangga.
- Purwono, Rachmat . 2010. *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa : perencanaan dan perhitungan sesuai SNI 1726 dan SNI 2847 terbaru – edisi keempat.*
- Tavio. 2009. *DESAIN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN DAN DINDING STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPA* (sesuai SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 dilengkapi pemodelan dan analisis dengan menggunakan program bantu ETABS v.9.07) – Cetakan Pertama– Penerbit itspress.
- DPU. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (PPURG) SKBI-1.3.53.1987. Jakarta
- Tavio, Benny Kusuma. 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, sesuai SNI 03-2847-2002 DAN SNI 03-1726-2002 Dilengkapi Pemodelan dan Analisis Dengan Program Bantu ETABS V.9.07.

LAMPIRAN
GAMBAR DENAH, POTONGAN, DAN
DENAH KOLOM BALOK

LAMPIRAN
DATA BORING

LAMPIRAN
GAMBAR TEGANGAN DAN REGANGAN
GAMBAR PENULANGAN

LAMPIRAN
PENULANGAN KOLOM BALOK

LAMPIRAN
LEMBAR ASISTENSI DAN REVISI



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 1
GEDUNG B

1 : 350

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI

KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA

TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR

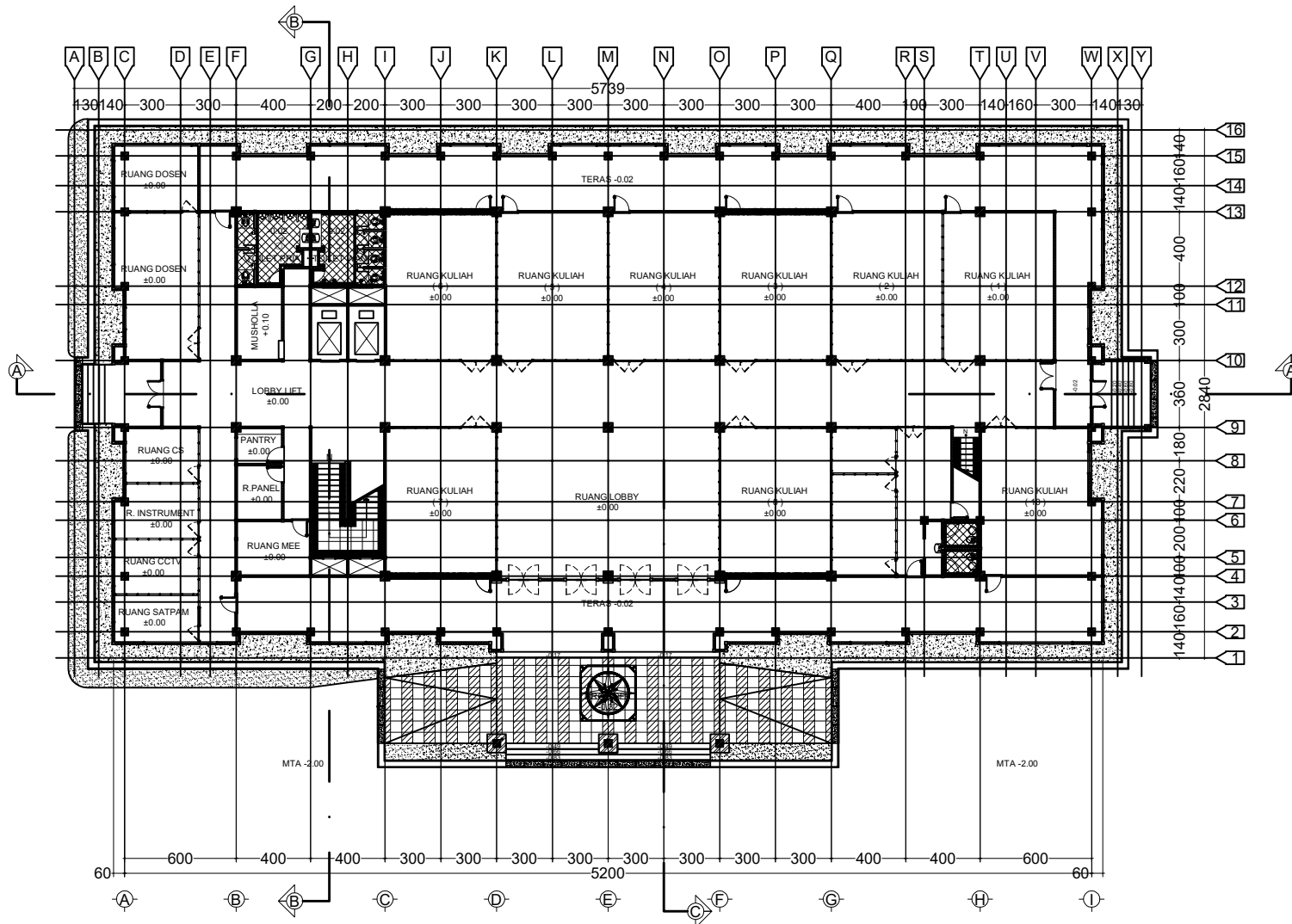
NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS 1

1

32



DENAH LANTAI 1 GEDUNG B
SKALA 1 : 350 LEVEL ±0.00



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 2
GEDUNG B

1 : 350

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI

KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA

TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si, M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR

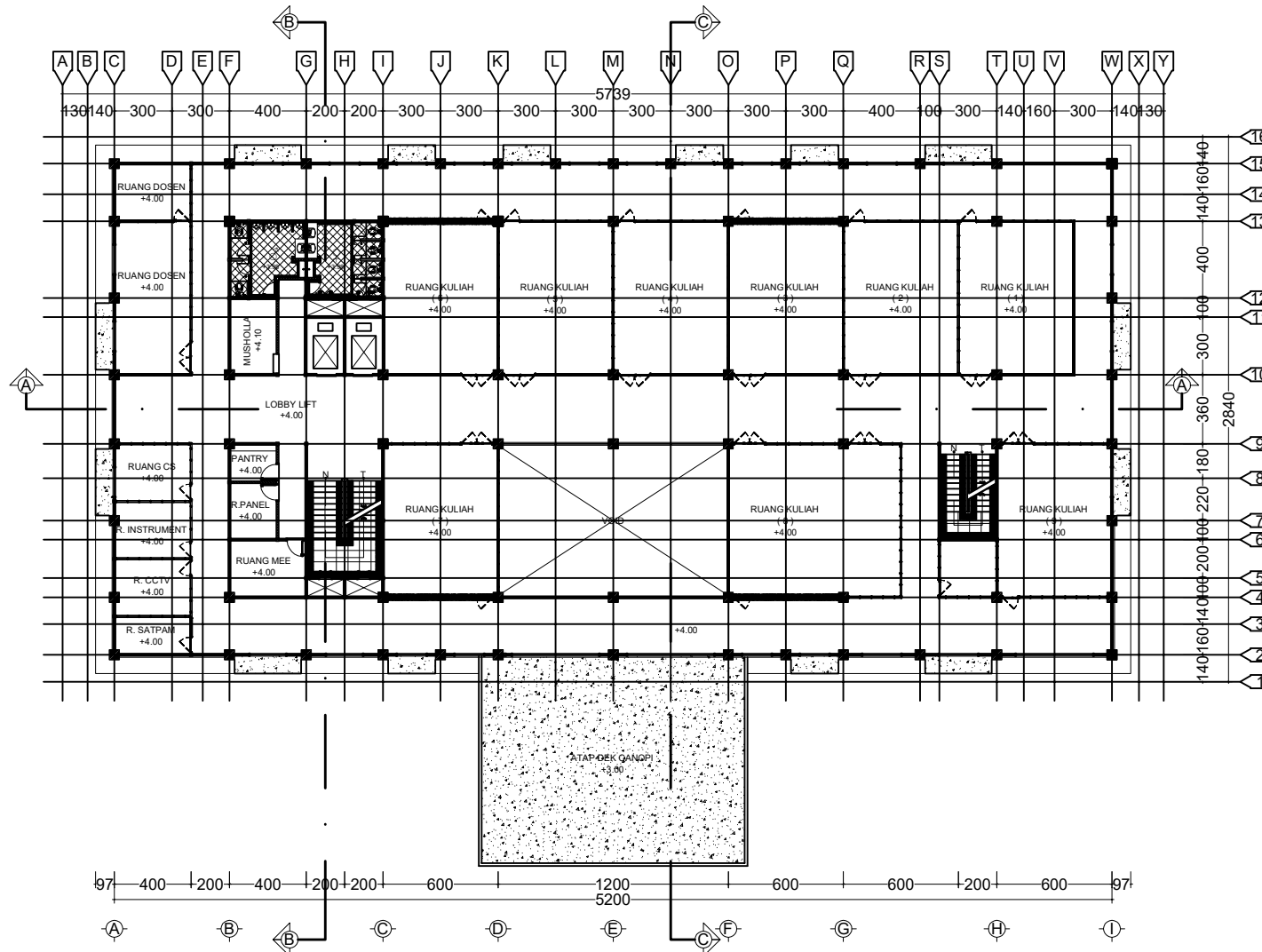
NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS 1

2

32



DENAH LANTAI 2 GEDUNG B
SKALA 1 : 350 LEVEL +4.00



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI 3
GEDUNG B 1 : 320

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA
TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

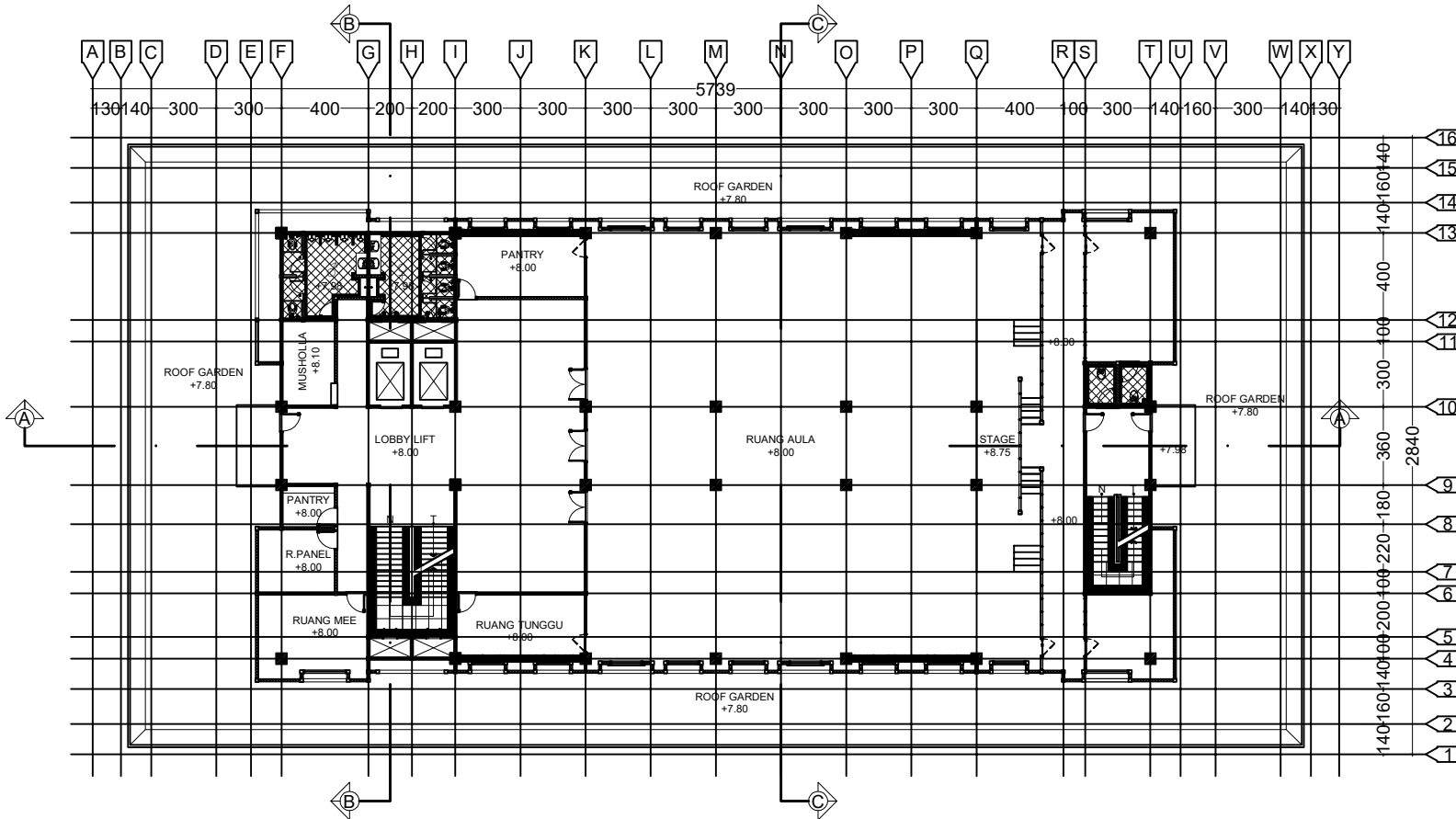
Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI
PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

AS 1 3 32



DENAH LANTAI 3 GEDUNG B
SKALA 1 : 320 LEVEL +8.00



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI 4
GEDUNG B

1 : 320

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA
TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

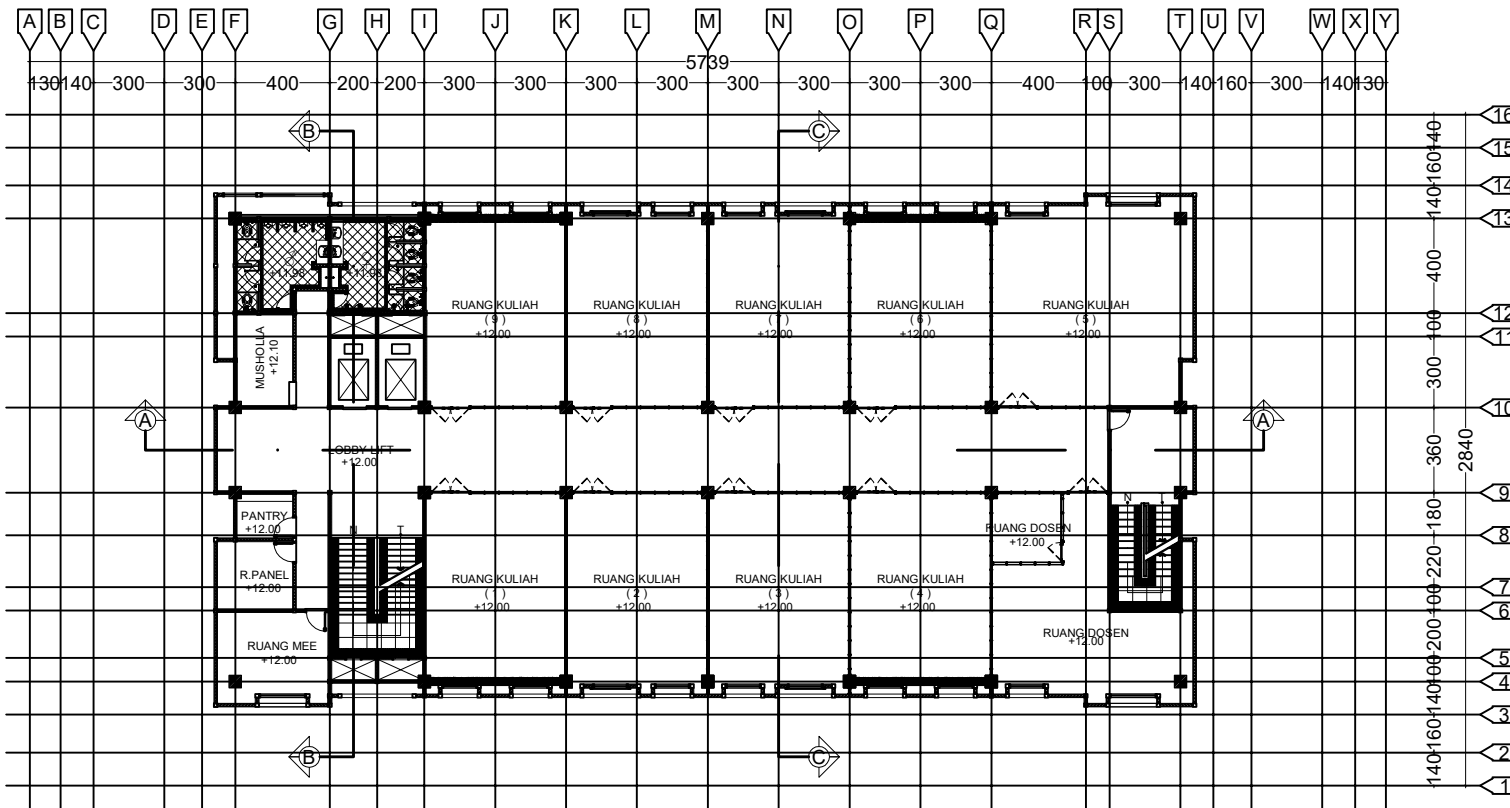
Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI
PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 197007201997021001

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JML. LEMBAR

AS 1 4 32



DENAH LANTAI 4 GEDUNG B
SKALA 1 : 320 LEVEL +12.00



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI 5
GEDUNG B 1 : 320

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA
TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

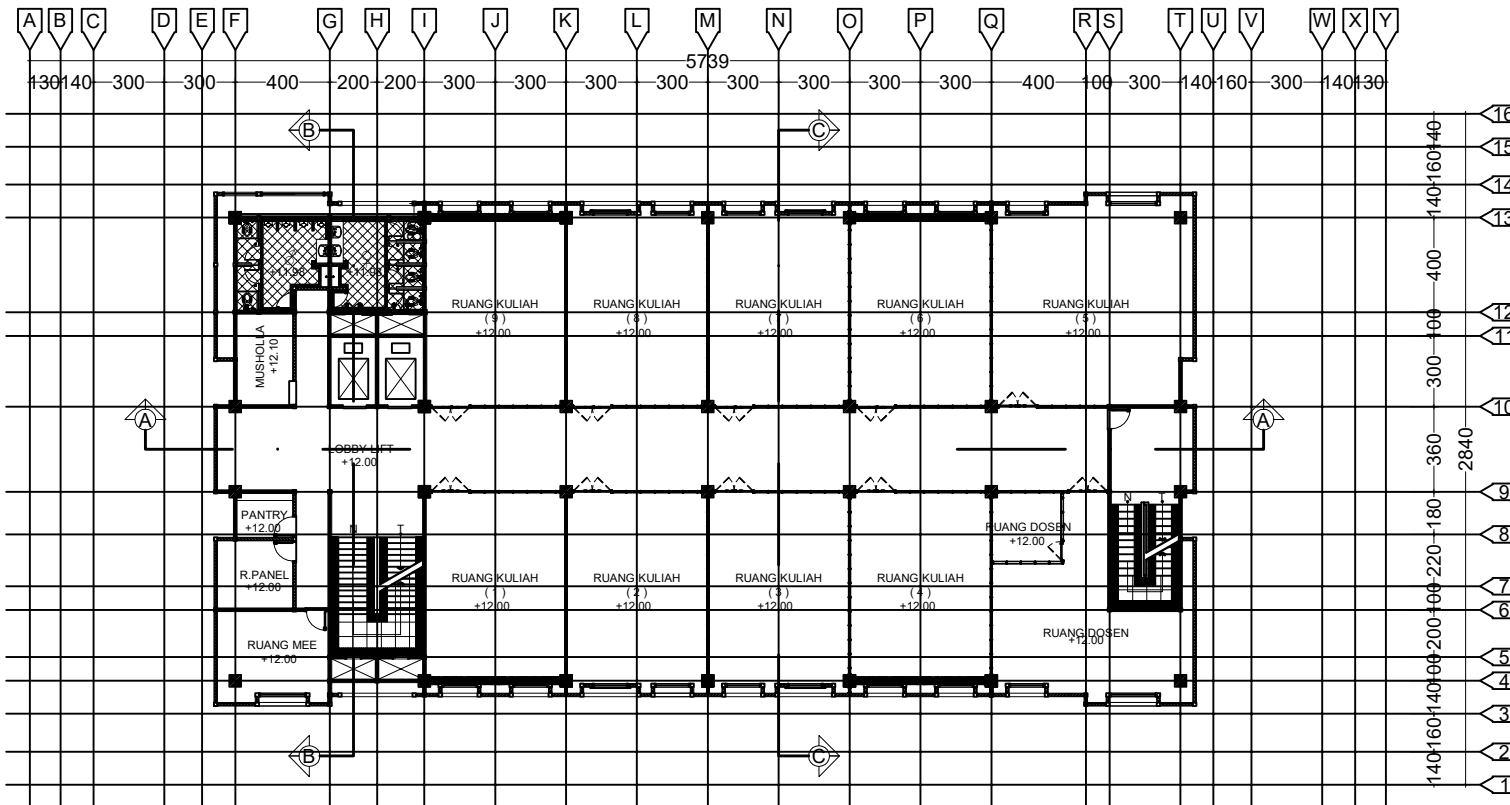
Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI
PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
-------------	------------	-------------

AS 1	5	32
------	---	----



DENAH LANTAI 5 GEDUNG B
SKALA 1 : 320 LEVEL +16.00



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

**PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG**

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR **SKALA**

**DENAH LANTAI 6
GEDUNG B** **1 : 320**

DI BUAT OLEH

**KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA**

**WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR**

**MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA**

**HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER**

**DI PERIKSA
TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002**

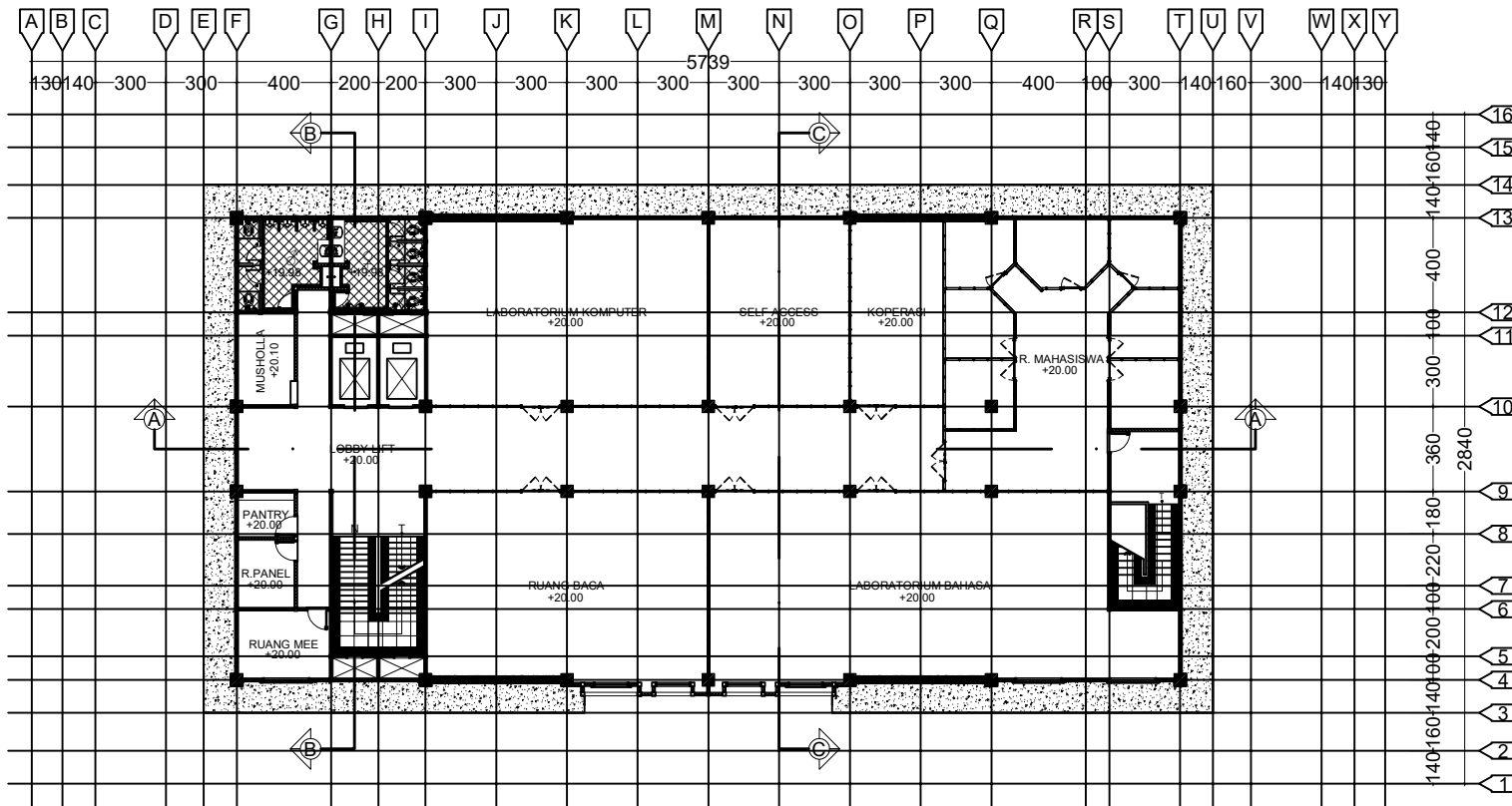
MENYETUJUI

**PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 197007201997021001**

KODE GAMBAR **NO. LEMBAR** **JML. LEMBAR**

AS 1 **6** **32**



DENAH LANTAI 6 GEDUNG B
SKALA 1 : 320 LEVEL +20.00



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

**PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG**

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR SKALA

**DENAH LANTAI 7
GEDUNG B** 1 : 320

DI BUAT OLEH

**KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA**

**WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR**

**MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA**

**HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER**

DI PERIKSA

**TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002**

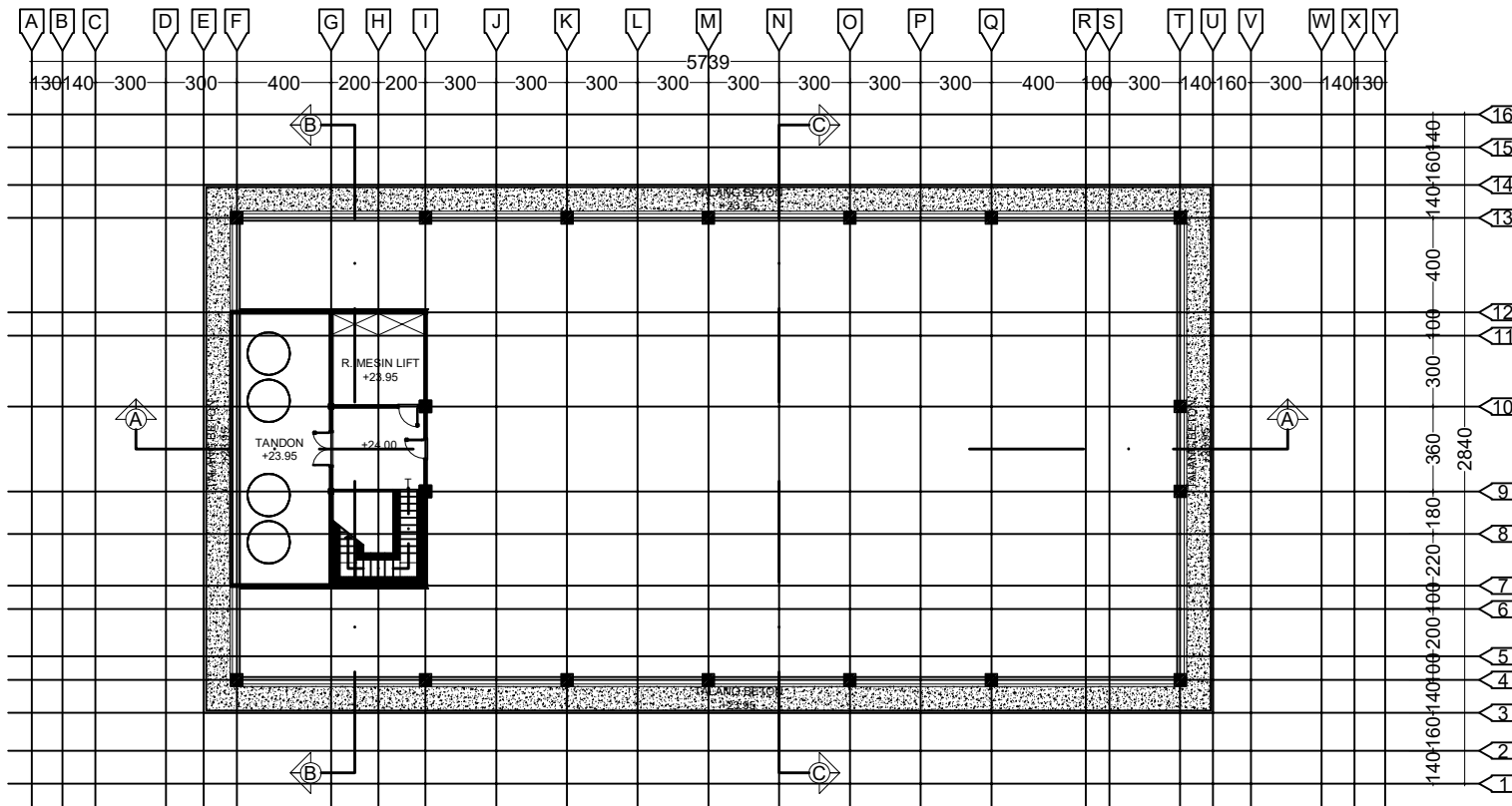
MENYETUJUI

**PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 197007201997021001**

KODE GAMBAR **NO. LEMBAR** **JML. LEMBAR**

AS 1 **7** **32**



DENAH LANTAI 7 GEDUNG B
SKALA 1 : 320 LEVEL +24.00



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

TAMPAK DEPAN

1 : 300

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI

KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA

TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 197007201997021001

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS2

8

32



TAMPAK DEPAN

SKALA 1 : 300



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

TAMPAK BELAKANG

1 : 300

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI

KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA

TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR

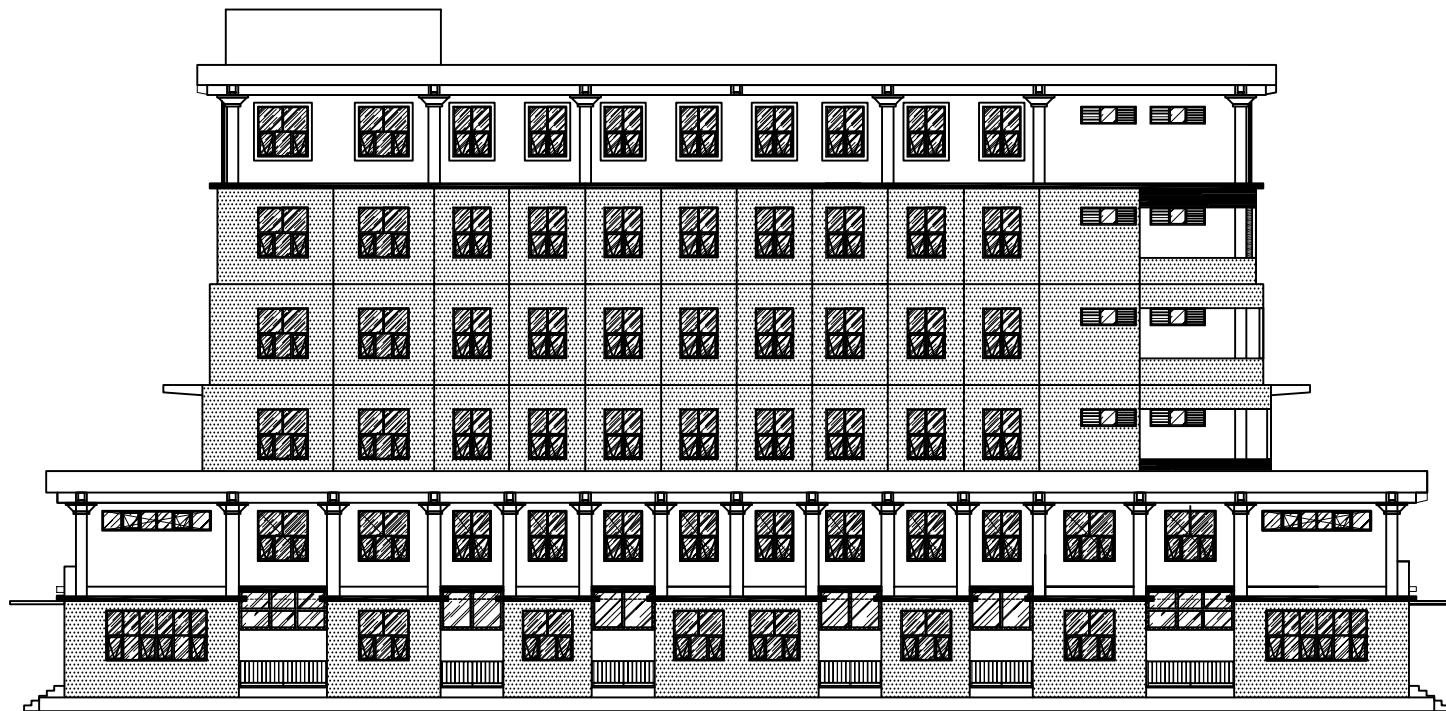
NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS2

9

32



TAMPAK BELAKANG

SKALA 1 : 300



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING KIRI

1 : 300

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI

KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA

TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS2

10

32



TAMPAK SAMPING KIRI

SKALA 1 : 300



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING KANAN

1 : 300

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA

TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS2

11

32



TAMPAK SAMPING KANAN

SKALA 1 : 300



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

POTONGAN A-A

1 : 350

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA
TIM TEKNIK FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR

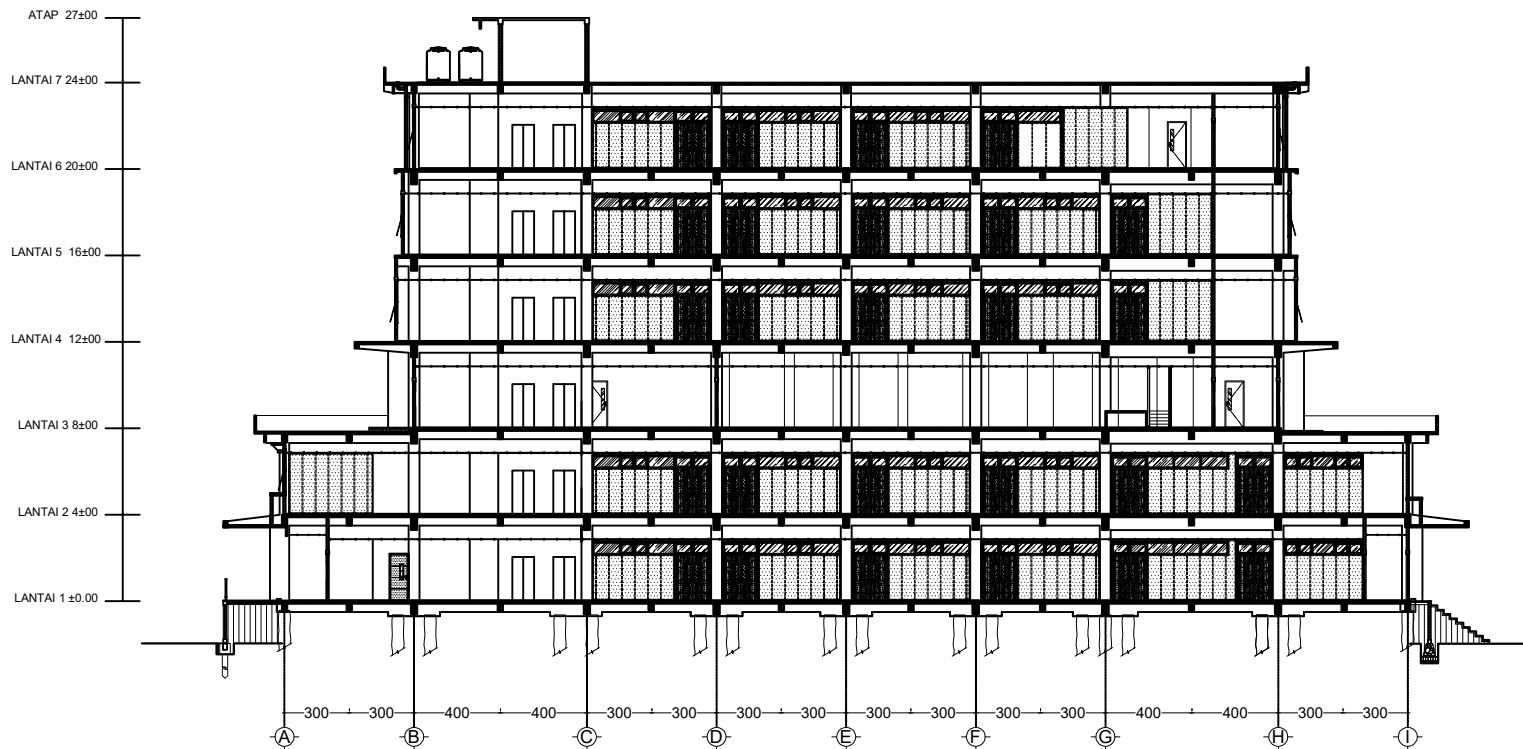
NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS3

12

32



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 350



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

POTONGAN B-B

1 : 200

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI
KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA
TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

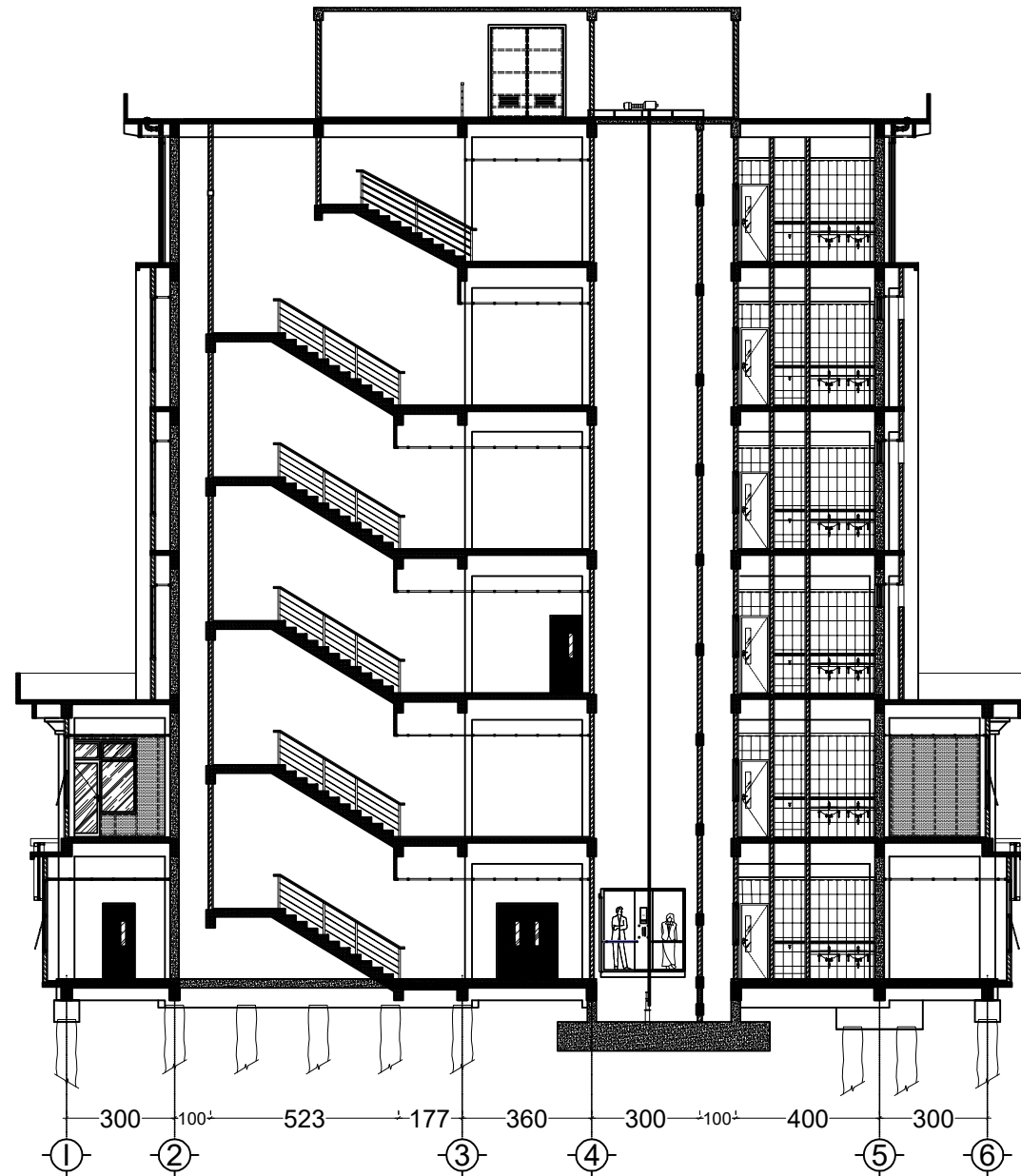
KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS3 13 32

ATAP 27±00
LANTAI 7 24±00
LANTAI 6 20±00
LANTAI 5 16±00
LANTAI 4 12±00
LANTAI 3 8±00
LANTAI 2 4±00
LANTAI 1 ±0.00



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 200



AS BULIT DRAWING

NAMA KEGIATAN

PEMBANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - MALANG

LOKASI KEGIATAN

PERUMAHAN PUNCAK DIENG - MALANG

NAMA GAMBAR

SKALA

POTONGAN C-C

1 : 250

DI BUAT OLEH

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. SURYA SARANA SENTOSA

WISHNU WIDYATOMO, SH
DIREKTUR

MENGETAHUI

KONSULTAN PENGAWAS
CV. DHIRATAMA CIPTA PERSADA

HENDHIRA ASTIANTO, ST
TIM LEADER

DI PERIKSA

TIM TEKNIS FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Ir. BAMBANG YATNAWIJAYA S.
NIP : 19530620 198303 1 002

MENYETUJUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN FKH
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MOH.FARID RAHMAN, S.Si., M.Si
NIP : 1970077201997021001

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

AS3

14

32

ATAP 27±00

LANTAI 7 24±00

LANTAI 6 20±00

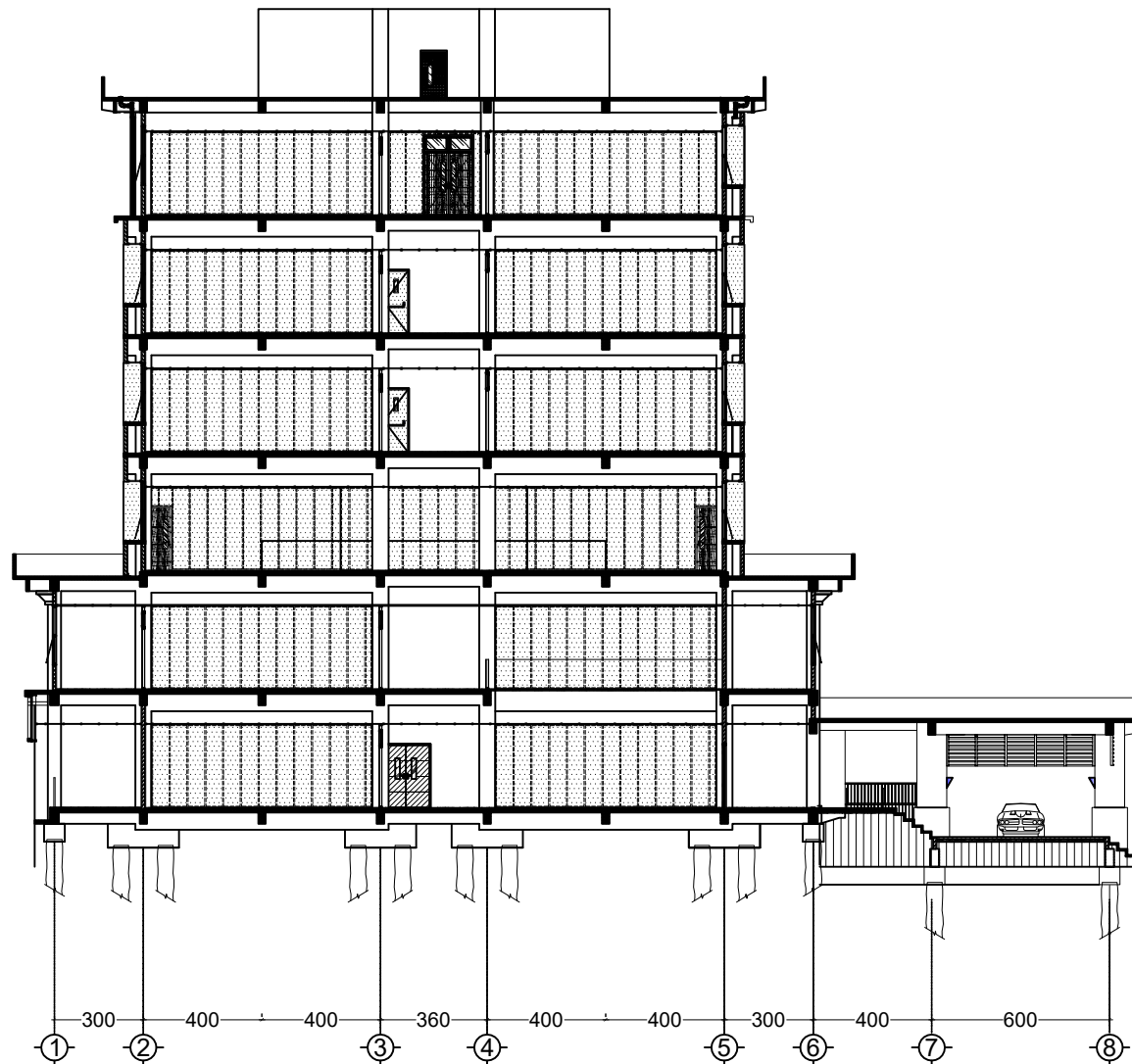
LANTAI 5 16±00

LANTAI 4 12±00

LANTAI 3 8±00

LANTAI 2 4±00

LANTAI 1 ±0.00



POTONGAN C-C
SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

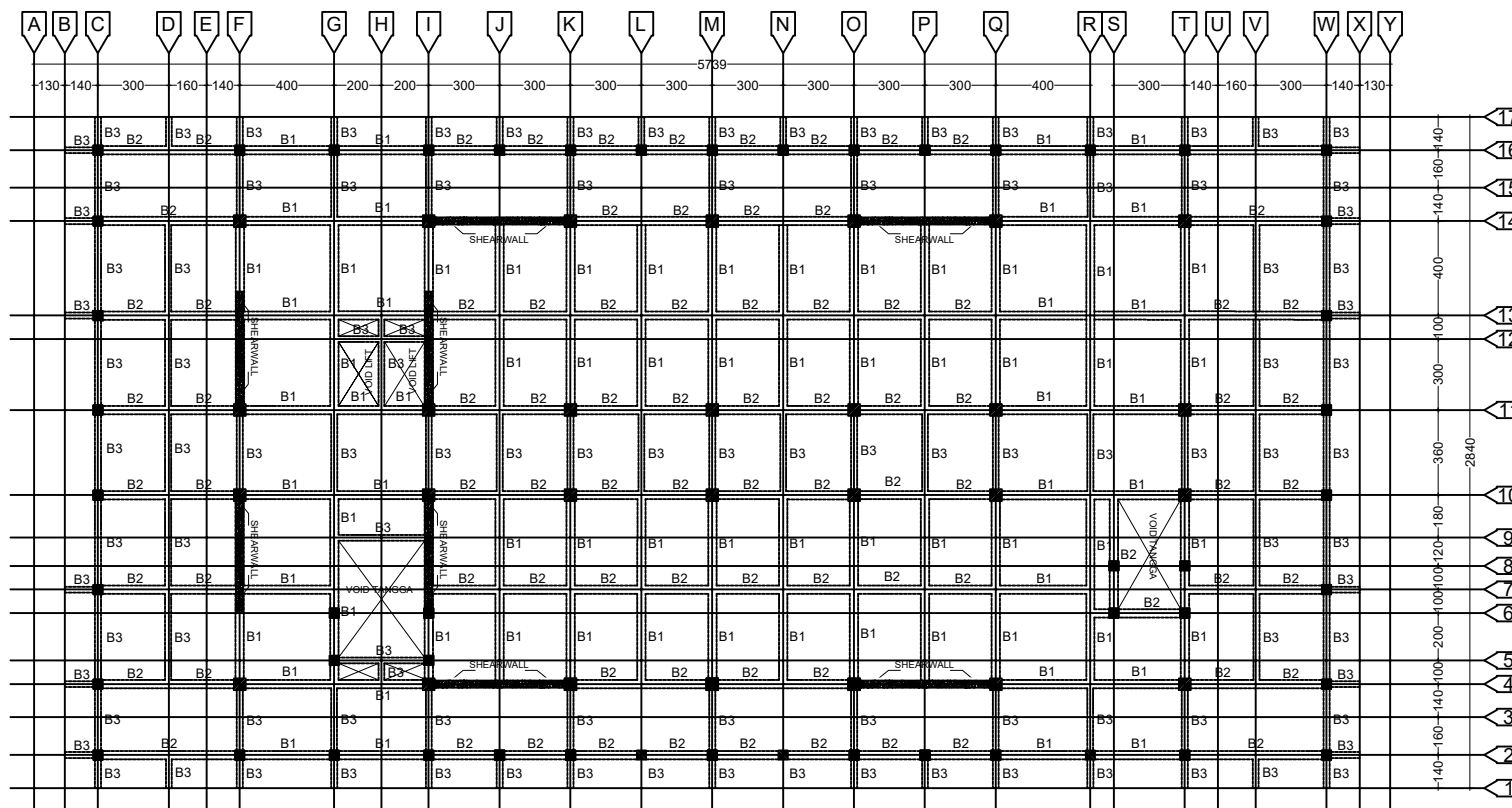
Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 1 GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL ±0.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30

NAMA GAMBAR	SKALA
KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 1 GEDUNG B	1 : 320
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

15

32



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 Hewan UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

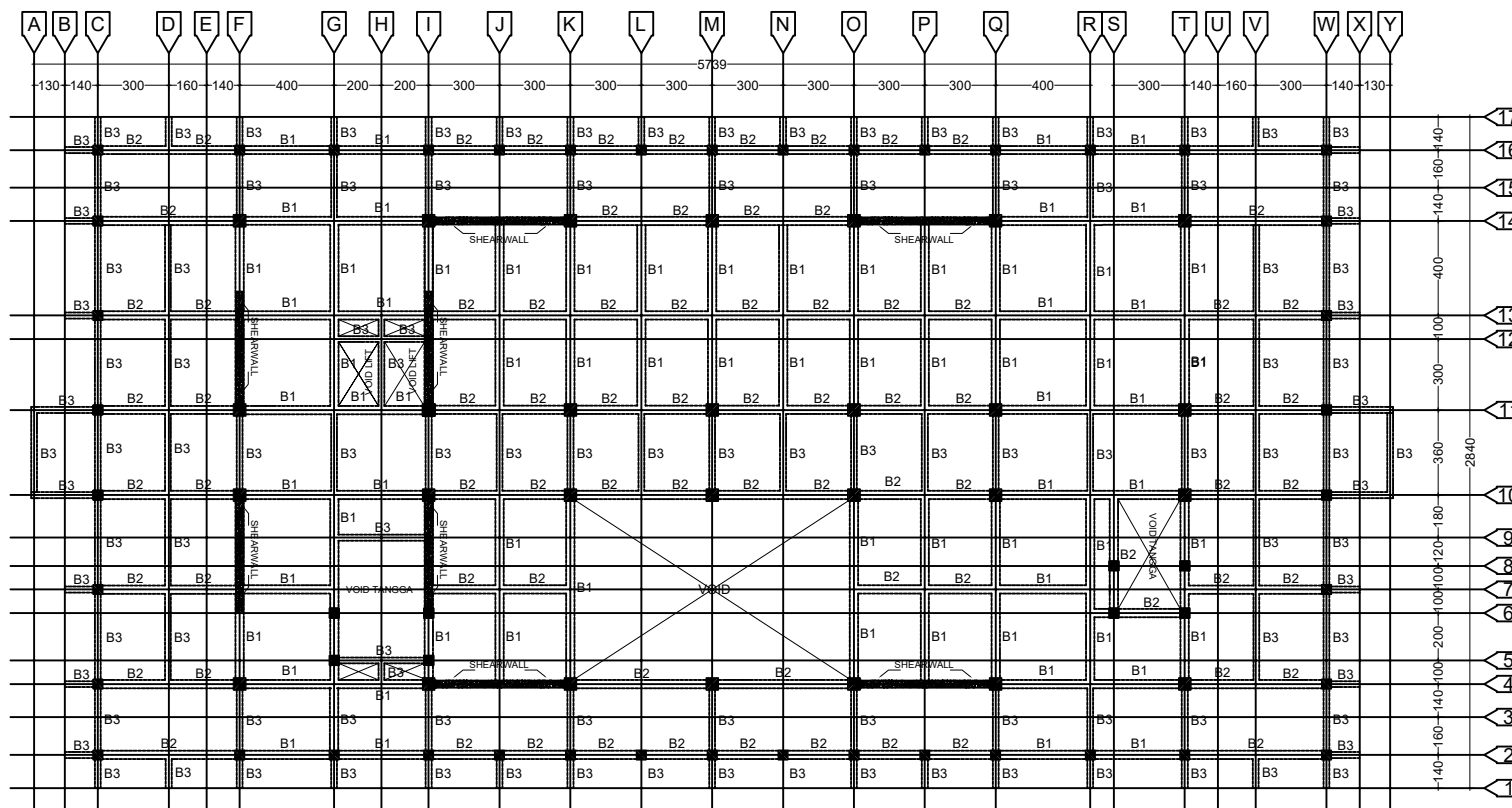
Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 2 GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL +8.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30

NAMA GAMBAR	SKALA
KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 2 GEDUNG B	1 : 320
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

16

32



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 Hewan UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

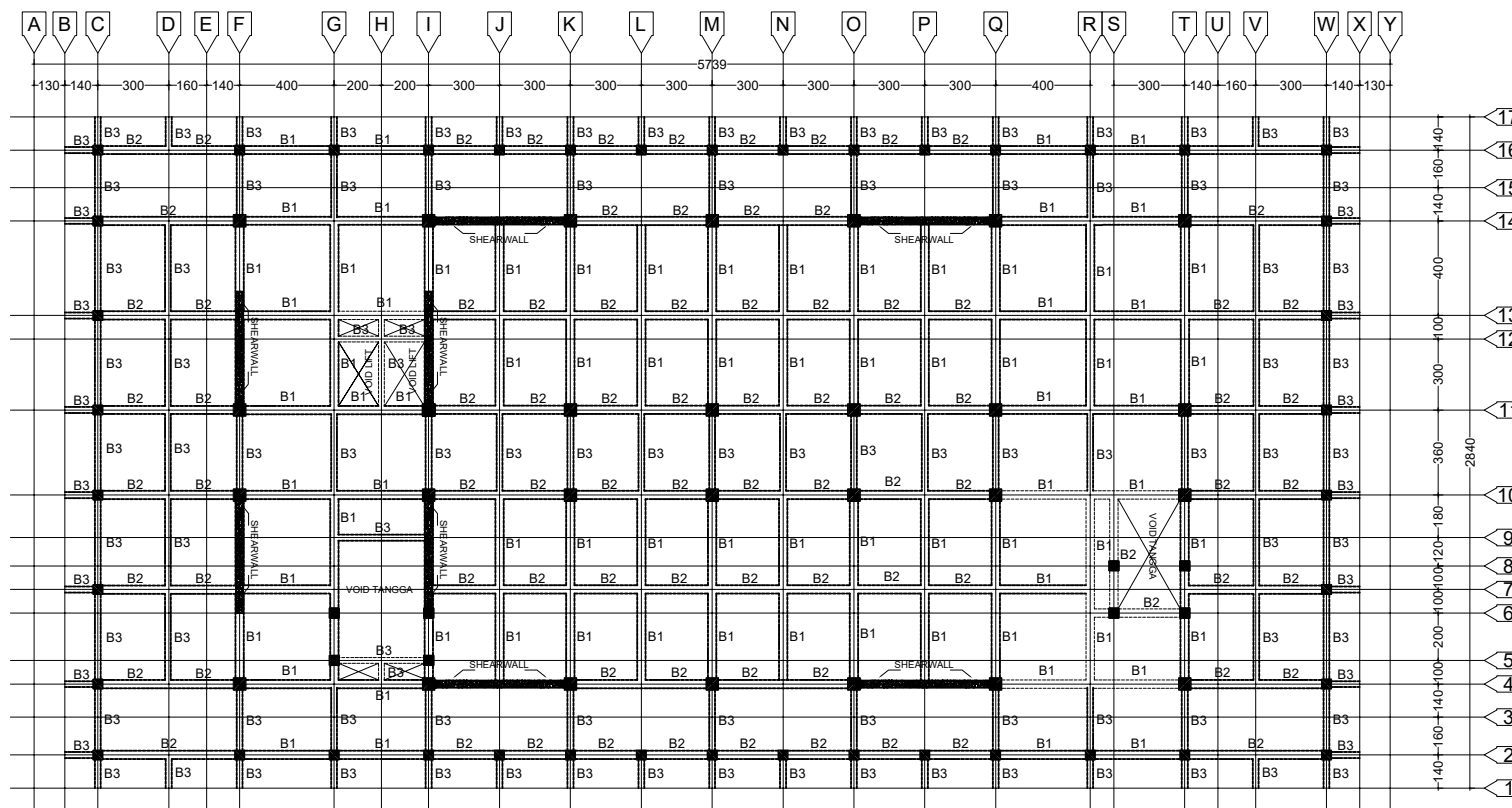
Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 3 GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL +8.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30

NAMA GAMBAR	SKALA
KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 3 GEDUNG B	1 : 320
NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
17	32



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064

NAMA GAMBAR

SKALA

KEYPLAN BALOK KOLOM
 LANTAI 4 GEDUNG B

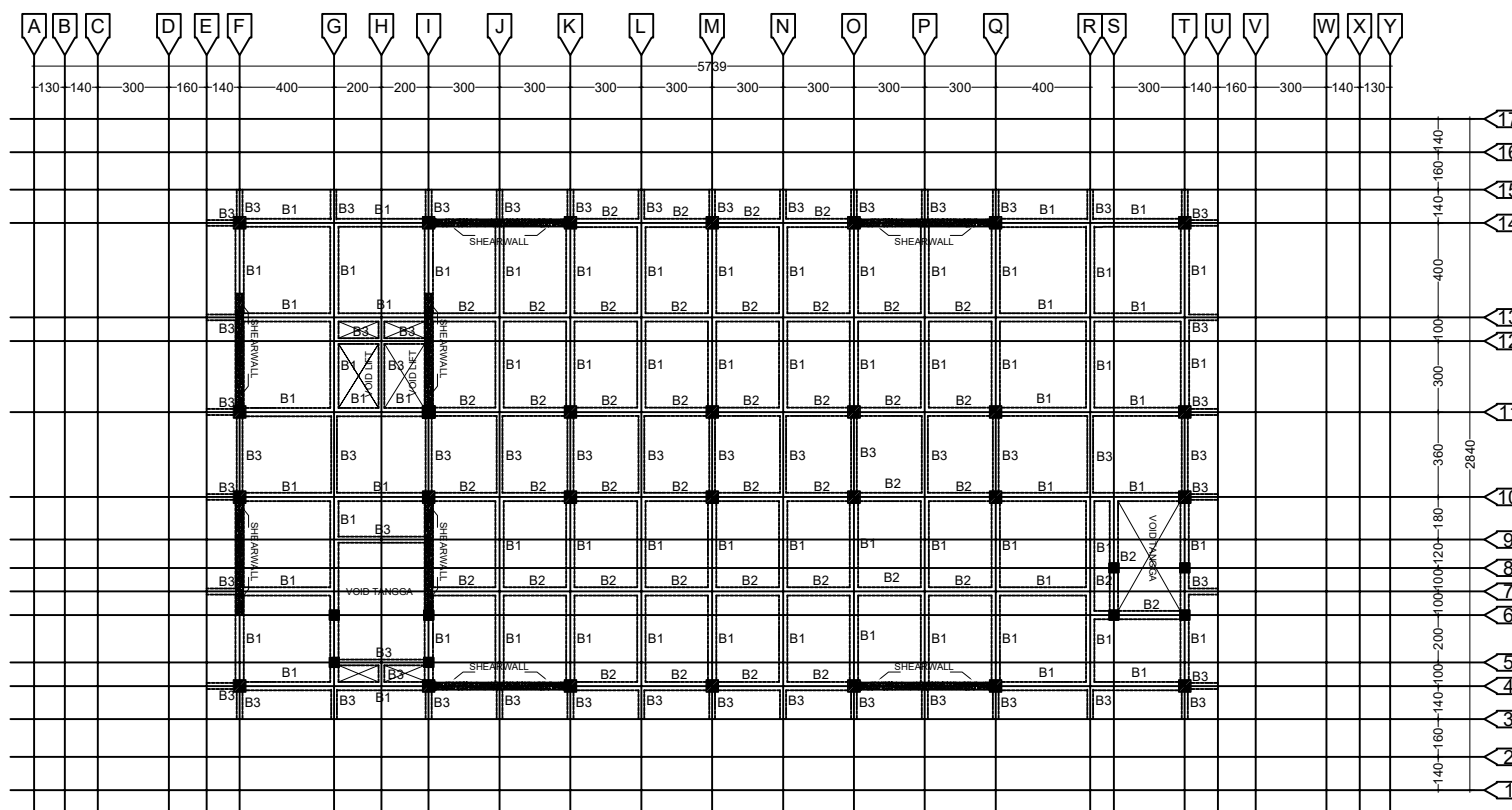
1 : 320

NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

18

32



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 4 GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL +12.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 Hewan UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064

NAMA GAMBAR

SKALA

KEYPLAN BALOK KOLOM
 LANTAI 5 GEDUNG B

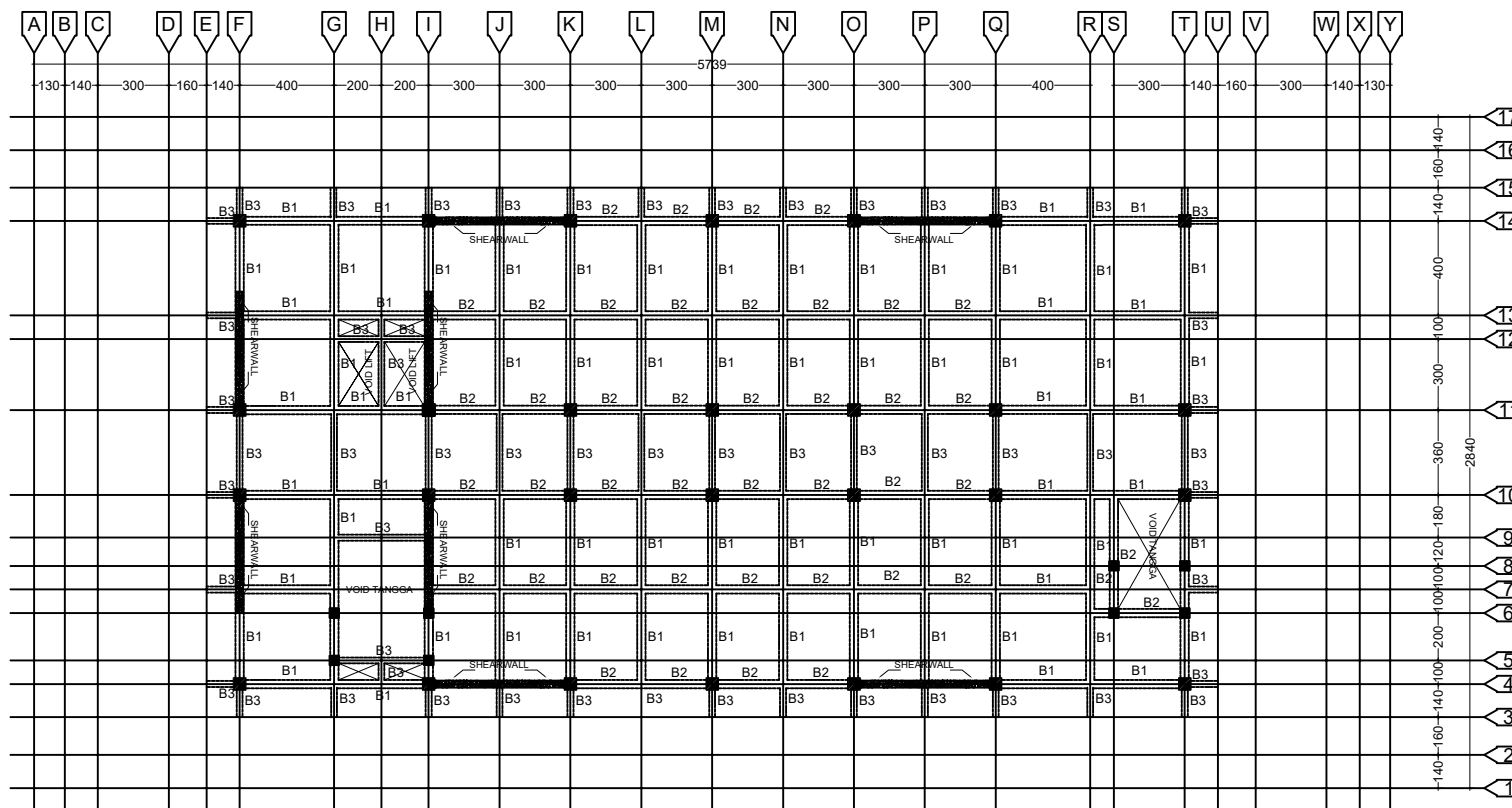
1 : 320

NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

19

32



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 5 GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL +16.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064

NAMA GAMBAR

SKALA

KEYPLAN BALOK KOLOM
 LANTAI 6 GEDUNG B

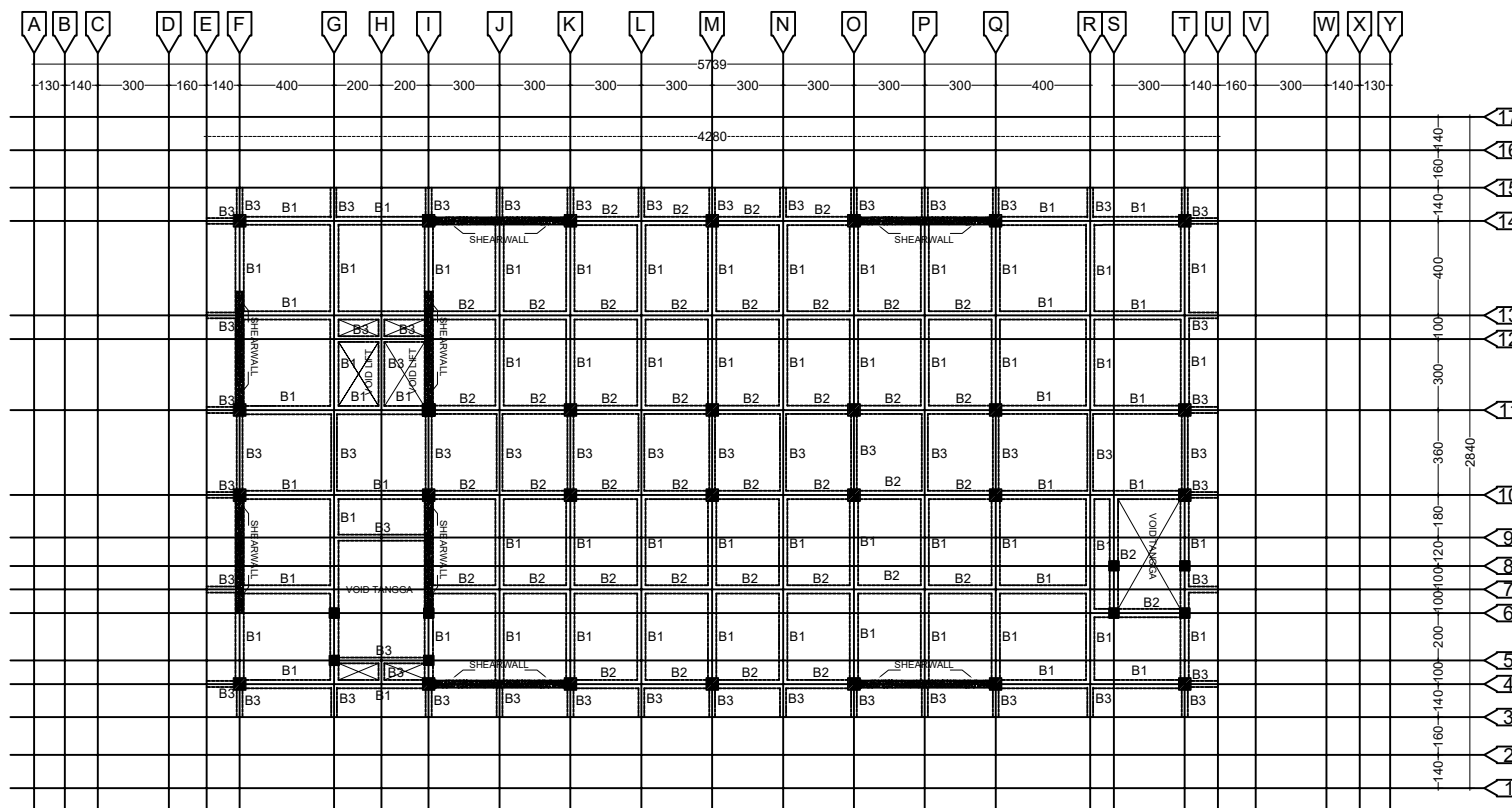
1 : 320

NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

20

32



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 6 GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL +20.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064

NAMA GAMBAR

SKALA

KEYPLAN BALOK KOLOM
 LANTAI 7 GEDUNG B

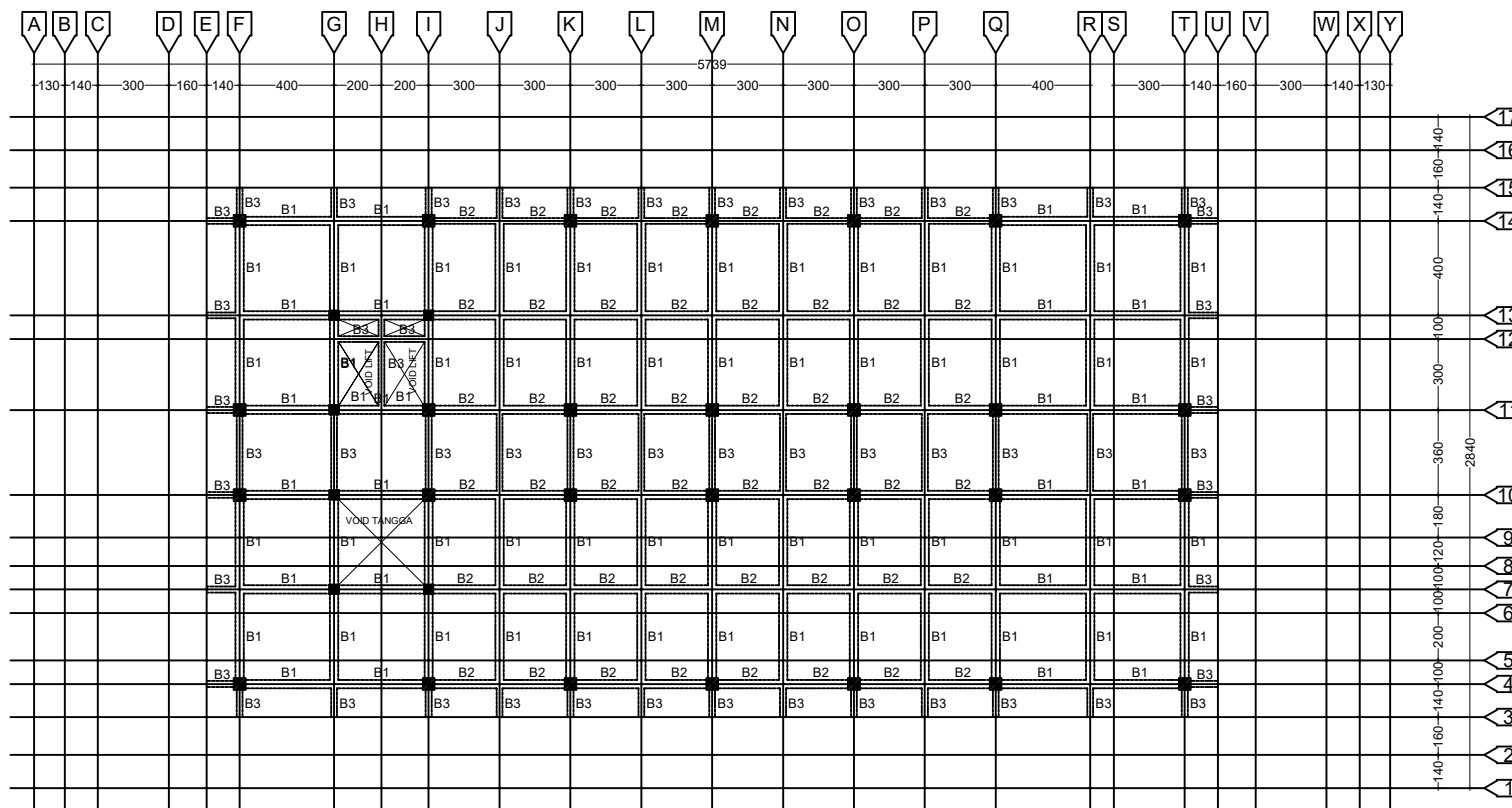
1 : 320

NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

21

32



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI 7 GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL +24.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

SKRIPSI

PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM
 GANDA PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN
 HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

KETERANGAN

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Agus Santosa, MT.

MENGETAHUI DOSEN PEMBIMBING 2

M. Erfan, ST. MT

DIGAMBAR OLEH :

M.Brani Nova Bisma
 13.21.064

NAMA GAMBAR

SKALA

KEYPLAN BALOK KOLOM
 LANTAI ATAP GEDUNG B

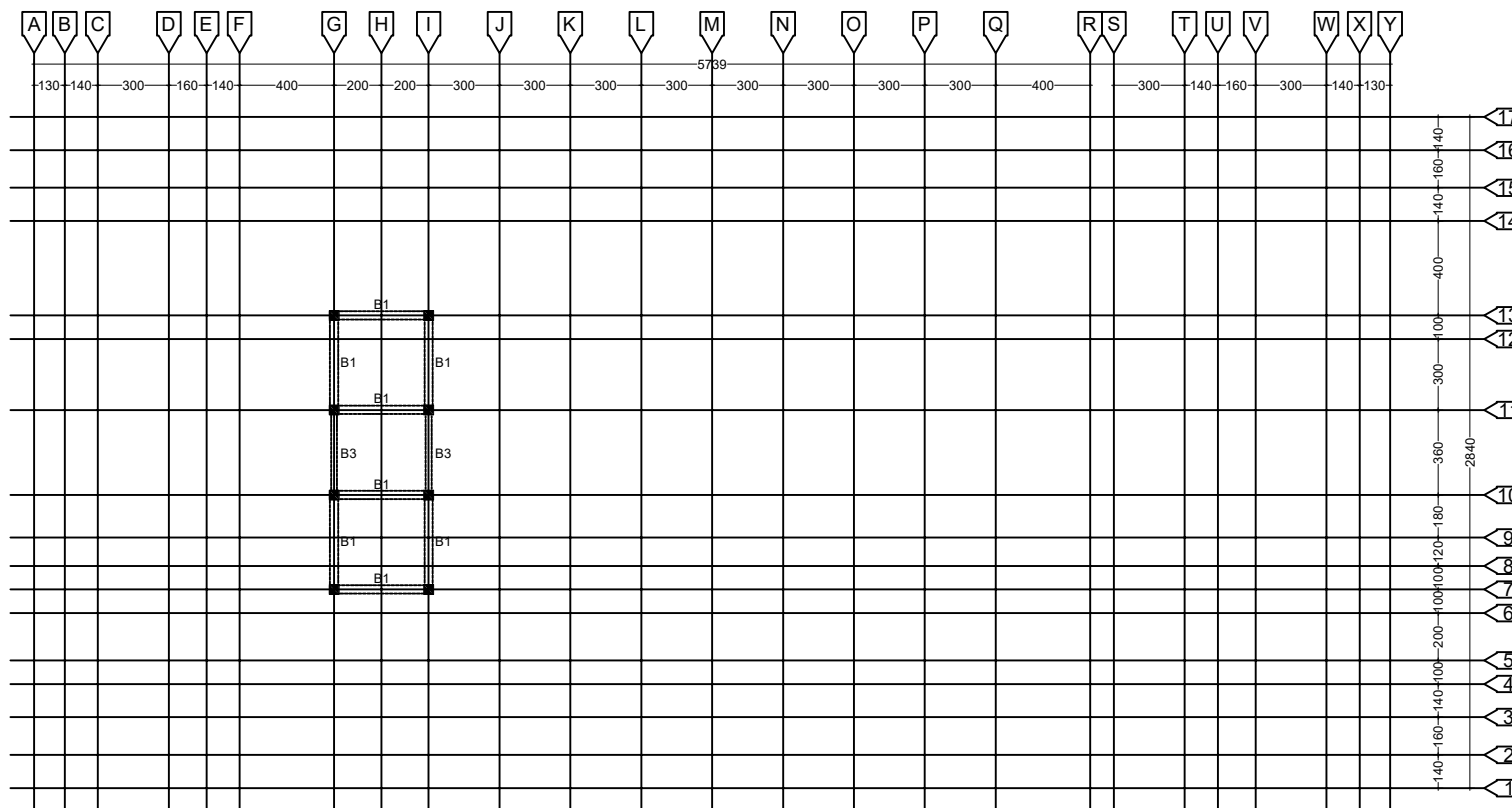
1 : 320

NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

22

32



KEYPLAN BALOK KOLOM LANTAI ATAP GEDUNG B
 SKALA 1 : 320 LEVEL +27.00

Keterangan Dimensi Balok:
 B1 = 30 x 55
 B2 = 20 x 40
 B3 = 15 x 30

LAMPIRAN
DATA BORING



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 – 551431 ext. 256 Malang

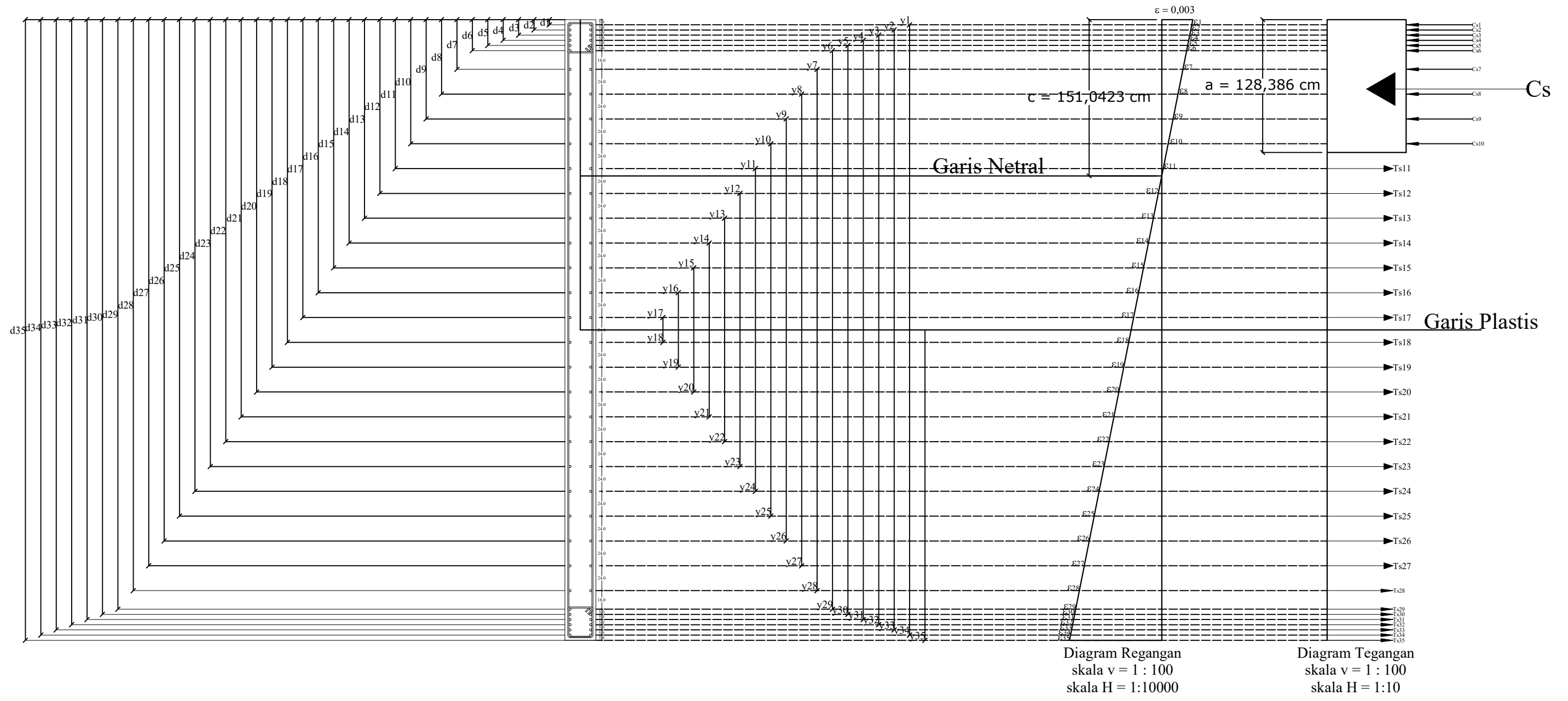
DRILL LOG

Hole No : BH-1

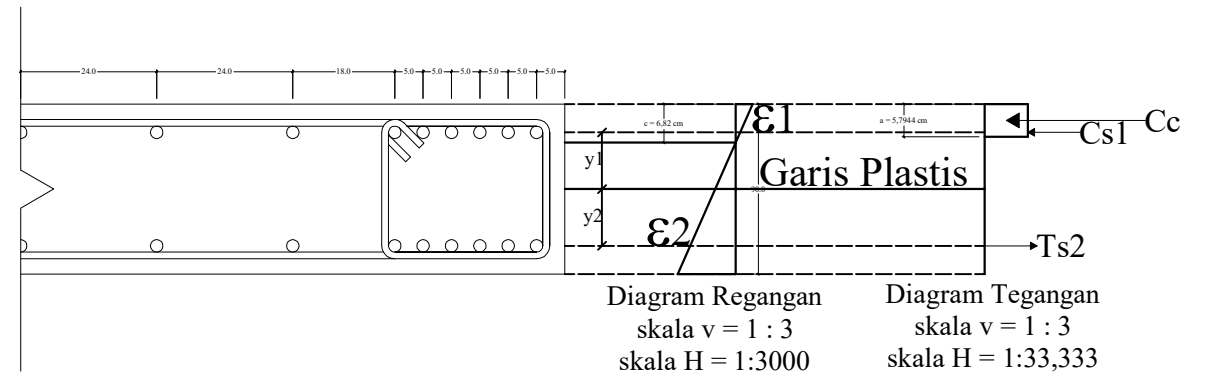
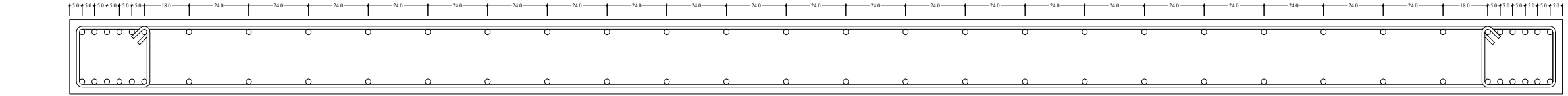
Sheet No. : 1 of 2

Project		Pembangunan Rusun Universitas Brawijaya Malang				Depth	30.00 Meter	Drill Rig									
Site		Jl. Kaisonggo Kel. Kaisonggo Kec. Dau Kab. Malang		Coordinate	X: - Y: -	Inclination	Vertical	Drilled By	Nurul eka								
Elevation	 Meter		Date	9-Nov-15 to 15-Nov-15	GWL	-4.5 Meter	Logged By	Dita L. Febrianto								
Date	Depth (m)	G.W.L.	Elevation (m)	Formation	Column Section	Description	SPT N-Value Number of Blows per 30 Cm Penetration	Core Recovery (%)	RQD (%)	Logos/ Permeability	Rock Classification	Unit Sampler (UDS)	Casing Pipe	Depth (m)			
	1			Tanah		Tanah Warna coklat, hasil pelapukan batupasir dan batu lempung, terdapat kerikil andesit ukuran 1-3 Cm, terdapat akar tumbuhan, plastisitas tinggi, kadar air tinggi, lembek liat. at. 0.0 - 3.0 M - Tanah	9	100			D			1			
	2						Pasir Lempungan		Pasir Lempungan Pasir warna coklat, sedikit mengandung lempungan, butir mudah lepas, ukuran pasir halus hingga pasir sedang, kurang kompak, pelapukan tinggi, kekerasan rendah, kadar air sedang. at. 3.0 - 15.0 M CL - Pasir Lempungan	17		100					2
	3									17		100					
	4			17	100										4		
	5			17	100										5		
	6			17	100										6		
	7			17	100										7		
	8			17	100										8		
	9			17	100										9		
	10			17	100										10		
	11			17	100										11		
	12			17	100							12					
	13			17	100							13					
	14			17	100							14					
	15			17	100							15					
	16			Pasir Tufaan		Pasir Tufaan Pasir warna coklat terang, mengandung uf, sedikit mengandung lempungan, butir mudah lepas, ukuran pasir halus, kurang kompak, pelapukan tinggi, kekerasan rendah, kadar air sedikit. at. 15.0 - 20.0 M CL - Pasir Tufaan	34	100					16				
	17						34	100							17		
	18						43	100							18		
	19						43	100							19		
	20			18	100							20					
	21			Lempung		Lempung Lempung warna coklat gelap, sedikit mengandung pasir halus, liat, pelapukan tinggi, kekerasan rendah, plastisitas tinggi, kadar air tinggi. at. 20.0 - 24.0 M CL - Lempung	16	100					21				
	22						16	100							22		
	23						16	100							23		
	24						16	100							24		
	25			Lempung Krikilan		Lempung Krikilan Lempung warna coklat gelap, sedikit mengandung pasir halus, terdapat fragmen kerikil andesit lapuk ukuran 1-3 cm, liat, pelapukan tinggi, kekerasan rendah, plastisitas tinggi, kadar air tinggi, ini kemungkinan merupakan pelapukan dari breksi vulkanik. at. 24.0 - 29.0 M CL - Lempung Krikilan	14	100					25				
	26						25	100							26		
	27						25	100							27		
	28			Pasir Tufaan		Pasir Tufaan warna coklat terang, terdapat uf. 29.0 - 30.0 M CL	25	100					28				
	29						25	100							29		
	30						25	100							30		

LAMPIRAN
GAMBAR TEGANGAN DAN REGANGAN
GAMBAR PENULANGAN



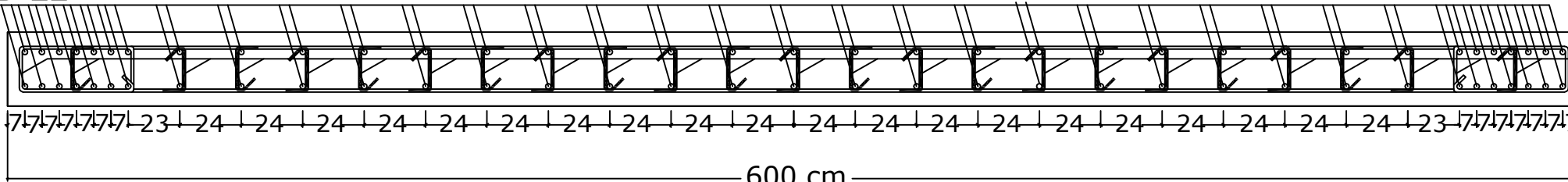
 **DIAGRAM REGANGAN & TEGANGAN PADA PENULAGAN LONGITUDINAL YANG DITINJAU DARI SUMBU X**
Skala 1:40



 **DIAGRAM REGANGAN & TEGANGAN PADA PENULAGAN LONGITUDINAL YANG DITINJAU DARI SUMBU Y**
Skala 1:40

70 D 22

Tulangan Pengikat 25 Ø 12



A

Ø12-100

Ø12-150

Ø12-100

B

22Ø22-250

14Ø22-70

lo=100 cm

B

lo=100 cm

11Ø12 - 100

10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10

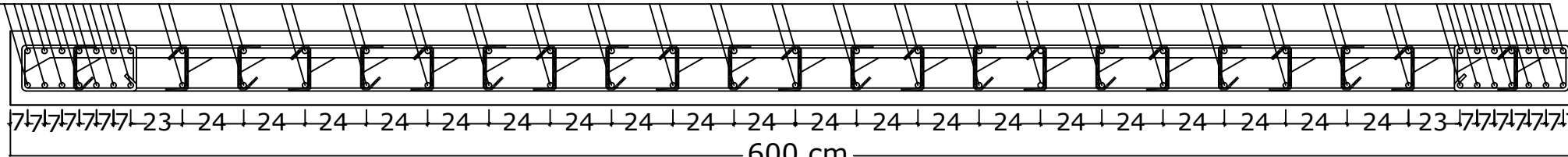
d=120cm

400 cm

11Ø12 - 100

A

70 D 22



Tulangan Pengikat 25 Ø 12

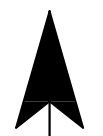
600 cm



Ø12-100

Ø12-150

B



22Ø22-250

14Ø22-70

lo = 100 cm

11Ø12 - 100

400 cm

B

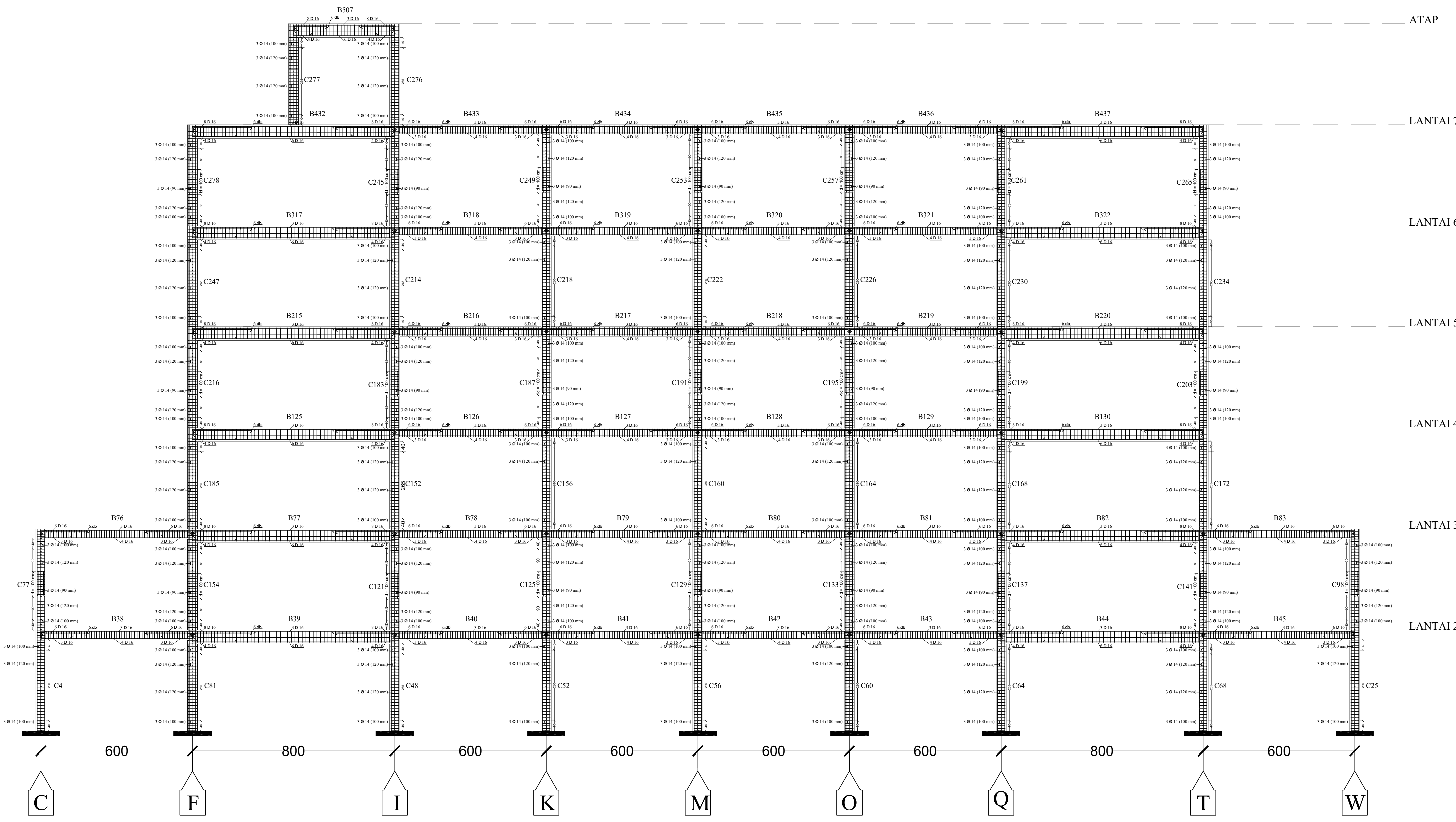


lo = 100 cm

11Ø12 - 100



LAMPIRAN
PENULANGAN KOLOM BALOK



ATAP

LANTAI 7

LANTAI 6

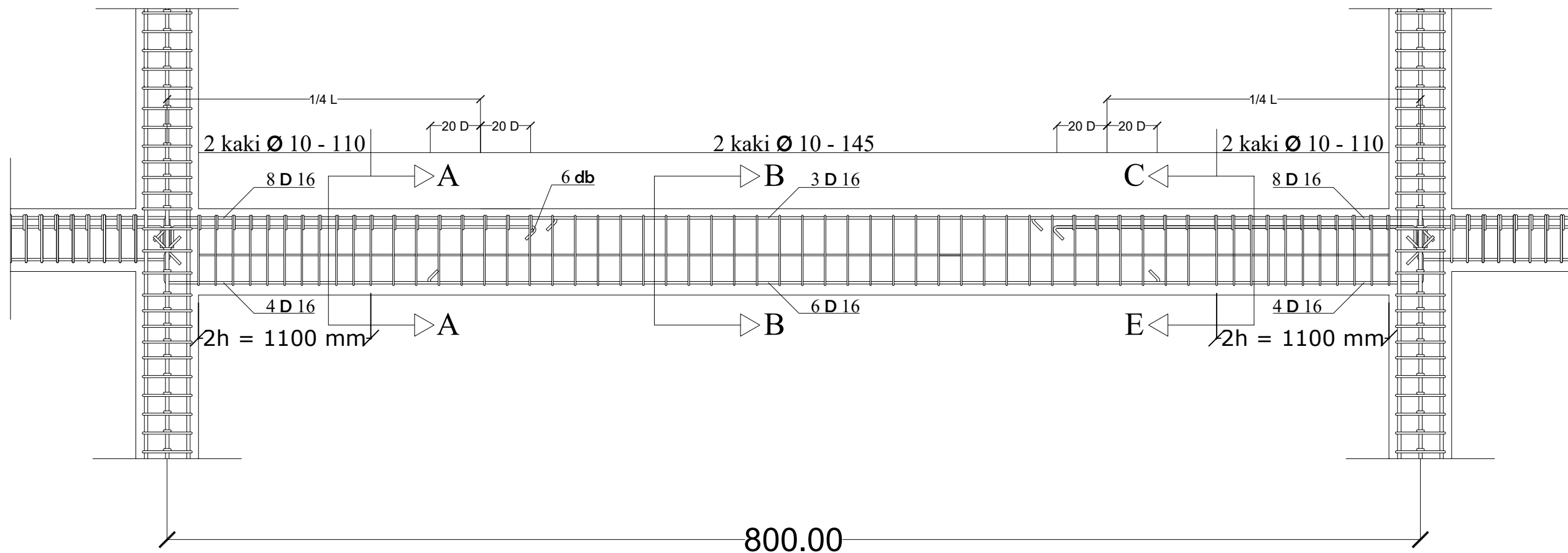
LANTAI 5

LANTAI 4

LANTAI 3

LANTAI 2

Portal Potongan Melintang Pada Line 11
Skala 1:1000



Detail Tulangan Sengkang Pada Balok 1
Skala 1:300



Dosen Pembimbing 1

Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Pembimbing 2

M. Erfan, ST. MT

Judul Skripsi

Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda
Pada Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan
Universitas Brawijaya Malang

Digambar Oleh:

Muchamad Brani Nova Bisma
13.21.064

Judul Gambar

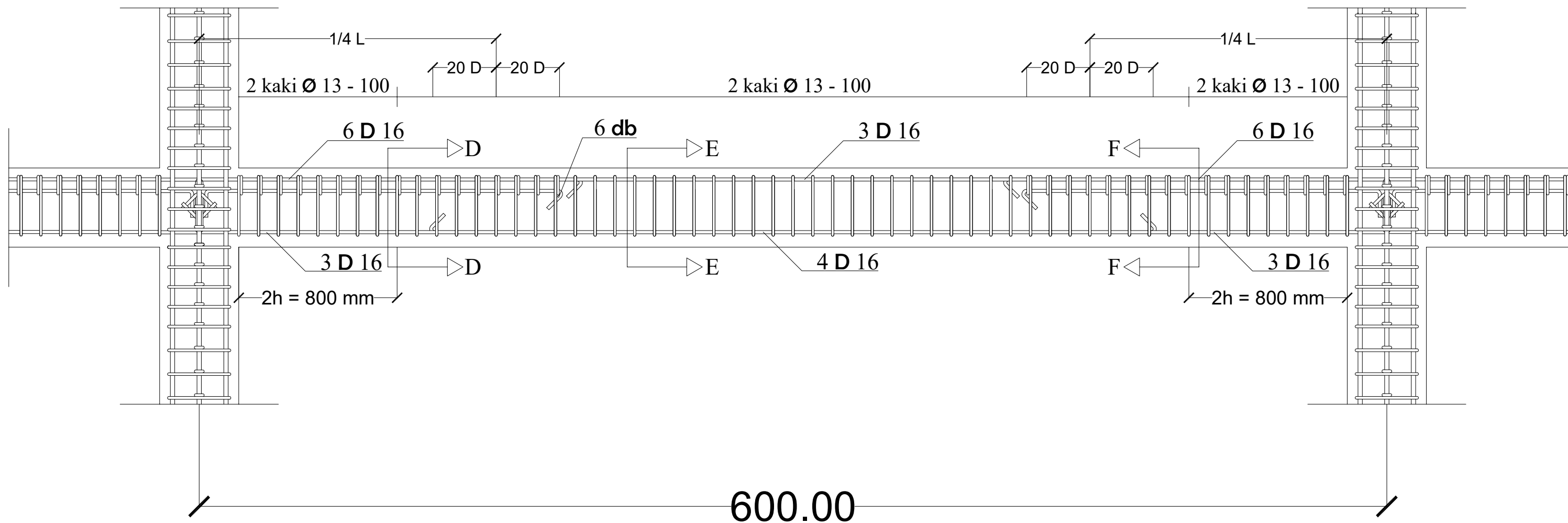
Tulangan Sengkang Pada Balok 1

Skala

1 : 300

Halaman

27



Detail Tulangan Sengkang Pada Balok 2
Skala 1:200



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
TEKNIK SIPIL S-1
2017

Dosen Pembimbing 1

Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Pembimbing 2

M. Erfan, ST. MT

Judul Skripsi

Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda
Pada Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan
Universitas Brawijaya Malang

Digambar Oleh:

Muchamad Brani Nova Bisma
13.21.064

Judul Gambar

Tulangan Sengkang Pada Balok 2

Skala

1 : 200

Halaman

28



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

Dosen Pembimbing 1

Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Pembimbing 2

M. Erfan, ST. MT

Judul Skripsi

Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda Pada Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang

Disusun Oleh:

Muchamad Brani Nova Bisma
 13.21.064

Judul Gambar

Potongan Tulangan Sengkang Pada Balok 1 dan Balok 2

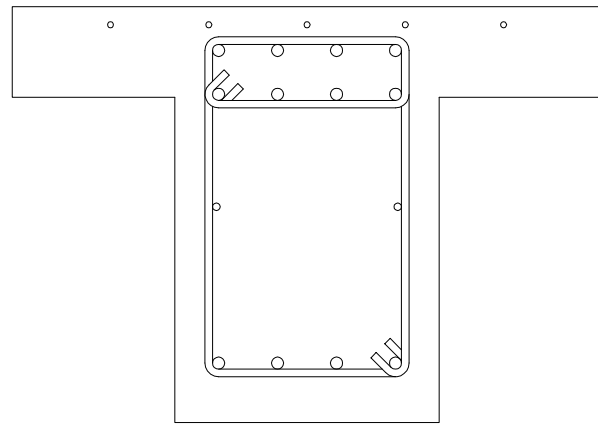
Skala

Halaman

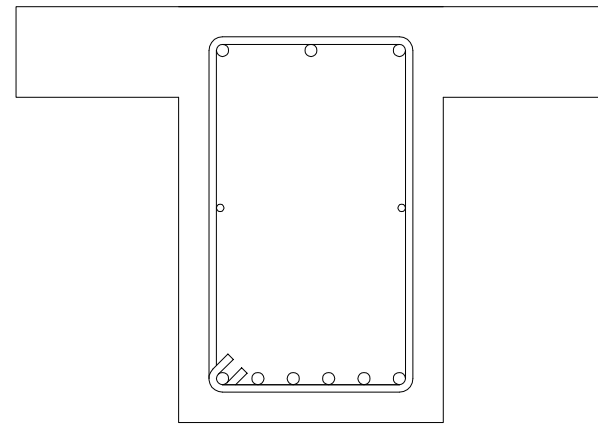
1 : 100

29

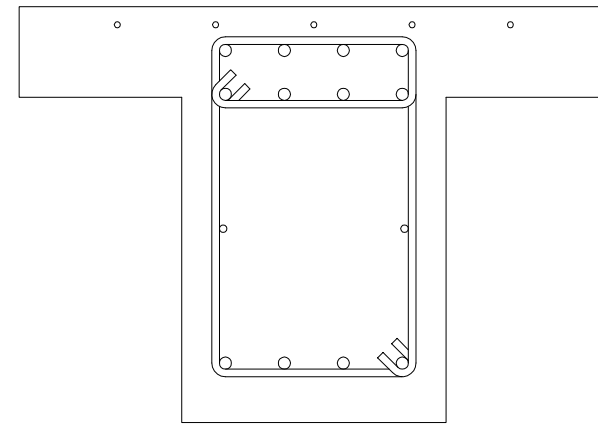
Potongan A-A



Potongan B-B



Potongan C-C



Dimensi 30 / 55

Dimensi 30 / 55

Dimensi 30 / 55

Tulangan Atas 6 D19

Tulangan Atas 3 D19

Tulangan Atas 6 D19

Tulangan Bawah 3 D19

Tulangan Bawah 6 D19

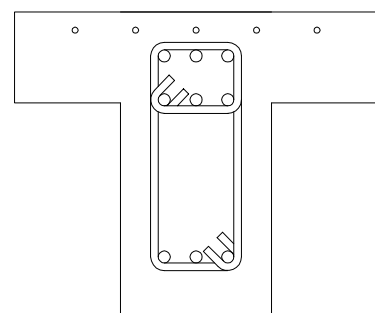
Tulangan Bawah 3 D19

Tulangan sengkang Ø 10 - 110

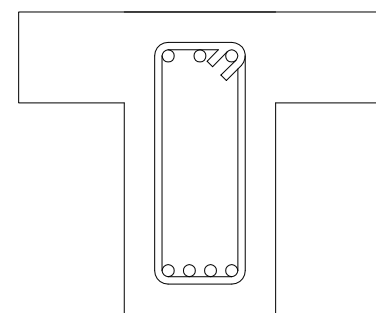
Tulangan sengkang Ø 10 - 145

Tulangan sengkang Ø 10 - 110

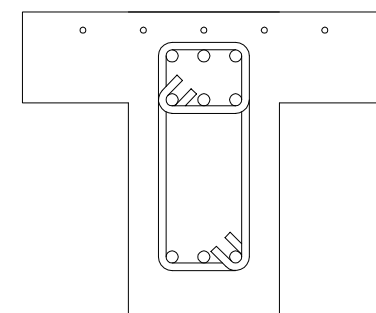
Potongan D-D



Potongan E-E



Potongan F-F



Dimensi 20 / 40

Dimensi 20 / 40

Dimensi 20 / 40

Tulangan Atas 6 D19

Tulangan Atas 3 D19

Tulangan Atas 6 D19

Tulangan Bawah 3 D19

Tulangan Bawah 4 D19

Tulangan Bawah 3 D19

Tulangan sengkang Ø 13 - 100

Tulangan sengkang Ø 13 - 100

Tulangan sengkang Ø 13 - 100



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

Dosen Pembimbing 1

Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Pembimbing 2

M. Erfan, ST. MT

Judul Skripsi

Perencanaan Dinding Geser Dengan
 Sistem Ganda Pada Gedung B Fakultas
 Kedokteran Hewan Universitas
 Brawijaya Malang

Disusun Oleh:

Muchamad Brani Nova Bisma
 13.21.064

Judul Gambar

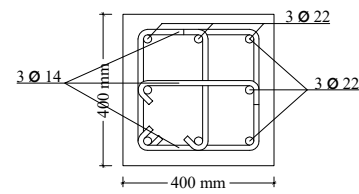
Tulangan Sengkang Pada Kolom

Skala

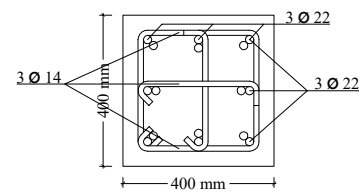
Halaman

1 : 200

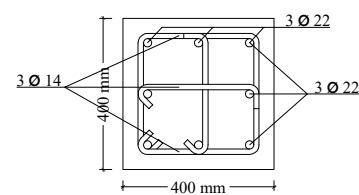
30



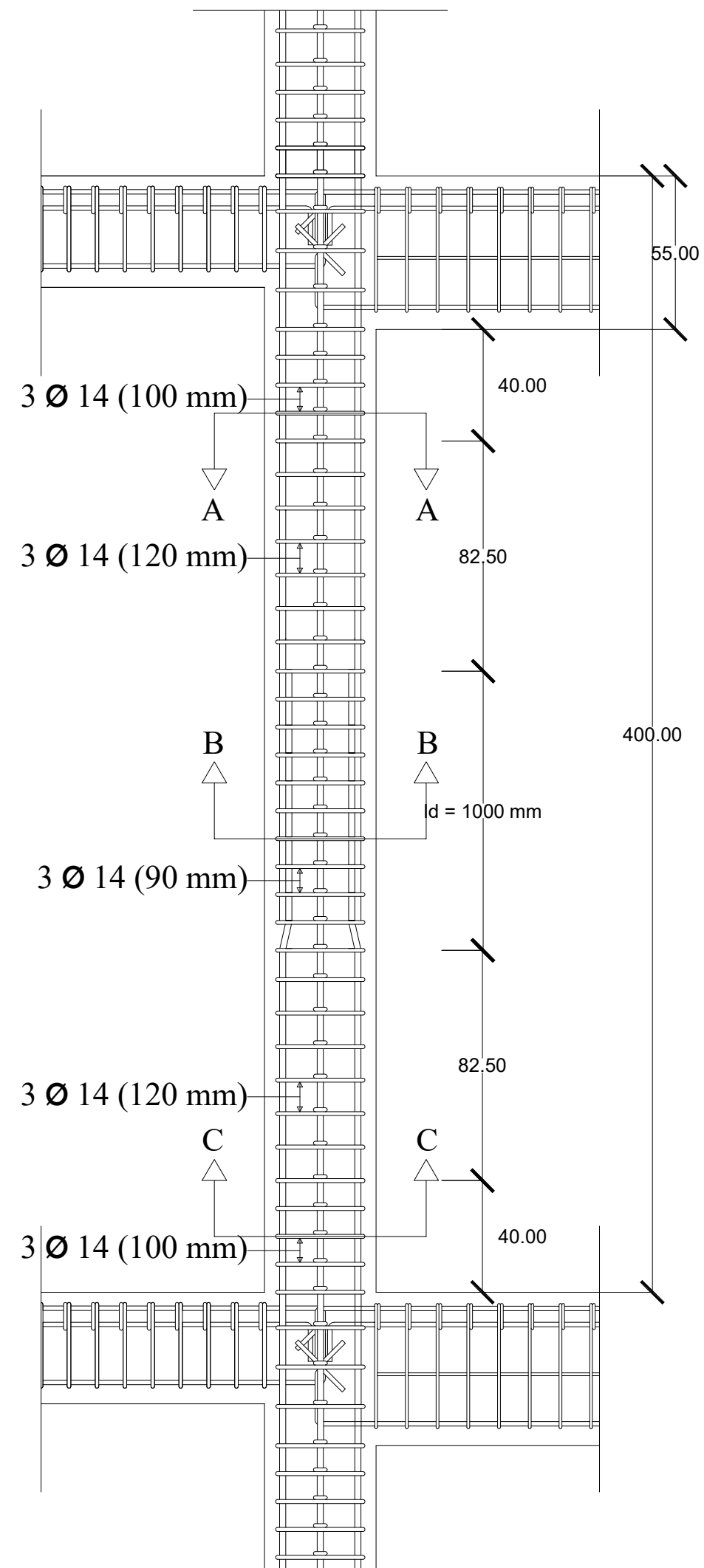
Potongan A-A



Potongan B-B



Potongan C-C



Detail Tulangan Sengkang Pada Kolom
 Skala 1:200



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK SIPIL S-1
 2017

Dosen Pembimbing 1

Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Pembimbing 2

M. Erfan, ST. MT

Judul Skripsi

Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda Pada Gedung B Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang

Disusun Oleh:

Muchamad Brani Nova Bisma
 13.21.064

Judul Gambar

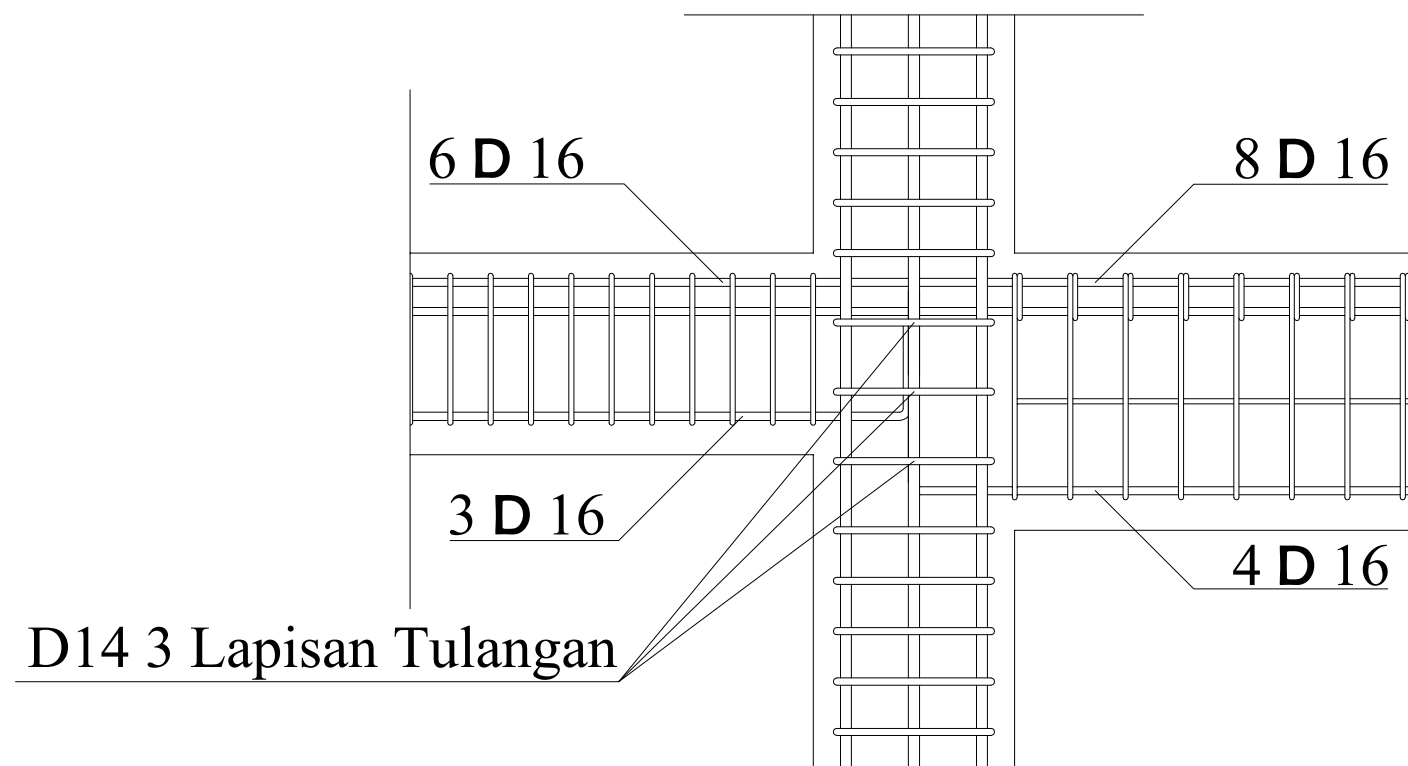
Tulangan Sengkang Pada Joint

Skala

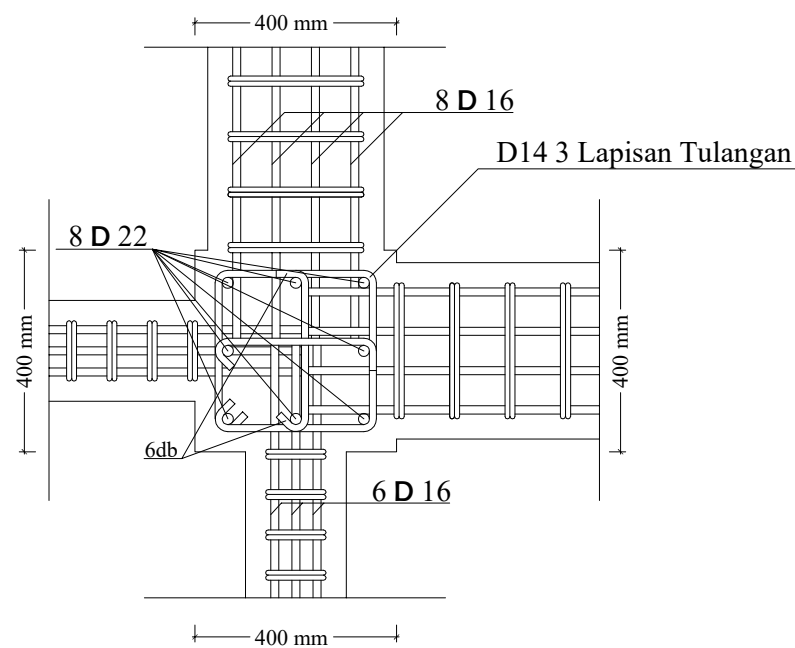
Halaman

1 : 150

31



Tampak Samping Joint
 Skala 1:150



Tampak Atas Joint
 Skala 1:150

LAMPIRAN
LEMBAR ASISTENSI DAN REVISI



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI PROPOSAL SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21. 064
Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Wedyantadji ,MT.



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	1-11-16	Penelitian awal apa yg akan di bahas → Rumus dan Masalah	
2	3.11.16	Tulis teori yg ber hub. dg masalah yg dibahas	
3	9.11.2016	ada yg maju seminar Proposal - Susun Susun	
4	25.11.16	ada yg maju seminar Proposal	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI PROPOSAL SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1
Dosen Pembimbing : M. Erfan, ST.MT



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	28/10/2016	- cek gambar malar - cek rencana malar - the etc.	
	10/11/2016	- teori (Buku II) disetujui - gambar rencana - gambar rencana - gambar rencana	
	12/11/2016	- gambar rencana shear wall: (denda dan tampak), - cek biaya akhir!	
	15/11/2016	- cek bagian atas! - gambar tampak depan - gambar tampak depan - gambar tampak depan - gambar tampak depan	
	18/11/2016	- perbaikan gambar detail - gambar detail - gambar detail - gambar detail - gambar detail	
	21/11/2016	- cek luas biaya - gambar detail - gambar detail - gambar detail - gambar detail	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI PROPOSAL SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1
Dosen Pembimbing : M. Erfan, ST.MT



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	23/11/2016	Bab III ok! Lanjut!	
	28/11/2016	Bab I, II & III Acc!	



FORM CATATAN PERBAIKAN PROPOSAL PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1

Nama : Muchamad Brami Nova Bisma

NIM : 13 21 064

Judul : Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda Pada
Hotel Ijen Suites Malang.

- Tambahan Eutensitas
- pembebanan yang lengkap
- Tambahan kutipan buku yang mendukung laporan proposal
- Tambahan pemodelan dinding geser sebelum pendesainan dalam diagram alir

Malang, 06-12-2016

Dosen Pembimbing

Dosen Pembahas

Ir. Ester Priskasari, MT



FORM CATATAN PERBAIKAN PROPOSAL PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1

Nama : Muchamad Brani Mova Bisma

NIM : 13 21 064

Judul : Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda Pada
Hotel Ijen Buttes Malang.

- Lengkapi daftar pustaka.

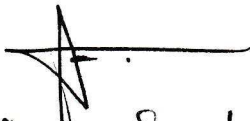
- Perhatikan pemb. pada peraturan terbaru
(jika tdk ada pakai yg lama).

- Diagram alir.

Malang, 06-12-2018.

Dosen Pembimbing

Dosen Pembahas


A. Agus Santoso.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2 Malang

EVALUASI PROPOSAL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
SEMESTER GANJIL 2016/2017

Nama : Much. Brani Nova B
NIM : 13.21.064
Bidang : STRUKTUR
Judul : Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda Pada Hotel Ijen Suites Malang.

Catatan Perbaikan :

> lengkap. Doni yg mendiskusikan Perenc.
Dinding geser

Malang, 04-11-2016

Pembimbing II

()

Pembimbing I


(Ir. Bambang W, MT)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2 Malang

EVALUASI PROPOSAL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
SEMESTER GANJIL 2016/2017

Nama Much. Brani Nova Bisma
NIM 13.21.064
Bidang Struktur
Judul Perencanaan Dinding Geser Dengan Sistem Ganda
..... Pada Hotel Ijen Suites Malang.

Catatan Perbaikan :

-> ikeh revisi yang ada di halaman
asistansi
Lampiran ;

Malang, 4-11-2016

Pembimbing,

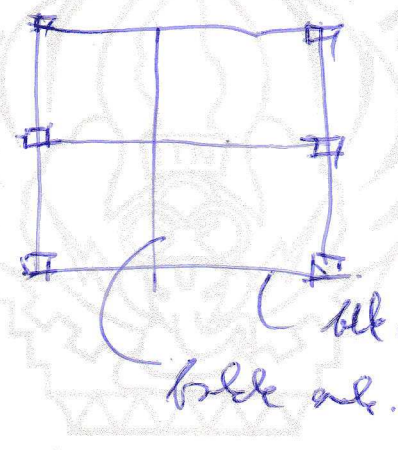




INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang 65145

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT.



No.	Tanggal	Keterangan	TandaTangan
1	2/3-17	- Lembar: - deskripsi semua lantai - part. melintang - " " menyambung - Tumpang tindih dengan " " menyambung  - btk nilai - btk nilai.	
2	20/3-17	Satuan yg dipakai adalah satuan SI. $\langle kN, m, mm \rangle$.	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang 65145

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT.



No.	Tanggal	Keterangan	TandaTangan
3	29/3-'17	<ul style="list-style-type: none">- Revisi qbr detail di menui balok.- Format / urutan huruf sesuai standard- Gambar (ket. qbr) tulisannya diperbesar- Lanjut	
4	10/4-'17	<ul style="list-style-type: none">- Sd pemb. / pemb. beban gravitasi- Lanjut	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang 65145

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT.



No.	Tanggal	Keterangan	TandaTangan
5	3/5-17	- Skp perh. b ef. Blot T. Lanjut	
6	8/6-17	- perh. statika OK. Lanjut perh. tul.	
7	14/6-17	- Gbr diagram tgf. dlm perh. tul. harga diperbesar 21 ket gbr jels tubraa - Lanjut	
8	14/6-17	- Ace bin seminar hasil	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang 65145

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : M. Erfan, ST. MT



No.	Tanggal	Keterangan	TandaTangan
	01/03 2017	- lakukan pemodelan perihal dimana? Golok, kolom & shear wall!	
	21/03 2017	- buat 2 bagan drudrug (drudrug geser couple) lanjut!	
	08/04 2017	- perik' dan bandingkan shear wall lihat catatan! lanjut!	
	11/04 2017	- cek faktor reduksi' beton hidup! - B. air uji' makluk beton mati - cek apa FRAMM atau FRPMK! - cek berat' beton mati lanjut!	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

JL. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang 65145

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : M. Erfan, ST. MT



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	28/04/2017	- Buat kombinasi pembebanan! Lanjut!	
	17/05/2017	- cek pemodelan! - pemodelan ada 2! - cek	
	26/05/2017	- cek prior label swl - cek simpang (drift story) dan base shear	
	08/06/2017	Lalut pemodelan ke 3 → base shear! ± 25/75/2	
	13/06/2017	- base shear! ok! - simp. cek Lanjut!	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

JL. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang 65145

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Muchamad Brani Nova Bisma
NIM : 13.21.064
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : M. Erfan, ST. MT



No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	16/06/2017	<ul style="list-style-type: none">- cek gambar pemb. ml. long shear wall!- hitung awal ml. subo, kolo H&B (1 cover)!	
	26/07/2017	<ul style="list-style-type: none">- gambar detail disempurnakan!- pelajiri!- Lap. Acc!	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura 2 Malang

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

FORM CATATAN PERBAIKAN SEMINAR HASIL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1

Nama : MUHAMMAD BRANI NOVA BISMIA.

NIM : 13.21.064

Judul : PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM GANDA

PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

teknis - Garba - Hasil Perbaikan

Malang, 12.07.07

Dosen Pembimbing,
(Pendamping)

Ir. A. AGUS SANTOSA, MT

Dosen Pembahas,

Ir. SUDIRMAN INDRA, MISC

Perbaikan Disetujui Dosen Pembahas,

24
07 07

Perbaikan harus di selesaikan dan di setujui oleh Dosen Pembahas Selambat-lambatnya 14 hari sejak pelaksanaan Seminar Hasil.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura 2 Malang
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

FORM CATATAN PERBAIKAN SEMINAR HASIL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1

Nama : MUCHAMAD BRANI MOVA BLSMA

NIM : 13-21-064

Judul : PERENCANAAN DINDING GESER DENGAN SISTEM GANDA
PADA GEDUNG B FAKULTAS KEDOKTERAN HEWANI UNIVERSITAS
BRAWIJAYA, MALANG

- Gagal masalah SRPMK ✓
 - cek ke pembantu pembuatannya
 - program ETABS → dinding → pelat
 - faktor reduksi beban hidup y. gempa
 - KDS → sistem anal. (data)
- ditinjau
pemeriksaan N-CPT

Malang, 10-07-2017

Dosen Pembimbing,
(Pendamping)

Ir. A. AGUS SANTOSA, MT

Dosen Pembahas,

Ir. EDING ISKAK F., MT

Perbaikan Disetujui Dosen Pembahas,

Ir. EDING ISKAK F., MT

Perbaikan harus di selesaikan dan di setujui oleh Dosen Pembahas Selambat-lambatnya 14 hari sejak pelaksanaan Seminar Hasil.

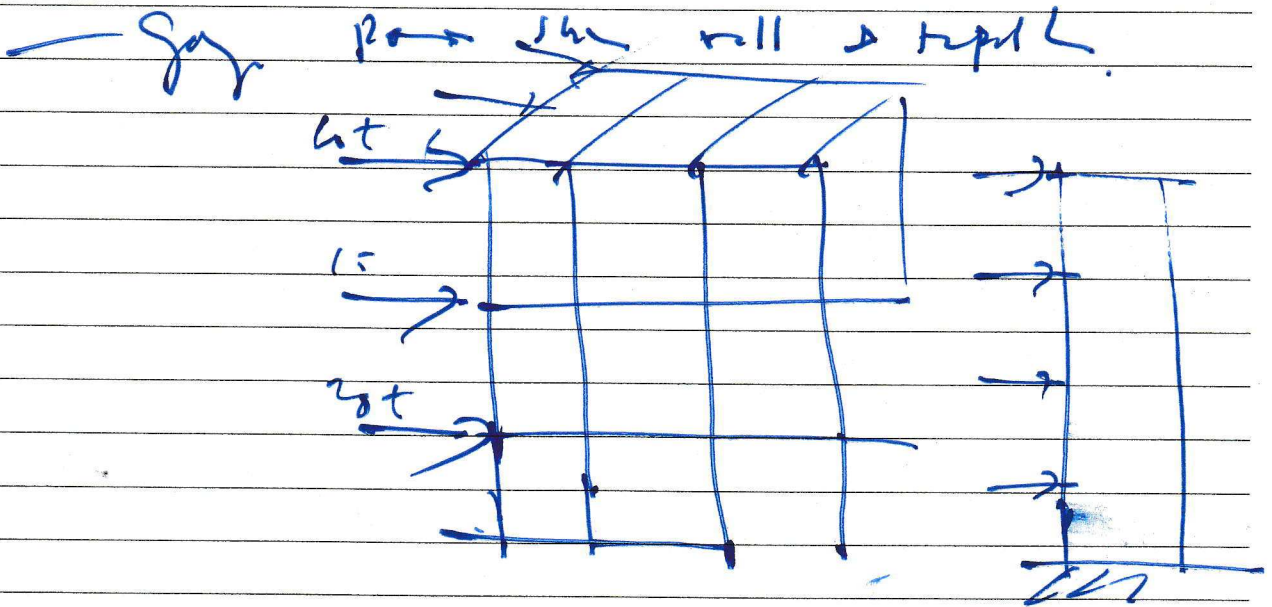


FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG STRUKTUR

Nama : MUHAMMAD BRANI NOVA BISMA
 NIM : 1321064
 Hari / tanggal : SELASA 18 AGUSTUS 2017

Perbaikan materi Skripsi meliputi :



Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian Skripsi dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 14-08- 2017
 Dosen Penguji

18/08. 2017
 (Ir. Sudirman Indra., M.Sc)

Malang, 08-08- 2017
 Dosen Penguji

[Signature]
 (Ir. Sudirman Indra., M.Sc)



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG STRUKTUR.

Nama : MUCHAMMAD BRANI NOVA BISMA
 NIM : 13 21 064
 Hari / tanggal : SELASA 18 AGUSTUS 2017

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

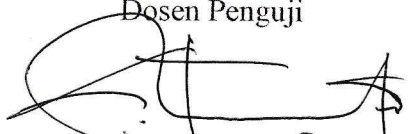
- Catatan belahing di bagian atas sifir ganda ?
- paparkan / jelaskan kondisi existing (balok & kolom) + SW dan sesudah dirobah ukuran balok & kolom + SW.
 $25' \checkmark$ $75' \checkmark$
- Hitung HBK
- Bab II \rightarrow SRPMK \checkmark
 $M^+ > \frac{1}{2} M^- \checkmark$
 ab? perbaiki \oplus Az. \checkmark , Angkop tul. balok & kolom.

Perbaiki Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian Skripsi dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

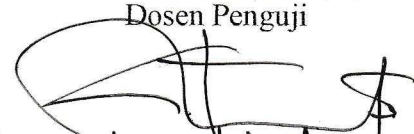
Malang, 23 - 08 - 2017

Dosen Penguji


 (Ir. Eding Iskar I., MT)

Malang, 08 - 08 - 2017

Dosen Penguji


 (Ir. Eding Iskar I., MT)