



**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN
8 LANTAI DI KABUPATEN JEMBER MENGGUNAKAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)**

SKRIPSI

Oleh
GIGIH VIRGIANSYAH
151910301132

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN
8 LANTAI DI KABUPATEN JEMBER MENGGUNAKAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
GIGIH VIRGIANSYAH
151910301132

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan Rahmat Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, terimakasih atas berkah, rahmat dan karunia serta hidayah yang telah Engkau berikan kepadaku. Engkau memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu dan memperkenalkanku dengan cinta. Atas kemudahan yang engkau berikan akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada orang yang kukasihi dan kusayangi.

1. Kedua Orang Tuaku

Mama Agustriyani dan papa Muchtar, terima kasih telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, semangat dan cinta kasih yang tak terhingga yang tak mungkin bisa kubalas dengan apapun. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat mama dan papa bahagia yang selama ini belum bisa berbuat yang lebih, terimakasih mama, terimakasih papa.

2. Adik Tersayangku

Adik Florica Dwi Egadiantasari, perjalanan hidup kamu masih begitu jauh. Dengan ini mungkin bisa menunjukkan bahwa kamu harus terus melangkah maju untuk dapat menggapai cita – cita. Teruslah belajar karena dengan terus belajar kamu dapat memperkaya ilmu, menambah pengetahuanmu menjadi semakin luas dan akan dibutuhkan banyak orang.

3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ibu Wiwik Yunarni W. dan Ibu Sri Gati Annisa Hayu, terima kasih banyak atas bantuan ibu, nasihat ibu dan pelajaran – pelajaran yang telah ibu berikan selama ini. Saya tidak akan lupa atas bantuan dan kesabaran ibu dalam membimbingku menuju suksesku, terima kasih.

4. Dosen Pembimbing Akademik

Ibu Nanin Meyfa Utami, terima kasih banyak atas bantuan ibu, nasihat ibu dan pelajaran – pelajaran yang telah ibu berikan selama ini. Saya tidak akan lupa atas bantuan dan kesabaran ibu dalam membimbingku menuju suksesku, terima kasih ibu sudah membimbing saya mulai dari saya masuk kuliah sampai selesai. Untuk seluruh dosen pengajar di Fakultas Teknik, terima kasih banyak untuk semua ilmu, didikan dan pengalaman yang telah ibu bapak berikan kepada kami.

5. Sahabat – Sahabat Seperjuangan

Sahabat-sahabatku Rolan Alfitra Alifangga, Galang Eiga Prambudi, Rahmat Fitrianto, Husni Mubarak, M. Ghozali, Bayu Octavian P, Karisma Hakiki, Wendi Cahyono, Ahmad Dwi Ari Syahbana, Tommy Sudraja J dan Yunita Octaviani, terima kasih atas persahabatannya, kalian yang selalu tidak ada henti-hentinya memberiku semangat di saat aku mulai putus asa, menemani di saat aku sendiri, memberi motivasi, meluangkan waktu, tenaga dan doa kalian kepadaku. Tanpa kalian mungkin aku tidak bisa merasakan apa arti dari sahabat. Kalian sudah seperti saudara buat aku. Sampai kapanpun tetap sahabat.

Dan yang paling penting kepada Putri Hari Kusuma Rhyandina yang tidak lama lagi akan menjadi istri sah-ku, terima kasih sudah menjadi seseorang yang selalu ada buat aku, sabar dalam menghadapi sikap dinginku, menemaniku dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dan menyemangatiku di saat aku mulai malas. Kamu adalah seseorang yang paling spesial buat aku. Tanpa kamu, mungkin Tugas Akhirku ini menjadi kelabu. Terima kasih.

6. Teman - Temanku

Terima kasih kepada teman – teman S1 Teknik Sipil Universitas Jember terutama kepada Daniar Muchlis Prayoga angkatan 2016, terima kasih atas segala bantuannya baik waktu, biaya, tenaga, doa dan motivasinya.

Dan yang terakhir yang paling penting dari semuanya adalah Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, terima kasih.

MOTTO

Sesungguhnya Allah suka jika salah seorang kalian mengerjakan suatu pekerjaan secara optimal dengan memaksimalkannya.

(HR. Abu Ya'la dalam musnadnya, musnad A'isyah ra., 7/349, Hadits no. 4389)

Jadikanlah sabar dan Sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sangat berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu.

(Terjemahan Surat Al-Baqarah : 45)

If you born poor it's not your mistake, but if you die poor it's your mistake.

Jika anda terlahir miskin itu bukan kesalahan anda, tetapi jika anda mati miskin itu kesalahan anda.

(Bill Gates)

Sesungguhnya, jika engkau menghabiskan jatah gagalmu, engkau mau tidak mau akan berhasil.

(Mario Teguh)

Gunakan waktumu untuk hal yang bermanfaat, rencanakan kerjamu dan Kerjakan rencanamu. Segeralah bangkit jika terjatuh.

(Kristya Hadi Wicaksono S.T.)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gigih Virgiansyah

NIM : 151910301132

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 April 2018

Yang menyatakan,

Gigih Virgiansyah
NIM. 151910301132

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN
8 LANTAI DI KABUPATEN JEMBER MENGGUNAKAN
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)**

Oleh

**GIGIH VIRGIANSYAH
151910301132**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Wiwik Yunarni W., S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc

PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari/Tanggal : Rabu, 25 April 2018

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Wiwik Yunarni W., S.T., M.T
NIP. 19700613 199802 2 001

Gati Anissa Hayu, S.T., M.T., M.Sc
NRP. 760015715

Penguji I,

Penguji II,

Dwi Nurtanto, ST., M.T
NIP. 19731015 199802 1 001

Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T
NRP. 760014641

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, S.T., M.T., M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK); Gigih Virgiansyah, 151910301132: 2018, 277 halaman; Program Studi Strata Satu (S1); Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Perancangan Struktur Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember ini bertujuan untuk: (1) Merencanakan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). (2) Menentukan dimensi elemen-elemen struktur (pelat, tangga, balok dan kolom). (3) Menentukan gaya dalam dengan menggunakan program bantu SAP. (4) Menghitung komponen struktur (pelat, balok, kolom dan pondasi). (5) Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

Dalam tugas akhir ini akan direncanakan struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan SNI 1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung, SNI 2847-2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan SNI 1727-2013, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Dimana bangunan model Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) akan menggunakan *Strong Column and Weak Beam* (kolom kuat dan balok lemah). Struktur yang akan direncanakan adalah gedung perkuliahan 8 lantai dan letak geografis berdasarkan desain seismik yaitu Kategori Desain Seismik Kabupaten Jember adalah Kategori D.

Berdasarkan hasil Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 8 lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ini didapatkan 13 macam tipe pelat dengan ketebalan 120 mm. Didapat tangga dengan tebal pelat tangga dan pelat bordes dengan ketebalan 175 mm. Didapat balok anak dengan 3 macam tipe ukuran yaitu 300 mm x 500 mm (B4), 200 mm x 300 mm (B5) dan 250 mm x 450 mm (B6). Didapat balok induk dengan 3

macam tipe ukuran yaitu 350 mm x 650 mm (B1/B3), 300 mm x 500 mm (B2) dan 200 mm x 300 mm (B7). Didapat kolom dengan 2 macam tipe ukuran yaitu 750 mm x 750 mm (K-1) dan 300 mm x 300 mm (K-2). Digunakan pondasi bore pile dengan 2 macam tipe ukuran tiang dan 9 macam tipe ukuran pile cap yaitu 600 mm (Dt-1) dan 250 mm (Dt-2) dan ukuran 1800 mm x 900 mm x 600 mm (PC-1 dengan 2 tiang), 1800 mm x 1546 mm x 600 mm (PC-2 dengan 3 tiang), 1800 mm x 1800 mm x 600 mm (PC-3 dengan 4 tiang), 2700 mm x 2173 mm x 950 mm (PC-4 dengan 5 tiang), 2700 mm x 1800 mm x 950 mm (PC-5 dengan 6 tiang), 2700 mm x 2173 mm x 950 mm (PC-6 dengan 7 tiang), 2700 mm x 2173 mm x 950 mm (PC-7 dengan 8 tiang), 1100 mm x 550 mm x 500 mm (PC-8 dengan 2 tiang) dan 1800 mm x 900 mm x 900 mm (PC-9 dengan 2 tiang). Dan didapat tie beam (sloof) dengan tipe ukuran sloof yaitu 350 mm x 650 mm.

SUMMARY

Structure Design 8th Floor Of Lecture Building In Jember Regency By Using Special Moment Resisting Frame (SMRF); Gigih Virgiansyah, 151910301132: 2018, 277 pages; Program Study Strata One (S1); Department of Civil Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

The Structure Design 8th Floor Of Lecture Building In Jember Regency is to: (1) Structure Design 8th Floor Of Lecture Building In Jember Regency By Using Special Moment Resisting Frame (SMRF). (2) Determine the dimensions of structural elements (plates, ladders, beams and columns). (3) Determine the style in using SAP aids program. (4) Calculates structural components (plates, beams, columns and foundations). (5) Pouring the results of planning and calculation in the form of engineering drawings.

In this final project will design the building using Special Moment Resisting Frame (SMRF) in accordance with SNI 1726-2012, Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building and Non Building, SNI 2847-2013, Structural Concrete Requirements for Building and SNI 1727 -2013, Minimum Expenses for Building Design and Other Structures. Where the model building of the Special Moment Resisting Frame (SMRF) will use Strong Columns and Weak Beams. The structure that will be planned is the 8 floor lecture building and the location of the seismic design screen that is the Seismic Design Category of Jember Regency is Category D.

Based on the results of Structure Design 8th Floor Of Lecture Building In Jember Regency is to: (1) Structure Design 8th Floor Of Lecture Building In Jember Regency By Using Special Moment Resisting Frame (SMRF) was obtained 13 kinds of plate types with a thickness of 120 mm. Obtain a ladder with a thick ladder plate and landing plate with a thickness of 175 mm. Obtained beams of children with 3 types of sizes of 300 mm x 500 mm (B4), 200 mm x 300 mm (B5) and 250 mm x 450 mm (B6). Parent beam with 3 types of size 350 mm x 650 mm (B1 / B3), 300 mm x 500 mm (B2) and 200 mm x 300 mm (B7). Obtained columns with 2

kinds of type 750 mm x 750 mm (K-1) and 300 mm x 300 mm (K-2). (Camping bate pile with 2 kinds of pole size and 9 kinds of pile cap that is 600 mm (Dt-1) and 250 mm (Dt-2) and size 1800 mm x 900 mm x 600 mm (PC-1 with 2 poles) , 1800 mm x 1546 mm x 600 mm (PC-2 with 3 poles), 1800 mm x 1800 mm x 600 mm (PC-3 with 4 poles), 2700 mm x 2173 mm x 950 mm (PC-4 with 5 poles), 2700 mm x 1800 mm x 950 mm (PC-5 with 6 poles), 2700 mm x 2173 mm 950 mm (PC-6 with 7 poles), 2700 mm x 2173 mm x 950 mm (PC-7 with 8 poles), 1100 mm x 550 mm x 500 mm (PC-8 with 2 poles) and 1800 mm x 900 mm x 900 mm (PC-9 with 2 poles) and obtained tie beam (sloof) with type sloof size is 350 mm x 650 mm.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayahnya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Sastra Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam kesempatan ini penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik.
2. Ir. Henu Suyoso, M.T selaku ketua jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T selaku ketua program studi S1 Teknik Sipil Universitas Jember.
4. Wiwik Yunarni W., S.T., M.T selaku dosen pembimbing I.
5. Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc selaku dosen pembimbing II.
6. Dwi Nurtanto, S.T., M.T selaku dosen penguji I.
7. Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T selaku dosen penguji II.
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Jember yang telah membantu dan memberi dukungannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 25 April 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	v
PERNYATAAN	vi
HALAMAN PEMBIMBING	vii
PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR GAMBAR	xxv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perencanaan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen	5
2.2 Pengertian Perencanaan SRPMK	5
2.3 Dasar Perencanaan	5
2.3.1 Beban Mati (<i>D</i>)	6
2.3.2 Beban Hidup (<i>L</i>)	6
2.3.3 Beban Angin (<i>W</i>).....	7
2.3.4 Baban Gempa	7

2.4 Syarat Perencanaan	11
2.4.1 Kekuatan Perlu	11
2.4.2 Kekuatan Geser	12
2.4.3 Tulangan Geser Minimum	14
2.4.4 Desain Tulangan Geser	15
2.5 Ketentuan – Ketentuan untuk SRPMK	15
2.5.1 Komponen Stuktur Lentur Balok	15
2.5.1.1 Tulangan Longitudinal	15
2.5.1.2 Tulangan Transversal	16
2.5.1.3 Persyaratan Kuat Geser	18
2.5.2 Komponen Stuktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial Kolom	18
2.5.2.1 Kekuatan lentur minimum Kolom.....	18
2.5.2.2 Tulangan Longitudinal	21
2.5.2.3 Tulangan Transversal	21
2.5.3 Persyaratan Kuat Geser	23
2.5.3.1 Gaya Desain	23
2.5.3.2 Tulangan Transversal	23
2.5.4 Joint Rangka Momen Khusus	24
2.5.4.1 Tulangan Transversal	24
2.5.4.2 Kekuatan Geser	24
2.5.4.3 Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam kondisi Tarik ..	25
2.6 Perhitungan Perencanaan	26
2.6.1 Perencanaan Tangga	26
2.6.2 Perencanaan Pelat	27
2.6.3 Perencanaan Pelat Atap	28
2.6.4 Perencanaan Pelat Lantai	29
2.6.5 Perencanaan Balok	29
2.6.6 Perencanaan Kolom	31
2.6.7 Perencanaan Pondasi	33

2.7 Detail Tulangan	35
2.7.1 Kait Standar	35
2.7.2 Dimensi Bengkokan Minimum	36
2.7.3 Pembengkokan	36
BAB 3. METODOLOGI PERENCANAAN	37
3.1 Umum	37
3.2 Lokasi Perencanaan	37
3.3 Waktu Perencanaan	38
3.4 Pengumpulan Data	38
3.5 Diagram Alir	39
3.5.1 Pengumpulan Data	40
3.5.2 <i>Preliminary Design</i>	40
3.5.3 Perhitungan Beban	40
3.5.4 Pemodelan SAP	41
3.5.5 Validasi Pemodelan SAP	41
3.5.6 Analisa Struktur	42
3.5.7 Gambar Detail	42
BAB 4. PRELIMINARY DESIGN	43
4.1 Jenis Struktur	43
4.2 Data Perencanaan	46
4.3 Dimensi Balok	47
4.3.1 Balok Induk	47
4.3.2 Dimensi Balok Anak	49
4.4 Perhitungan Tebal Pelat	51
4.5 Perhitungan Balok T dan Nilai am	52
4.6 Kontrol Tebal Pelat	59
4.7 Dimensi Kolom	59
4.8 Dimensi Tangga	62

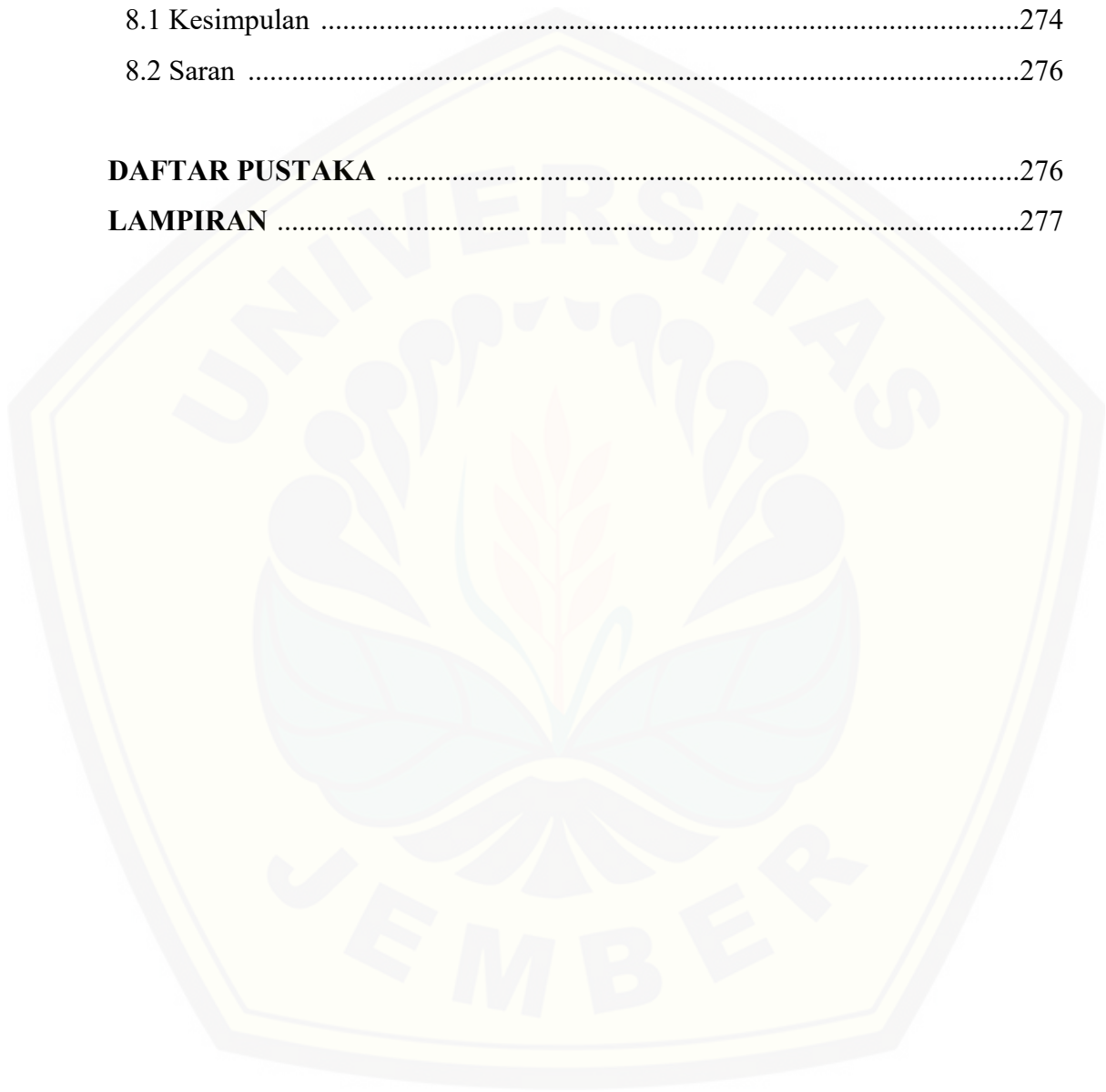
BAB 5. PERENCANAAN STRUKTUR SKUNDER	66
5.1 Perencanaan Pelat	66
5.2 Penulangan Pelat Lantai	66
5.2.1 Pembebanan	67
5.2.2 Statika	67
5.2.3 Penulangan	69
5.3 Penulangan Pelat Atap	73
5.3.1 Pembebanan	73
5.3.2 Statika	74
5.3.3 Penulangan	75
5.4 Penulangan Kantilever	80
5.4.1 Pembebanan	80
5.4.2 Statika	81
5.4.3 Penulangan	82
5.5 Kontrol Lendutan dan Retak Pada Pelat Lantai	86
5.5.1 Kontrol Lendutan Pelat	86
5.5.2 Kontrol Retak	92
5.6 Kontrol Lendutan dan Retak Pada Pelat Atap	92
5.6.1 Kontrol Lendutan Pelat	92
5.6.2 Kontrol Retak	97
5.7 Penulangan Pelat Tangga Bordes	98
5.7.1 Pembebanan	98
5.7.2 Statika	99
5.7.3 Penulangan	100
5.8 Kontrol Lendutan dan Retak Pada Pelat Tangga Bordes	103
5.8.1 Kontrol Lendutan Pelat	103
5.8.2 Kontrol Retak	105
5.9 Perencanaan Dimensi dan Penulangan Balok Bordes	105
5.9.1 Pembebanan Balok Bordes	106
5.9.2 Penulangan Balok Bordes	106

5.9.3 Kontrol Penggunaan Faktor Reduksi	107
5.9.4 Penulangan Geser	108
5.10 Penulangan Balok Anak	109
5.10.1 Penulangan Balok Anak As.C-2.5	110
5.10.2 Penulangan Balok Anak As.3-D.F	114
5.10.3 Penulangan Balok Anak As.3-H.P	118
5.11 Perencanaan Balok Lift	122
5.11.1 Data Perencanaan	123
5.11.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift	123
5.11.3 Pembebanan Balok Lift	123
5.11.4 Desain Tulangan Lentur Balok Lift	124
BAB 6. PERHITUNGAN PEMBEBANAN	129
6.1 Sistem Pembebanan Portal	129
6.2 Pembebanan Pelat Lantai (Bentang Pendek)	130
6.3 Pembebanan Pelat Lantai (Bentang Panjang)	138
6.4 Pembebanan Pelat Atap (Bentang Pendek)	150
6.5 Pembebanan Pelat Atap (Bentang Panjang)	156
6.6 Perhitungan Gaya Lateral Pada Struktur Akibat Beban Angin	165
6.7 Simpangan Antar Lantai	167
6.8 Validasi SAP	169
BAB 7. PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	171
7.1 Sistem Pembebanan Portal	171
7.2 Perencanaan Penulangan Balok Induk	171
7.2.1 Balok Interior	172
7.2.1.1 Penulangan Balok Induk As.6-B.D	178
7.2.1.2 Penulangan Balok Induk As.H-2.5	180
7.2.2 Balok Eksterior	187
7.2.2.1 Penulangan Balok Induk As. 10-E.H	188

7.2.2.2	Penulangan Balok Induk As. 11.B.C.....	194
7.2.3	Penulangan Geser Balok Induk	201
7.2.3.1	Penulangan Geser Balok Induk As.6-B.D	201
7.2.3.2	Penulangan Geser Balok Induk As.H-2.5	204
7.2.3.3	Penulangan Balok Induk As. 10-E.H	208
7.2.3.4	Penulangan Balok Induk As. 11.B.C.....	211
7.3	Perencanaan Penulangan Kolom	214
7.3.1	Perencanaan Penulangan Kolom K-1	215
7.3.1.1	Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	216
7.3.1.2	Menentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur	216
7.3.1.3	Kontrol Kapasitas Beban Aksial	217
7.3.1.4	Syarat <i>Strong Column Weak Beam</i>	218
7.3.1.5	Perhitungan Tulangan Transversal sebagai Confinement....	221
7.3.1.6	Perhitungan Gaya Geser Rencana Kolom	223
7.3.1.7	Panjang Lewatan Kolom	225
7.3.2	Perencanaan Penulangan Kolom K-2	227
7.3.2.1	Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	227
7.3.2.2	Menentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur	228
7.3.2.3	Kontrol Kapasitas Beban Aksial	228
7.3.2.4	Syarat <i>Strong Column Weak Beam</i>	229
7.3.2.5	Perhitungan Tulangan Transversal	232
7.3.2.6	Perhitungan Gaya Geser Rencana Kolom	234
7.3.2.7	Panjang Lewatan Kolom	236
7.4	Perencanaan Sambungan	238
7.4.1	Perhitungan Sambungan Balok Kolom K-1 (interior)	238
7.4.2	Perhitungan Sambungan Balok Kolom K-1 (eksterior)	242
7.4.3	Perhitungan Sambungan Balok Kolom K-2	245
7.5	Perencanaan Pondasi	248
7.5.1	Pondasi <i>Bore Pile</i> K-1 Diameter 60 cm	249
7.5.1.1	Perhitungan Kapasitas <i>Bore Pile</i>	249

7.5.1.2	Perhitungan Daya Dukung Tanah Ijin.....	249
7.5.1.3	Perhitungan Jarak Tiang Minimum.....	250
7.5.1.4	Perhitungan Kebutuhan Tiang.....	250
7.5.1.5	Pembebanan	252
7.5.1.6	Statika	253
7.5.1.7	Penulangan <i>Pile Cap</i>	254
7.5.1.8	Geser Pons	256
7.5.1.9	Penulangan Tiang <i>Bore Pile</i>	258
7.5.2	Pondasi <i>Bore Pile</i> K-2 Diameter 25 cm	259
7.5.2.1	Perhitungan Kapasitas <i>Bore Pile</i>	259
7.5.2.2	Perhitungan Daya Dukung Tanah Ijin.....	259
7.5.2.3	Perhitungan Jarak Tiang Minimum.....	260
7.5.2.4	Perhitungan Kebutuhan Tiang.....	260
7.5.2.5	Pembebanan	261
7.5.2.6	Statika	261
7.5.2.7	Penulangan <i>Pile Cap</i>	262
7.5.2.8	Geser Pons	263
7.5.2.9	Penulangan Tiang <i>Bore Pile</i>	264
7.5.3	Pondasi <i>Bore Pile</i> K-2 Diameter 60 cm	265
7.5.3.1	Perhitungan Kapasitas <i>Bore Pile</i>	265
7.5.3.2	Perhitungan Daya Dukung Tanah Ijin.....	266
7.5.3.3	Perhitungan Jarak Tiang Minimum.....	266
7.5.3.4	Perhitungan Kebutuhan Tiang.....	267
7.5.3.5	Pembebanan	267
7.5.3.6	Statika	268
7.5.3.7	Penulangan <i>Pile Cap</i>	268
7.5.3.8	Geser Pons	269
7.5.3.9	Penulangan Tiang <i>Bore Pile</i>	270
7.6	Perencanaan Tie Beam (Sloof)	271
7.6.1	Data Perencanaan	271

7.6.2 Penulangan Sloof	272
7.6.32 Penulangan Geser Sloof.....	272
BAB 8. PENUTUP.....	274
8.1 Kesimpulan	274
8.2 Saran	276
DAFTAR PUSTAKA	276
LAMPIRAN	277



DAFTAR TABEL

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
Tabel 2.1 Koefisien Reduksi Beban Hidup	7
Tabel 2.2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	8
Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa	9
Tabel 2.4 Kategori Desai Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (<i>SDs</i>)	10
Tabel 2.5 Kategori Desai Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (<i>SD₁</i>)	10
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa	11
Tabel 2.7 Faktor Reduksi (θ)	12
Tabel 2.8 Diameter Minimum Bengkokan	36
BAB 4. PRELIMINARY DESIGN	43
Tabel 4.1 Respons Spektrum Jember	43
Tabel 4.2 Nilai Respons Spektrum dalam Detik	44
Tabel 4.3 Perhitungan Tebal Pelat	52
Tabel 4.4 Perhitungan Balok T dan Nilai <i>am</i>	57
Tabel 4.5 Beban Mati Pelat Lantai dan Atap	60
BAB 5. PERENCANAAN STRUKTUR SKUNDER	66
Tabel 5.1 Beban Mati Pelat Lantai	67
Tabel 5.2 Perhitungan Statika Pelat Lantai 2 sampai dengan Lantai 8	68
Tabel 5.3 Penulangan Lapangan x	72
Tabel 5.4 Penulangan Lapangan y	72
Tabel 5.5 Tulangan Rencana Pelat Lantai.....	73
Tabel 5.6 Beban Mati Pelat Atap	74
Tabel 5.7 Beban Hidup Pelat Atap	74

Tabel 5.8 Perhitungan Statika Pelat Atap	75
Tabel 5.9 Penulangan Lapangan x	79
Tabel 5.10 Penulangan Lapangan y	79
Tabel 5.11 Tulangan Rencana Pelat Atap	79
Tabel 5.12 Beban Mati Kantilever	80
Tabel 5.13 Perhitungan Statika Kantilever	81
Tabel 5.14 Penulangan Lapangan x	85
Tabel 5.15 Penulangan Lapangan y	85
Tabel 5.16 Tulangan Rencana Kantilever	79
Tabel 5.17 Kontrol lendutan Pelat C dan L.....	88
Tabel 5.18 Kontrol lendutan Pelat D dan K	89
Tabel 5.19 Kontrol lendutan Pelat E	89
Tabel 5.20 Kontrol lendutan Pelat F	90
Tabel 5.21 Kontrol lendutan Pelat G dan M	90
Tabel 5.22 Kontrol lendutan Pelat H	91
Tabel 5.23 Kontrol lendutan Pelat I	91
Tabel 5.24 Kontrol lendutan Pelat A, B dan J.....	93
Tabel 5.25 Kontrol lendutan Pelat C dan L	94
Tabel 5.26 Kontrol lendutan Pelat D dan K	94
Tabel 5.27 Kontrol lendutan Pelat E	95
Tabel 5.28 Kontrol lendutan Pelat F	95
Tabel 5.29 Kontrol lendutan Pelat G dan M	96
Tabel 5.30 Kontrol lendutan Pelat H	96
Tabel 5.31 Kontrol lendutan Pelat I	97
Tabel 5.32 Beban Mati Pelat Tangga	98
Tabel 5.33 Beban Mati Pelat Bordes	98
Tabel 5.34 Kontrol lendutan Pelat Tangga	104
Tabel 5.35 Kontrol lendutan Pelat Bordes	104

BAB 6. PERHITUNGAN PEMBEBANAN	129
Tabel 6.1 Pembagian Beban Lateral Akibat Angin Arah X	166
Tabel 6.2 Pembagian Beban Lateral Akibat Angin Arah Y	167
Tabel 6.3 Simpangan Antar Lantai Arah X	168
Tabel 6.4 Simpangan Antar Lantai Arah Y	168
BAB 7. PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	171
Tabel 7.1 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Tiang	251
Tabel 7.2 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Tiang	252
Tabel 7.3 Data Statika Penulangan <i>Pile Cap</i>	253
Tabel 7.4 Rekapitulasi Penulangan <i>Pile Cap</i>	255
Tabel 7.5 Rekapitulasi Hasil Penulangan <i>Pile Cap</i>	256
Tabel 7.6 Rekapitulasi Geser Nominal Terhadap Geser Pons	257
Tabel 7.7 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Tiang	261
Tabel 7.8 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Tiang	261
Tabel 7.9 Data Statika Penulangan <i>Pile Cap</i>	262
Tabel 7.10 Rekapitulasi Penulangan <i>Pile Cap</i>	262
Tabel 7.11 Rekapitulasi Hasil Penulangan <i>Pile Cap</i>	263
Tabel 7.12 Rekapitulasi Geser Nominal Terhadap Geser Pons	264
Tabel 7.13 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Tiang	267
Tabel 7.14 Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan Tiang	267
Tabel 7.15 Data Statika Penulangan <i>Pile Cap</i>	268
Tabel 7.16 Rekapitulasi Penulangan <i>Pile Cap</i>	268
Tabel 7.17 Rekapitulasi Hasil Penulangan <i>Pile Cap</i>	269
Tabel 7.18 Rekapitulasi Geser Nominal Terhadap Geser Pons	270

DAFTAR GAMBAR

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
Gambar 2.1 Diagram Beban Bebas Ujung Balok	13
Gambar 2.2 Lokasi Penampang kritis untuk Geser pada Komponen Struktur Terbebani di Dekat Bagian Bawah	13
Gambar 2.3 Kondisi Tumpuan Tipikal untuk Menentukan Lokasi Gaya Geser Terfaktor V_u	14
Gambar 2.4 Contoh-contoh sengkang tertutup saling tumpang dan ilustrasi batasan	17
Gambar 2.5 Geser desain untuk balok dan kolom	20
Gambar 2.6 Contoh tulangan transversal pada kolom	22
Gambar 2.7 Luas Joint Efektif	25
 BAB 3. METODOLOGI PERENCANAAN	 37
Gambar 3.1 Peta Wilayah Kabupaten Jember	37
 BAB 4. PRELIMINARY DESIGN	 43
Gambar 4.1 Spektrum Respons Desain	45
Gambar 4.2 Denah Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai	46
Gambar 4.3 Kolom As H-6.....	59
Gambar 4.4 Denah Tangga	62
Gambar 4.5 Detail Tangga	63
Gambar 4.6 Detail Anak Tangga.....	65
 BAB 5. PERENCANAAN STRUKTUR SKUNDER	 66
Gambar 5.1 Distribusi Beban pada Tangga	99
Gambar 5.2 Momen yang Terjadi pada Tangga	99
Gambar 5.3 Denah Balok Anak	109
Gambar 5.4 Hasil Pemodelan Balok Anak As C-2.5	110

Gambar 5.5	Detail Balok B5	113
Gambar 5.6	Hasil Pemodelan Balok Anak As 4-D.F	114
Gambar 5.7	Detail Balok B6	118
Gambar 5.8	Hasil Pemodelan Balok Anak As 4.H.P	118
Gambar 5.9	Detail Balok B4	122
Gambar 5.10	Ilustrasi Pembebanan Balok Lift	124
Gambar 5.11	Ilustrasi Pembebanan Balok Lift.....	125
Gambar 5.12	Detail Balok Lift	128
BAB 7. PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER		171
Gambar 7.1	Denah Balok	172
Gambar 7.2	Hasil Pemodelan Balok Induk As 6.B.D	173
Gambar 7.3	Penampang Balok T.....	178
Gambar 7.4	Detail Potongan Balok B1	180
Gambar 7.5	Detail Potongan Balok B2	187
Gambar 7.6	Detail Potongan Balok B3	194
Gambar 7.7	Detail Potongan Balok B7	200
Gambar 7.8	Denah Kolom K-1 dan K-2.....	214
Gambar 7.9	Diagram Interaksi P-M Kolom K-1	216
Gambar 7.10	Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di HBK	218
Gambar 7.11	Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas.....	219
Gambar 7.12	Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas $f_s = 1,25f_y$	223
Gambar 7.13	Detail Penulangan Kolom K-1	226
Gambar 7.14	Diagram Interaksi P-M Kolom K-2	228
Gambar 7.15	Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas.....	231
Gambar 7.16	Output Diagram Interaksi P-M Kolom Bawah dan Atas $f_s = 1,25f_y$	234
Gambar 7.17	Detail Penulangan Kolom K-2.....	237
Gambar 7.18	Panjang Penyaluran Kait Standar Balok Induk.....	239
Gambar 7.19	Panjang Penyaluran Balok Empat Sisi.....	241
Gambar 7.20	Panjang Penyaluran Balok Tiga Sisi.....	245

Gambar 7.21 Panjang Penyaluran Balok Dua Sisi248
Gambar 7.22 Detail Tie Beam273



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelayakan suatu bangunan ditinjau dari segi keamanannya, dengan kata lain sebagai seorang perencana dituntut untuk menciptakan suatu struktur yang daktail, yaitu bangunan yang dapat menahan beban-beban yang dipikulnya. Oleh sebab itu, perencanaan struktur gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria, antara lain kriteria kekuatan dan taraf gempa rencana serta aspek ekonomis. Merencanakan struktur gedung bertingkat memerlukan pertimbangan yang matang, seperti: tidak mudah terguling, miring atau tergeser selama umur bangunan yang direncanakan dan harus dirancang tahan terhadap gempa karena letak geografis dari Indonesia merupakan daerah rawan gempa. Untuk mencapai tujuan perencanaan tersebut, perencanaan struktur harus mengikuti peraturan perencanaan yang ditetapkan oleh pemerintah berupa Standar Nasional Indonesia (SNI).

Perencanaan struktur gedung dengan struktur beton harus direncanakan dengan menggunakan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013. Sedangkan untuk luar negeri juga terdapat banyak standar perencanaan yang berlaku sesuai dengan letak dimana bangunan itu berada. Seperti ACI, CSA, EUROCODE dan BRITISH STANDARD (BS).

Berdasarkan data Pemerintah Kabupaten Jember, letak geografis Kabupaten Jember berada pada posisi 7059'6" sampai 8033'56" LS dan 113016'28" sampai 114003'42" BT. Wilayah kabupaten jember mencakup area seluas 3.293,34 km², dengan karakter topografi dataran ngarai yang subur pada bagian tengah dan bagian selatan dikelilingi pegunungan yang memanjang batas barat dan timur. Kabupaten Jember terletak di wilayah Tapal Kuda, Jawa Timur yang berbatasan dengan Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Bondowoso di utara, Kabupaten Banyuwangi di timur, Samudera Hindia di selatan, dan Kabupaten Lumajang di barat. (jemberkab.go.id)

Dalam merencanakan struktur gedung bertingkat di Kabupaten Jember harus sesuai dengan letak geografis berdasarkan Desain Seismik. Dimana Kategori

Desain Seismik Kabupaten Jember adalah Kategori D, yang ditinjau dari kategori resiko pada struktur gedung yang direncanakan dan nilai dari parameter respons percepatan pada periode pendek (SD_5) dan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SD_1), sehingga perencanaan struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus agar komponen – komponen struktur dan join – joinnya mampu menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

Dari permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka akan dirancang sebuah Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

1.2 Rumusan Masalah

Dalam sebuah perencanaan, perumusan masalah sangat diperlukan, agar tujuan suatu perencanaan dapat tercapai dan terarah dengan baik. Dari uraian di atas, maka rumusan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merencanakan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)?
- b. Bagaimana menentukan *preliminary design*?
- c. Bagaimana menentukan gaya dalam dengan menggunakan program bantu SAP?
- d. Bagaimana merencanakan elemen-elemen struktur?
- e. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik?

1.3 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan perencanaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Merencanakan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- b. Menentukan dimensi elemen-elemen struktur (pelat, tangga, balok dan kolom).
- c. Menentukan gaya dalam dengan menggunakan program bantu SAP.
- d. Menghitung komponen struktur (pelat, balok, kolom dan pondasi).

- e. Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut:

- a. Struktur gedung yang direncanakan adalah Gedung Perkuliahan 8 lantai di Kabupaten Jember menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- b. Perencanaan struktur yang dihitung meliputi perhitungan struktur beton bertulang (plat atap, plat lantai, plat tangga, balok, kolom dan pondasi).
- c. Tidak membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- d. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah:
 - 1) SNI 1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
 - 2) SNI 2847-2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
 - 3) SNI 1727-2013, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari perencanaan struktur gedung tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Dapat memperkaya kajian, wawasan dan pengetahuan tentang Teknik Sipil khususnya dalam ilmu perencanaan ataupun perhitungan struktur gedung bertingkat.
- b. Dapat memberikan manfaat dan informasi secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan struktur gedung bertingkat yang mampu menahan beban gempa rencana.
- c. Dapat digunakan sebagai referensi perencanaan gedung perkuliahan di Kabupaten Jember, sehingga gedung tersebut dapat dimanfaatkan untuk kegiatan perkuliahan.

- d. Dapat digunakan sebagai referensi perencanaan struktur gedung bertingkat selanjutnya.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sistem Rangkak Pemikul Momen

Sistem Rangka Pemikul Momen adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). (SNI 1726-2012, Pasal 3.53)

2.2 Pengertian Perencanaan SRPMK

Sebuah struktur bangunan harus mempunyai kemampuan agar suatu struktur gedung tidak terjadi keruntuhan pada saat terjadinya gempa. Hal tersebut dapat dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen. Salah satunya SRPMK, dimana SRPMK merupakan suatu metode perencanaan struktur sistem rangka pemikul momen yang menitik beratkan kewaspadaannya terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser, dimana struktur rangka beton bertulang direncanakan berperilaku daktail penuh artinya semua kapasitas daktilitas strukturnya dikerahkan secara maksimal yang digunakan pada KDS D, E atau F.

2.3 Dasar Perencanaan

Dalam merencanakan struktur suatu bangunan bertingkat digunakan struktur yang mampu menopang beban-beban yang bekerja seperti beban sendiri, beban hidup, beban mati maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan dihitung menurut SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, antara lain:

2.3.1 Beban Mati (*D*)

Beban mati adalah beban dari struktur bangunan itu sendiri dan komponen-komponen gedung yang sifatnya tetap. Beban mati untuk bangunan gedung ini terdiri dari:

a. Bahan Bangunan:

1. Beton bertulang 2400 kg/m³
2. Beton biasa 2200 kg/m³

b. Komponen Gedung

1. Dinding pasangan batu merah setengah bata 250 kg/m³
2. Plofon 18 kg/m²
3. Penutup lantai dari tegel, keramik dan beton per cm tebal 24 kg/m³
4. Spesi per cm tebal 21 kg/m³
5. Partisi 72 kg/m²
6. Plambing 10 kg/m²
7. Sanitasi 20 kg/m²

2.3.2 Beban Hidup (*L*)

Beban hidup adalah beban dari penghuni atau pengguna suatu gedung, dan barang-barang yang berada didalamnya yang sifatnya dapat berpindah tempat, termasuk juga beban yang berasal dari air hujan. Beban hidup untuk bangunan gedung ini terdiri dari:

- a. Beban atap 100 kg/m²
- b. Beban tangga dari bordes 300 kg/m²
- c. Beban lantai 250 kg/m²

Koefisien reduksi untuk perencanaan balok induk dan portal pada beban hidup, dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Koefisien Reduksi Beban Hidup

Penggunaan Gedung	Koefisien Beban Hidup untuk Perencanaan Balok
Perdagangan: toko, toserba, pasar	0.9
Pertemuan Umum: Masjid, gereja, bioskop, restoran	0.9
Penyimpanan: gudang	0.8
Tangga: perdagangan, penyimpanan	0.9

Sumber: SNI 1727-2013

2.3.3 Beban Angin (W)

Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur bangunan yang disebabkan oleh tekanan udara. Langkah – langkah pembebanan angin menurut SNI 1727-2013, Pasal 27, Tabel 27.2-1 sebagai berikut:

- Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain.
- Menentukan kecepatan angin dasar, V , untuk katategori resiko yang sesuai.
- Menentukan parameter beban angin.
- Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h .
- Menentukan tekanan velositas q , atau q_h .
- Menentukan koefisien tekan eksternal C_p atau C_N .
- Menghitung tekanan angin, p , pada setiap permukaan bangunan gedung.

2.3.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada struktur yang diakibatkan oleh gerakan tanah yang diakibatkan oleh gempa. Ketentuan – ketentuan pada beban gempa menurut SNI 1727-2013, Pasal 4.

- Kategori Resiko Struktur Bangunan

Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, II, II, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
<ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
<ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	
Gedung dan non gedung, tidak termasuk pada kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	III
<ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penangan air - Fasilitas penangan limbah - Pusat telokomunikasi 	
Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak	

dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

- 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 kator polisi, serta garasi kendaraan darurat
- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angi badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tangga darurat
- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, ,emara 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

IV

Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori IV.

Sumber: SNI 1727-2013

b. Faktor Keutamaan

Faktor keutamaan dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

Sumber: SNI 1727-2013

c. Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori Desain Seismik dapat dilihat pada Tabel 2.4 Dan Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.4 Kategori Desai Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (S_{DS})

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	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 1727-2013

Tabel 2.5 Kategori Desai Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik (S_{DI})

Nilai S_{DI}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DI} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DI} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{DI}$	D	D

Sumber: SNI 1727-2013

d. Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA (batuan Keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), atau SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis spesifik situs). Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang menentukan kelas situs SF . (SNI 1726-2012 Pasal 6.1.2)

e. Sistem Penahan Gaya Gempa

Dari kategori yang ditetapkan oleh SNI 2847-2013 maka dapat ditabelkan seperti Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Sistem Penahan Gaya Gempa

Kategori Desai Seismik	Jenis Struktur yang Dapat Digunakan	Faktor Modifikasi Respons	Faktor Kuat Lebih Sistem	Faktor Pembesaran Defleksi
		(<i>R</i>)	(Ω_0)	(<i>C_b</i>)
B	SRPMB	3	3	2.5
	SRPMM	5	3	4.5
	SRPMK	8	3	5.5
C	SRPMM	5	3	4.5
	SRPMK	8	3	5.5
D, E, F	SRPMK	8	3	5.5

Dalam prosedur perencanaan berdasarkan SNI Gempa, struktur bangunan tahan gempa pada prinsipnya boleh direncanakan terhadap beban gempa yang direduksi dengan suatu faktor modifikasi Respon struktur (faktor *R*), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang memiliki struktur.

2.4 Syarat Perencanaan

Syarat perencanaan pembangunan gedung secara umum menurut SNI 2847-2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, antara lain:

2.4.1 Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu *U* harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam Pers. (2.1) sampai (2.7). Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa. Dengan kombinasi beban sebagai berikut: (SNI 2847-2013, Pasal 9.2)

$$U = 1,4D \dots\dots\dots (2.1)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \dots\dots\dots (2.5)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \dots\dots\dots (2.6)$$

$$U = 0,9D + 1,0E \dots\dots\dots (2.7)$$

kecuali sebagai berikut:

- a. Faktor beban pada beban hidup L dalam Pers. (2.3) sampai (2.5) diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan publik dan semua luasan dimana L lebih besar dari $4,8 \text{ kN/m}^2$.
- b. Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, $1,6W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $1,0W$ dalam Pers. (2.4) dan (2.6) dan $0,8W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $0,5W$ dalam Pers. (2.3).

Agar dapat terjamin bahwa suatu struktur yang direncanakan mampu menahan beban yang bekerja yaitu perlu adanya faktor reduksi (ϕ), dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.7 Faktor Reduksi (ϕ)

No	Kondisi Gaya	Faktor Reduksi (ϕ)
1.	Penampang terkontrol tarik	0.9
2.	Penampang terkontrol tekan:	
	a. Komponen struktur dengan tulangan spiral	0.75
	b. Komponen struktur bertulang lainnya	0.7
3.	Geser dan torsi	0.85
4.	Tumpuan pada beton	0.7

Sumber: SNI 2847-2013

2.4.2 Kekuatan Geser

Suatu desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada rumus berikut: (SNI 2847-2013, Pasal 11)

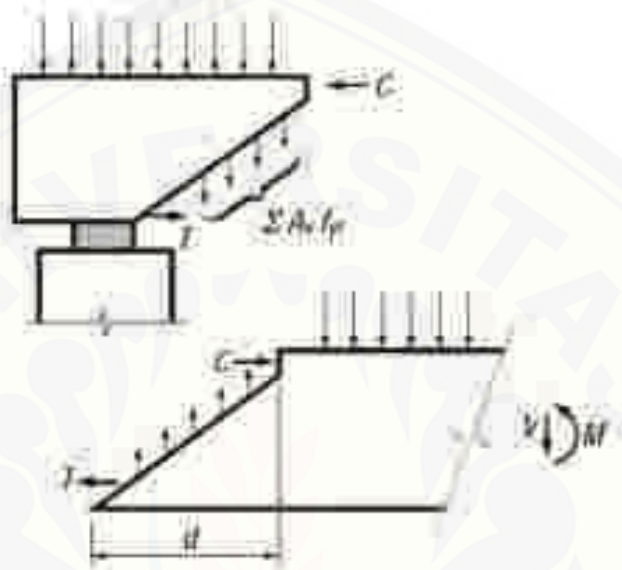
$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan

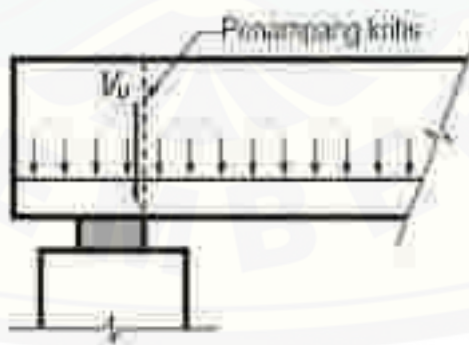
$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana V_c adalah kekuatan geser nominal.

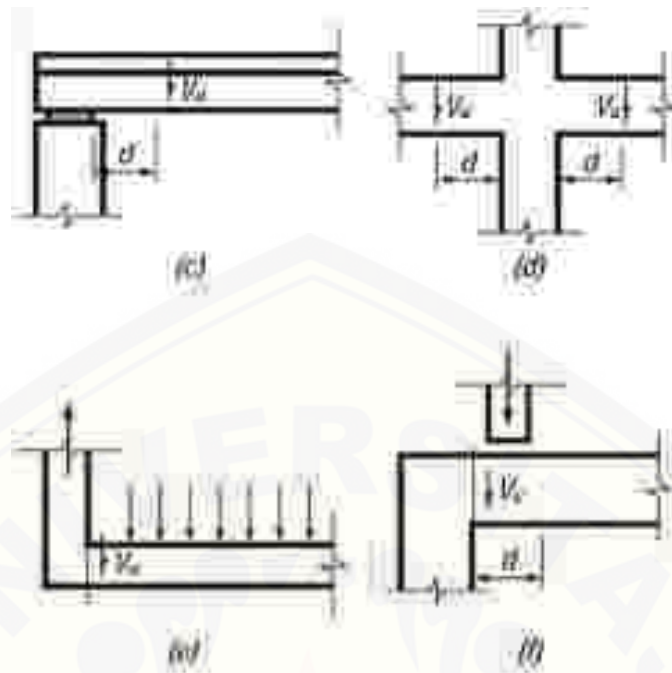
Untuk komponen struktur non-prategang, penampang yang lokasinya kurang dari jarak d dari muka tumpuan boleh didesain untuk V_u yang dihitung pada jarak d , dapat dilihat pada Gambar 2.1 sampai Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.1 (a) – Diagram Badan Bebas Ujung Balok



Gambar 2.2 (b) – Lokasi Penampang kritis untuk Geser pada Komponen Struktur Terbebani di Dekat Bagian Bawah



Gambar 2.3 (c), (d), (e), (f) – Kondisi Tumpuan Tipikal untuk Menentukan Lokasi Gaya Geser Terfaktor V_u

2.4.3 Tulangan Geser Minimum

Luas tulangan geser minimum, $A_{v_{min}}$, harus disediakan dalam semua komponen struktur lentur beton bertulang (prategang dan non-prategang) dimana $V_u \geq 0,50V_c$, kecuali pada komponen struktur yang memenuhi satu atau lebih a sampai f: (SNI 2847-2013, Pasal 11.4.6)

- Fondasi tapak (*footing*) dan slab solid;
- Unit inti berlubang (*hollow-core*) dengan tinggi tanpa slab total tidak lebih besar dari 315 mm dan unit inti berlubang dimana $V_u \leq 0,50V_{cw}$;
- Konstruksi balok jois (*joist*) beton yang didefinisikan dalam Pasal 8.13;
- Balok dengan h tidak lebih besar dari 250 mm;
- Balok yang menyatu dengan slab dengan h tidak lebih besar dari 600 mm dan tidak lebih besar dari yang lebih besar dari 2,5 kali tebal sayap (*flange*), dan 0,5 kali lebar badan (*web*);

- f. Balok yang dibangun dari beton berat normal bertulangan serat baja dengan f'_c tidak melebihi 40 MPa, h tidak lebih besar dari 600 mm, dan $V_u \leq 0,17 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$.

2.4.4 Desain Tulangan Geser

Bila V_u melebihi ϕV_c , maka tulangan geser harus disediakan untuk memenuhi Pers. (2.8) dan (2.9), dimana tulangan geser tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur maka V_s harus dihitung sebagai berikut: (SNI 2847-2013, Pasal 11.4.7)

$$V_s = \frac{A_v f_y t d}{s} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana

A_v adalah luas tulangan geser yang berada dalam spasi s .

2.5 Ketentuan - Ketentuan untuk SRPMK

2.5.1 Komponen Struktur Lentur Balok

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.5, Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur harus memenuhi ketentuan-ketentuan dibawah ini:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$
- b. Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya
- c. Lebar komponen, b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm

2.5.1.1 Tulangan Longitudinal

- a. Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur

1. Jumlah tulangan tidak boleh kurang dari

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} b_w d \dots\dots\dots (2.11)$$

2. Tidak boleh kurang dari $1,4 b_w d / f_y$
 3. Rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025.
 4. Sekurang-kurangnya harus ada 2 batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus.
- b. Kuat lentur positif komponen lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.
- c. Sambungan lewatan pada tulangan lentur diizinkan jika ada tulangan spiral atau sengkang tertutup yang mengikat bagian sambungan lewatan tersebut yang mengikat daerah sambungan lewatan tersebut tidak melebihi $d/4$ atau 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada :
1. Daerah hubungan balok kolom
 2. Daerah hingga jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint
 3. Tempat-tempat yang berdasarkan analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastik struktur rangka.

2.5.1.2 Tulangan Transversal

- a. Sengkang harus dipasang pada komponen struktur pada daerah-daerah dibawa ini:
1. Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
 2. Disepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana leleh lentur diharapkan dapat terjadi sehubungan dengan terjadinya deformasi inelastik struktur rangka.
- b. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak melebihi 50 mm dari muka tumpuan.
1. $d/4$
 2. enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur
 3. 150 mm

2.5.1.3 Persyaratan Kuat Geser

a. Gaya rencana

Gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tandan berlawanan, sehubungan dengan kuat lentur maksimum, M_{pr} harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya.

b. Tulangan transvesal

Tulangan transversal sepanjang daerah yang ditentukan harus dirancang untuk memikul geser gempa dengan menganggap $V_e = 0$, bila :

1. Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai dengan gaya rencana mewakili setengah atau lebih daripada kuat geser perlu maksimum di sepanjang daerah tersebut.
2. Gaya aksial tekan terfaktor, P_u , termasuk akibat gempa, lebih kecil dari $A_g f'_c / 20$

2.5.2 Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.6, ukuran penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui titik pusat geometris penampang, tidak kurang dari 300 mm dengan perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

2.5.2.1 Kekuatan lentur minimum kolom

a. Kuat lentur kolom yang dirancang untuk menerima beban aksial tekan terfaktor melebihi $A_g f'_c / 10$

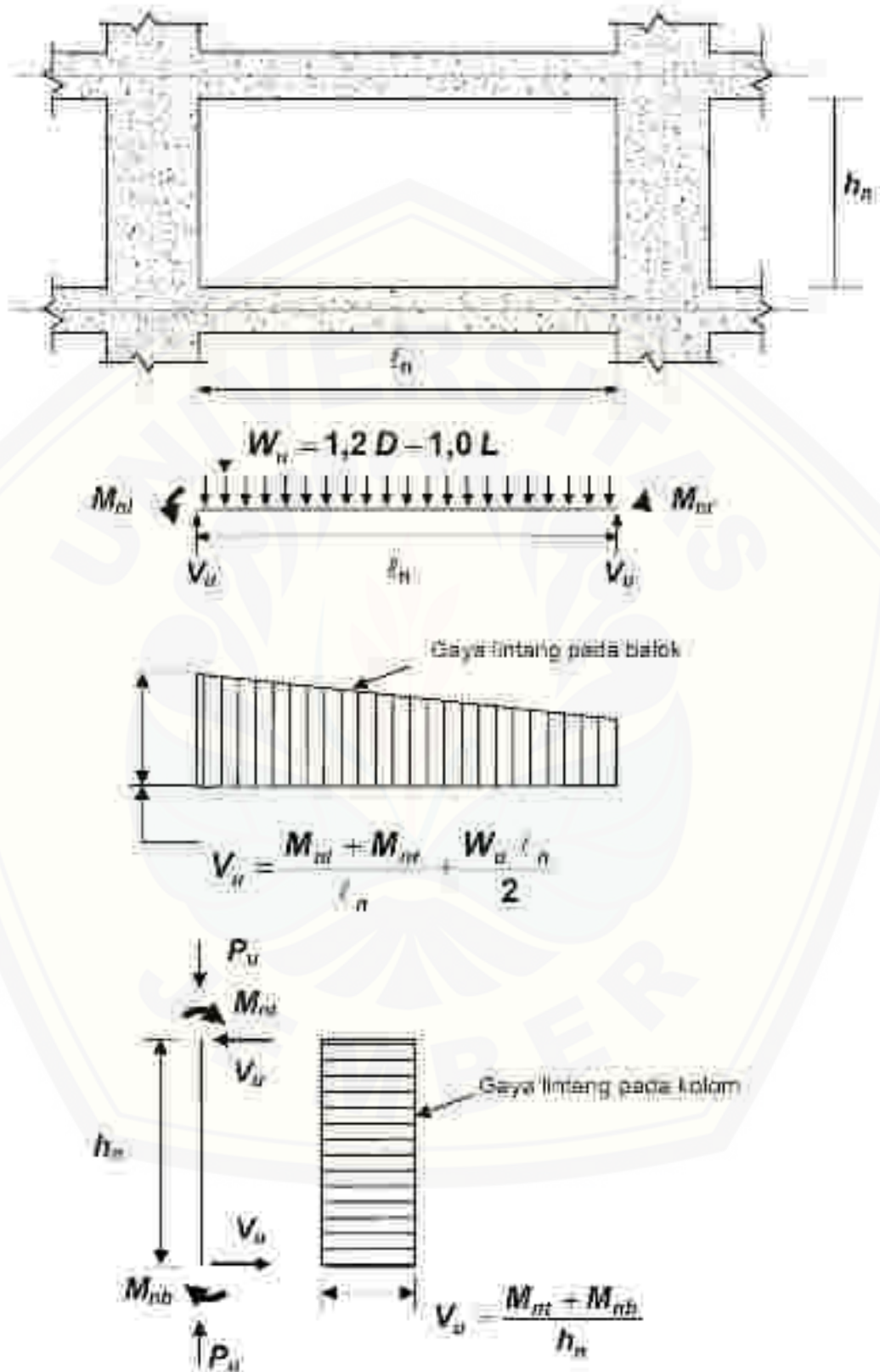
b. Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan 2.12

Catatan pada Gambar 2.5 berikut:

a. Arah gaya geser V_e tergantung pada besarnya relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen – momen ujung.

- b. Momen – momen ujung ***M_{pr}*** berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar ***1.25f_y*** adalah kekuatan leleh yang ditetapkan. (kedua momen ujung harus ditinjau dalam kedua arah, searah jarum jam dan berlawanan jarum jam).
- c. Momen ujung ***M_{pr}*** balok – balok yang merangka kedalam *joint* balok – kolom. ***V_e*** tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh analisis struktur.





Gambar 2.5 Geser desain untuk balok dan kolom

Kuat lentur kolom harus memnuhi

$$\sum Mnc \geq (1,2) \sum Mnb \dots\dots\dots (2.12)$$

ΣMnc adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya-gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah

ΣMnb adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, dimana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen dimuka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif diasumsikan menyumbang kepada Mnb jika tulangan slab disalurkan pada penampang kritis untuk lentur.

Jika persamaan tersebut tidak dipenuhi maka kolom pada hubungan balok-kolom tersebut harus direncanakan dengan memberikan tulangan transversal yang dipasang disepanjang tinggi kolom

2.5.2.2 Tulangan Longitudinal

Rasio tulangan memanjang, Ast , tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g

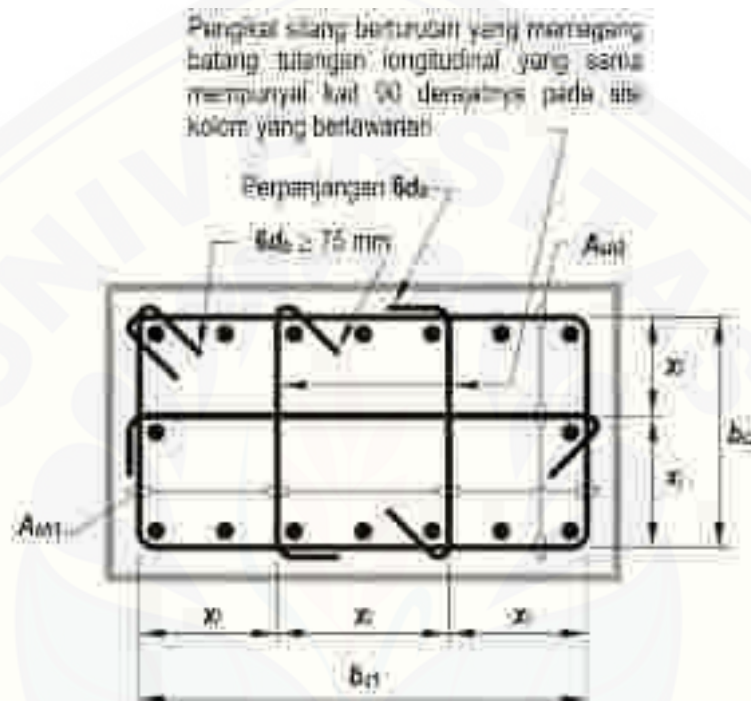
2.5.2.3 Tulangan Transversal

- a. Tulangan transversal harus dipasang disepanjang l_o dri setiap muka joint dan juga sepanjang l_o pada kedua sisi dari setiap penampang yang berpotensi membentuk leleh lentur akibat deformasi lateral inelastik struktur rangka l_o ditentukan tidak boleh kurang daripada:
 1. $\frac{1}{4}$ bentang bersih komponen struktur
 2. 450 mm
- b. Tinggi penampang komponen struktur pada muka joint atau pada segmen berpotensi membentuk leleh lentur
 1. $\frac{1}{4}$ bentang bersih komponen struktur
 2. 450 mm
- c. Tulangan pengikat silang tidak boleh dipasang dengan spasi lebih daripada 350 mm dari sumbu ke sumbu dalam arah tegak lurus sumbu komponen struktur.

d. Tulangan transversal harus diletakkan dengan spasi tidak melebihi daripada :

1. 1/4 dari dimensi terkecil komponen struktur
2. 6 kali diameter tulangan longitudinal
3. $s_o = 100 + \left(\frac{350-h_x}{3}\right)$

Nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm



Gambar 2.6 Contoh tulangan transversal pada kolom

e. Ketentuan mengenai jumlah tulangan transversal

Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang dari

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \right) \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (2.13)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \dots\dots\dots (2.14)$$

f. Kolom yang menumpuh reaksi dari komponen struktur kaku yang tak menerus seperti dinding, harus memenuhi:

1. Tulangan transversal harus disediakan sepanjang tinggi kolom pada semua tingkat di bawah diskontinuitas jika gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini berhubungan dengan pengaruh gempa, melebihi

$A_g f'_c/10$. Bilamana gaya desain telah diperbesar untuk memperhitungkan kekuatan lebih elemen vertikal sistem penahan gaya gempa, ditingkatkan menjadi $A_g f'_c/4$

2. Tulangan transvesal harus menerus ke dalam komponen struktur tak menerus paling sedikit sejarak sama dengan l_d . Bila kolom berhenti pada pondasi tapak, setepat, atau penutup tiang pondasi maka harus diteruskan 300 mm ke dalam pondasi.
3. Bila selimut beton di luar tulangan pengengkang melebihi 100mm, tulangan transversal tambahan harus di pasang dengan spasi tidak melebihi 300mm.

2.5.3 Persyaratan Kekuatan Geser

2.5.3.1 Gaya Desain

Gaya geser rencana, V_e , harus ditentukan dengan memperhitungkan gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi pada muka hubungan balok-kolom pada setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya pada muka hubungan balok-kolom tersebut harus ditentukan menggunakan kuat momen maksimum, M_{pr} , dari komponen struktur tersebut yang terkait dengan rentang beban-beban aksial terfaktor yang bekerja. Gaya geser rencana tersebut tidak perlu lebih besar daripada gaya geser rencana yang ditentukan dari kuat hubungan balok-kolom berdasarkan kuat momen maksimum, M_{pr} , dari komponen struktur transvesal yang merangka dari hubungan balok kolom tersebut. Gaya geser rencana V_e , tidak boleh lebih kecil daripada geser terfaktor hasil perhitungan analisis struktur.

2.5.3.2 Tulangan transversal

Tulangan transversal pada komponen struktur sepanjang l_o , harus direncanakan untuk memikul geser dengan menggap $V_c = 0$ bila,

- a. Gaya geser akibat gempa mewakili 50% atau lebih dari kuat geser perlu maksimum pada bagian sepanjang l_o
- b. Gaya tekan aksial terfaktor termasuk akibat pengaruh gempa tidak melebihi $A_g f'_c/10$

2.5.4 Joint Rangka Momen Khusus

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 21.7, Gaya-gaya pada tulangan longitudinal di muka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$, dan tulangan longitudinal balok yang berhenti pada suatu kolom harus diteruskan hingga mencapai sisi jauh dari inti kolom terkekang dan diangkur dalam kondisi tarik dan tekan serta bila tulangan longitudinal balok menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal. Bila menggunakan beton ringan dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batang tulangan.

2.5.4.1 Tulangan Transversal

- a. Pada hubungan joint balok-kolom, dengan lebar setidaknya-tidaknya sebesar $3/4$ lebar kolom, merangka pada keempat sisinya, harus dipasang tulangan transversal setidaknya-tidaknya sejumlah $1/2$ dari yang ditentukan. Tulangan transversal ini dipasang didaerah joint balok-kolom disetinggi balok terendah yang merangka ke hubungan tersebut. Pada daerah tersebut spasi tulangan transversal dapat diperbesar menjadi 150.
- b. Tulangan balok longitudinal di luar inti kolom harus dikekang dengan tulangan transversal yang melawati kolom, bila kekangan tidak disediakan oleh balok yang merangka ke dalam joint.

2.5.4.2 Kekuatan geser

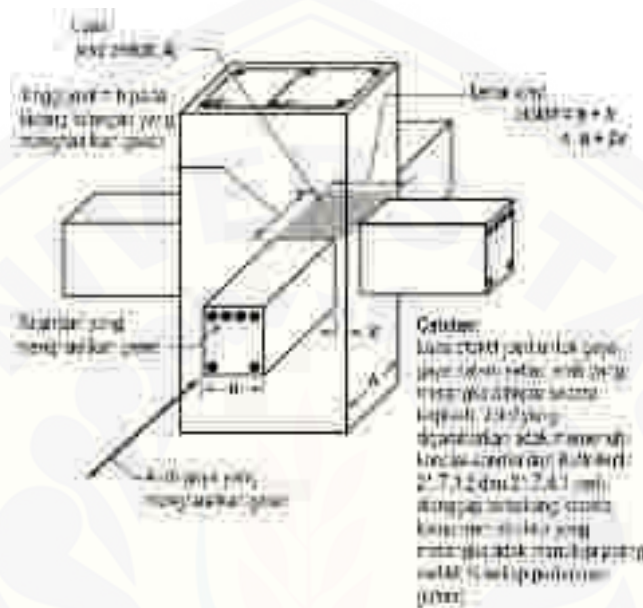
- a. Kuat geser nominal joint balok-kolom tidak boleh diambil lebih besar daripada ketentuan berikut ini untuk beton berat normal.

1. Untuk joint yang terkekang pada keempat sisinya $1,7 \sqrt{f_c' A_j}$

2. Untuk joint yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan $1,2 \sqrt{f_c' A_j}$

3. Untuk kasus-kasus lainnya $1,0 \sqrt{f_c' A_j}$

- b. Suatu balok yang merangka pada suatu joint balok-kolom dianggap memberikan kekangan bila setidaknya 3/4 bidang muka hubungan balok-kolom tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut. Joint balok-kolom dapat dianggap terkekang bila empat balok merangka pada keempat sisi hubungan balok-kolom tersebut.



Gambar 2.7 Luas Joint Efektif

Aj adalah luas penampang efektif dalam suatu joint yang dihitung dari tinggi joint kali lebar joint efektif.

- c. Untuk beton ringan, kuat geser nominal joint tidak boleh melebihi 3/4 nilai-nilai yang diberikan oleh ketentuan kuat geser.

2.5.4.3 Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam kondisi tarik

- a. Panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal tidak boleh diambil lebih kecil dari pada $8d_b$, 150 mm, dan nilai yang ditentukan oleh:

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk diameter tulangan sebesar 10 mm hingga 36 mm,
 Untuk beton ringan, panjang penyaluran tulangan tarik dengan kait standard 90° tidak boleh diambil $10d_b$, 190 mm, dan 1,25 kali nilai yang ditentukan persamaan

(21-6 SNI 2847-2013). Kait standart 90° harus ditempatkan di dalam inti terkekang kolom atau komponen batas.

- b. Untuk diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyaluran tulangan tarik l_d tanpa kait tidak boleh diambil lebih kecil daripada:
 1. 2,5 kali panjang penyaluran, bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm
 2. 3,25 kali panjang penyaluran, bila ketebalan pengecoran beton dibawah tulangan tersebut melebihi 300 mm.
- c. Tulangan tanpa kait yang berhenti pada hubungan balok-kolom harus diteruskan melewati inti terkekang dari kolom atau elemen batas. Setiap bagian dari tulangan tanpa kait yang tertanam bukan di dalam daerah inti kolom terkekang harus sebesar 1,6 kali.

2.6 Perhitungan Perencanaan

Dalam perhitungan perencanaan struktur menggunakan peraturan SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, antara lain:

2.6.1 Perencanaan Tangga

- a. Pembebanan
 1. Beban mati
 2. Beban hidup
- b. Asumsi perletakan
 1. Tumpuhan bawah adalah jepit
 2. Tumpuan tengah adalah sendi
 3. Tumpuan atas adalah jepit
- c. Perencanaan struktur menggunakan progam bantu struktur
- d. Perhitungan rasio tulangan tangga arah x dan arah y :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana $\phi = 0,9$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\omega = 0.85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \cdot Rn}{f'c}} \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\rho_{hit.} = \omega \frac{f'c}{fy} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot fc}{fy} \cdot \frac{600}{600 + fy} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{fy} \dots\dots\dots (2.22)$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ \longrightarrow Pakai ρ hitung (tulangan tunggal)

$\rho < \rho_{min}$ \longrightarrow Pakai ρ_{min}

$$As = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.23)$$

$$As' = 0,002 \cdot b \cdot h \dots\dots\dots (2.24)$$

2.6.2 Perencanaan Pelat

Berdasarkan perbandingan antara batang panjang (ly) dan bentang pendek (lx) pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah (*one way*) jika nilai perbandingannya lebih besar dari dua dan pelat dua arah (*two way*) jika perbandingannya lebih kecil dari dua. Pelat dikatakan satu arah apabila pelat ditumpu oleh salah satu arahnya.

Langkah – langkah perencanaan penulangan pelat, sebagai berikut:

- a. Menentukan tebal pelat

$$h(\min) = \frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$h(\max) = \frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{1500})}{36} \dots\dots\dots (2.26)$$

- b. Apabila pelat yang digunakan merupakan pelat satu arah maka untuk mencari momen digunakan rumus sebagai berikut:

$$Mu = \frac{1}{8} Wu. t^2 \dots\dots\dots (2.27)$$

Dan rumus untuk momen jepit tak terduga:

$$Mu = \frac{1}{24} Wu. t^2 \dots\dots\dots (2.28)$$

Apabila pelat merupakan pelat dua arah maka untuk mencari momen menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Mu = 0.001. Wu. l^2. X \dots\dots\dots (2.29)$$

dimana X didapatkan dari tabel koefisien momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata.

2.6.3 Perencanaan Pelat Atap

- a. Pembebanan
 1. Beban mati
 2. Beban hidup
- b. Asumsi perletakan adalah jepit
- c. Perencanaan struktur menggunakan progam bantu struktur

2.6.4 Perencanaan Pelat Lantai

- a. Pembebanan
 1. Beban mati

2. Beban hidup
- b. Asumsi perletakan adalah jepit
- c. Perencanaan struktur menggunakan progam bantu struktur

2.6.5 Perencanaan Balok

Langkah – langkah penulangan lentur balok sebagai berikut:

- a. Menentukan asumsi awal dimensi balok. (Vis dan Kusuma, 1997)

$$h_{min} = \frac{1}{12}l \quad \& \quad h_{maks} = \frac{1}{8}l \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

$$b_{min} = \frac{1}{2}h \quad \& \quad b_{maks} = \frac{2}{3}h \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana:

h = tinggi balok

b = lebar balok

l = panjang bentang

- b. Pembebanan
 1. Beban mati
 2. Beban hidup
- c. Asumsi perletakan adalah sendi-sendi
- d. Perencanaan struktur menggunakan progam bantu struktur
- e. Perhitungan rasio penulangan lentur balok (rumus sama seperti pada perhitungan tulangan tangga)
- f. Melakukan cek tipe analis balok yang digunakan

$$C = T$$

$$Cc + Cs = T$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + As' \cdot fy = As \cdot fy$$

$$a = \frac{(As \cdot fy) - (As' \cdot fy)}{0.85 \cdot f'c \cdot b} \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta} \dots\dots\dots (2.33)$$

Apabila sumbu netral lebih kecil atau sama dengan tebal slab, $c \leq hf$, balok dapat dianalisis sebagai balok biasa dengan lebar balok sama dengan lebar flens efektif b_e .

Apabila sumbu netral lebih kecil atau sama dengan tebal slab, $c > hf$, balok harus dianalisis sebagai balok monolit dengan lebar balok sama dengan lebar flens efektif b_e .

g. Menghitung lebar flens efektif yang digunakan

1. Balok L

$$b_e \leq \frac{1}{12} l_o \dots\dots\dots (2.34)$$

$$b_e \leq 6 hf \dots\dots\dots (2.35)$$

$$b_e \geq \frac{1}{2} b_o \dots\dots\dots (2.36)$$

2. Balok T

$$b_e \leq \frac{1}{4} l_o \dots\dots\dots (2.37)$$

$$b_e \leq 8 hf \dots\dots\dots (2.38)$$

$$b_e \geq \frac{1}{2} b_o \dots\dots\dots (2.39)$$

h. Perhitungan untuk penulangan geser balok

$$\phi = 0,85$$

$$V_c = 0.17\lambda\sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.40)$$

$$\phi V_c = 0,85 \cdot V_c \dots\dots\dots (2.41)$$

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c \dots\dots\dots (2.42)$$

$$V_s \text{ ada} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} \dots\dots\dots (2.43)$$

2.6.6 Perencanaan Kolom

Langkah – langkah perencanaan penulangan kolom sebagai berikut:

a. Mencari kekakuan kolom

1. Elastisitas beton

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} \dots\dots\dots (2.44)$$

2. Inersia kolom

$$I_k = \frac{1}{12} b \cdot h^3 \dots\dots\dots (2.45)$$

3. Koefisien beton

$$\beta d = \frac{1.2D}{1.2D + 1.6L} \dots\dots\dots (2.46)$$

4. Elastisitas kolom

$$E_{ik} = \frac{E_c \cdot I_k}{2,5(1 + \beta d)} \dots\dots\dots (2.47)$$

5. Inersia balok

$$I_b = \frac{1}{12} b \cdot h^3 \dots\dots\dots (2.48)$$

6. Elastisitas balok

$$E_{ib} = \frac{E_c \cdot I_b}{2,5(1 + \beta d)} \dots\dots\dots (2.49)$$

7. Nilai koefisien kekakuan

$$\phi A = \phi B = \frac{E_{ik}/L_k}{E_{ib}/L_b} \dots\dots\dots (2.50)$$

Dari ϕA dan ϕB diplotkan kedalam nomogram struktur bergoyang yang akan menghasilkan nilai K atau kekakuan struktur.

b. Menentukan tipe kolom

$$\frac{K \cdot Lu}{r} < 22 \dots\dots\dots (2.51)$$

Maka kolom termasuk kolom pendek dan tidak memerlukan perbesaran momen.

Dimana:

Lu = lebar bersih kolom

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \dots\dots\dots (2.52)$$

c. Pembebanan

1. Beban mati
2. Beban hidup

d. Asumsi perletakan

1. Jepit pada kaki portal
2. Bebas pada titik yang lain

e. Perencanaan struktur menggunakan progam bantu struktur

f. Perhitungan rasio penulangan kolom

$$Pu = \frac{Pu}{\phi} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$\phi = 0,7$$

$$ex = \frac{Muy}{Pu} \dots\dots\dots (2.54)$$

$$ey = \frac{Mux}{Pu} \dots\dots\dots (2.55)$$

$$e = \sqrt{ex^2 + ey^2} \dots\dots\dots (2.56)$$

$$Mu = Pu \times e \dots\dots\dots (2.57)$$

selanjutnya rumus sama seperti pada perhitungan tulangan tangga.

g. Mencari kebutuhan tulangan utama

Mencari tulangan kolom dengan cara mencoba menggunakan kebutuhan tulangan 1%-3% luas dari penampang kolom ($As=1\%-3\%$) dan memeriksa bahwa $Pu < \phi Pn$.

$$P_n = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d \left[\left(1 + \frac{e'}{d}\right) + \sqrt{\left(1 + \frac{e'}{d}\right)^2 + 2m\beta \left(1 + \frac{d'}{d}\right)} \right] \quad (2.58)$$

dimana:

$$\rho = \frac{A_s}{(b \cdot h)} \quad \dots\dots\dots (2.59)$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad \dots\dots\dots (2.60)$$

$$e' = e + \frac{d}{h/2} \quad \dots\dots\dots (2.61)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} \quad \dots\dots\dots (2.62)$$

h. Mencari kebutuhan tulangan geser (rumus sama seperti pada kebutuhan tulangan geser balok)

$$s \leq 48 \times \text{diameter sengkang} \quad \dots\dots\dots (2.63)$$

$$s \leq 16 \times \text{diameter tulangan memanjang} \quad \dots\dots\dots (2.64)$$

$$s \leq \text{lebar kolom terkecil} \quad \dots\dots\dots (2.65)$$

*diambil S terkecil

2.6.7 Perencanaan Pondasi

Perhitungan tulangan untuk pondasi berdasarkan SNI 2847-2013.

a. Analisa daya dukung tanah

$$q_u = q_{ult}/FK \quad \dots\dots\dots (2.66)$$

Safety faktor (SF=3)

b. Jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang.

c. Perhitungan daya dukung tiang pancang

$$A_b = 0,33 \cdot f'c \quad \dots\dots\dots (2.67)$$

$$P_{tiang} = ab \cdot A_{tiang} \quad \dots\dots\dots (2.68)$$

Dimana:

P tiang = Kekuatan pikul tiang yang diijinkan

ab = Tegangan tekan tiang terhadap penumbukan

A tiang = Luas penampang tiang pancang

d. Daya dukung tiang tunggal

$$P_{\text{tiang}} = \frac{(q_c \cdot A_p)}{3} + \frac{(T_f \cdot A_s)}{5} \dots\dots\dots (2.69)$$

Dimana:

q_c = Nilai konus hasil sondir (kg/cm²)

A_p = Luas permukaan tiang (cm²)

T_f = Total friction (kg/cm)

A_s = Keliling tiang pancang (cm)

e. Daya dukung tiang kelompok (*Pall Group*)

Pall Group = Eff x Pall 1 tiang (daya dukung tiang tunggal)

$$Eff = 1 - \frac{8}{90} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right) \dots\dots\dots (2.70)$$

Dimana:

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang suatu baris

\emptyset = Arc tan (d/s) dalam derajat

d = Diameter tiang (cm)

s = Jarak antar tiang (cm)

f. Perhitungan beban max yang diterima oleh tiang

$$P_{\text{maks}} = \frac{\epsilon P_u}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{maks}}}{n_x \cdot \epsilon y^2} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{maks}}}{n_y \cdot \epsilon x^2} \dots\dots\dots (2.71)$$

Diman:

P_{maks} = Beban maksimum yang diterima oleh tiang pancang (ton)

$\sum p_u$ = Jumlah total beban

M_x = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x (ton.m)

M_y = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y (ton.m)

n = Banyaknya tiang pancang dalam kelompok tiang pancang (*pile group*)

X_{maks} = Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{maks} = Ordinat terjauh tian pancang terhadap titil berat kelompok tiang

n_x = Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu x

n_y = Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu y

- $\sum x^2$ = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang (m²)
 $\sum y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang (m²)

g. Kontrol tegangan terhadap pons

Kolom tidak tertumpu pada pile, maka P yang diperhitungkan adalah P kolom.

$$\tau = \frac{P}{4 \cdot hx (h + B)} < \tau_{ijin} = 0.65 \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2.72)$$

Dimana:

- τ = Tegangan geser pons (kg/cm²)
P = Gaya vertikal kolom (kg)
h = Tebal pile cap (cm)
B = Lebar kolom (cm)

Kolom tertumpu pada pile, maka P yang diperhitungkan adalah P tiang pancang.

$$\tau = \frac{P}{4 \cdot hx (h + B)} < \tau_{ijin} = 0.65 \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2.73)$$

Dimana:

- τ = Tegangan geser pons (kg/cm²)
P tiang = Daya dukung tiang (kg)
h = Tebal pile cap (cm)
D = Diameter pancang (cm)

2.7 Detail Tulangan

2.7.1 Kait Standar

- Bengkokan 180 derajat ditambah perpanjangan $4d_b$, tapi tidak kurang dari 65 mm, pada ujung bebas batang tulangan.
- Bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas batang tulangan.
- Untuk sengkang dan kait pengikat:

1. Batang tulangan D-16 dan yang lebih kecil, bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan $6d_b$ pada ujung bebas batang tulangan; atau
2. Batang tulangan D-19, D-22, dan D-25, bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas batang tulangan; atau
3. Batang tulangan D-25 dan yang lebih kecil, bengkokan 135 derajat ditambah perpanjangan $6d_b$ pada ujung bebas batang tulangan.

2.7.2 Diameter Bengkokan Minimum

Diameter bengkokan yang diukur pada bagian dalam batang tulangan, selain dari untuk sengkang dan pengikat ukuran D-10 hingga D-16, tidak boleh kurang dari nilai dalam Tabel 2.5. Diameter dalam bengkokan untuk sengkang dan pengikat tidak boleh kurang dari $4d_b$, untuk batang tulangan D-16 dan yang lebih keil. Untuk batang tulangan yang lebih besar dari D-16, diameter bengkokan harus sesuai dengan Tabel 2.8. Diameter dalam bengkokan pada tulangan kawat las untuk sengkang dan pengikat tidak boleh kurang dari $4d_b$ untuk kawat ulir yang lebih besar dari D-7 dan $2d_b$ untuk semua kawat lain. Bengkokan dengan diameter dalam kurang dari $8d_b$ tidak boleh berada kurang dari $4d_b$ dari persilangan las yang terdekat.

Tabel 2.8 Diameter Minimum Bengkokan

Ukuran Batang Tulangan	Diameter Minimum
D-10 sampai D-25	$6d_b$
D-29, D-32, dan D-36	$8d_b$
D-44 dan D-56	$10d_b$

Sumber: SNI 2847-2013

2.7.3 Pembengkokan

Semua tulangan harus dibengkokkan dalam keadaan dingin dan tulangan yang sebagian sudah tetanam di dalam beton tidak boleh dibengkokkan di lapangan.

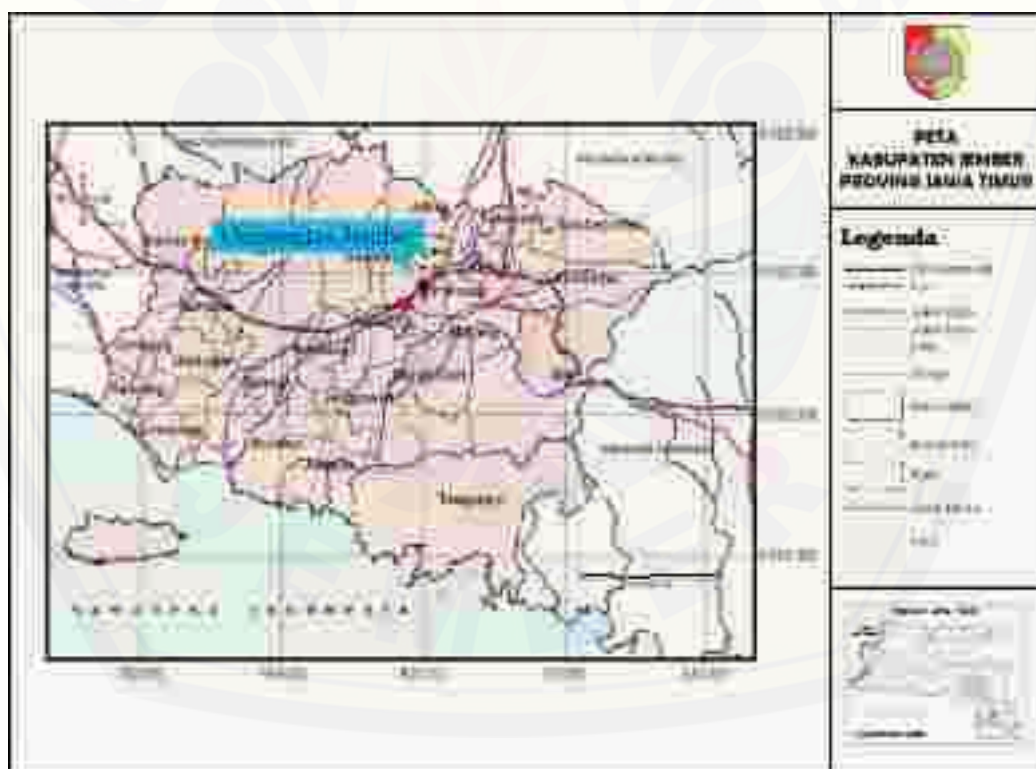
BAB 3. METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Umum

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dibutuhkan tahap pengerjaan yang teratur dan sistematis agar mendapatkan hasil yang sesuai. Tahap pengerjaan ini akan di uraikan dan dijelaskan secara rinci dalam penyelesaian perencanaan pada diagram alir.

3.2 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan dalam Tugas Akhir ini adalah Kabupaten Jember, dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Peta Wilayah Kabupaten Jember

3.3 Waktu Perencanaan

Waktu perencanaan Tugas Akhir ini dimulai pada tanggal 22 Agustus 2017 sampai 25 April 2018.

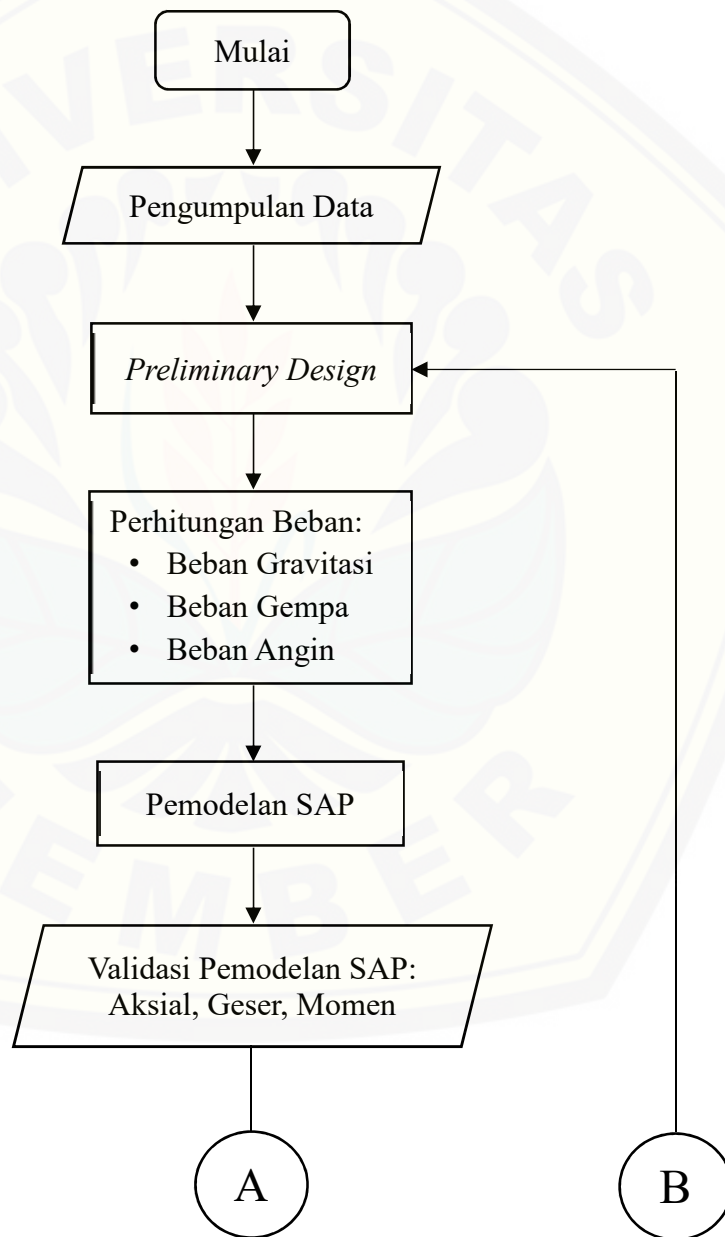
3.4 Pengumpulan Data

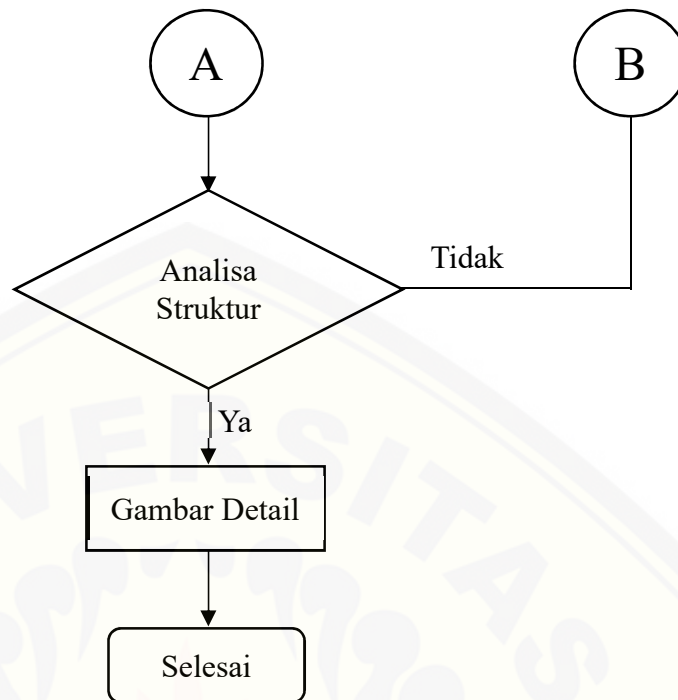
Adapun proses pengumpulan data yang diperlukan sebagai perencanaan struktur gedung, yaitu:

- a. Studi Literatur atau bahan acuan yang digunakan dalam penyelesaian Proyek Akhir ini antara lain:
 1. SNI 2847-2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
 2. SNI 1727-2013, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
 3. SNI 1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
 4. Jurnal – jurnal dan buku – buku yang berkaitan dengan analisis perhitungan struktur bangunan gedung bertingkat.
- b. Pemilihan Kriteria Design
 1. Dari data yang didapat akan dirancang dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMK), dengan wilayah gempa yaitu zone 4.
 2. Data yang perlu diketahui:
 - a) Jumlah lantai : 8 Lantai
 - b) Tinggi tiap lantai : 4.2 m
 - c) Fungsi bangunan : Gedung Perkuliahan
 - d) Lokasi bangunan : Kabupaten Jember
 - e) Letak bangunan : Jauh dari Pantai
 - f) Struktur bangunan : Beton Bertulang
 - g) Struktur pondasi : Pondasi Bore Pile (Mini Crane)
 - h) Kategori Desain Seismik : Kategori D
 - i) Mutu beton, $f'c$: 30 MPa
 - j) Mutu baja deform, f_y : 400 MPa (Tulangan Longitudinal)

- k) Mutu baja polos, f_y : 300 MPa (Tulangan Transversal)
- l) Faktor, R : 8 (SRPMK)
- m) Kelas situs : Tanah Keras
- n) Tinggi gedung : 33.6 m

3.5 Diagram Alir





3.5.1 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan merupakan data lapangan yang digunakan dalam perencanaan. Data tersebut berupa data tanah dan peta lokasi yang akan digunakan sebagai objek perencanaan.

3.5.2 Preliminary Design

Desain awal dalam merencanakan dimensi elemen-elemen struktur, menentukan bahan, mutu dan material. Tahap ini diperlukan dalam panduan perhitungan struktur dan analisa pada perencanaan.

3.5.3 Perhitungan Beban

Perhitungan beban pada perencanaan gedung disesuaikan dengan peraturan pembebanan pada SNI 2847-2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1727-2013, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan SNI 1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung. Pembebanan yang digunakan antara lain:

a. Beban Gravitasi

1. Beban Mati

Tahap pembebanan dalam mendesain struktur gedung ini adalah untuk mendefinisikan nilai beban-beban yang akan dipikul oleh struktur berdasarkan SNI 1727-2013.

2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung atau barang-barang yang sifatnya dapat berpindah tempat. Beban ini akan di input kedalam perhitungan struktur berdasarkan SNI 1727-2013.

b. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 untuk bangunan gedung yang memiliki tinggi lebih dari 40 m atau 10 lantai maka termasuk kategori gedung tidak beraturan dimana Analisis beban gempa harus dilakukan berdasarkan respon dinamik terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana, yang dapat dilakukan dengan metoda analisis respon spektrum.

c. Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727-2013 langkah-langkah pembebanannya harus menentukan kategori reiko, kecepatan angin dasar, parameter beban angin, koefisien eksposur tekanan velositas, tekanan velositas, koefisien tekan eksternal, dan menghitung tekanan angin.

3.5.4 Pemodelan SAP

Dalam perhitungan perencanaan struktur digunakan program bantu komputer yaitu pemodelan SAP untuk mendapat gaya aksial (P_u), gaya geser (V_u), dan momen (M_u) yang terjadi pada struktur bangunan.

3.5.5 Validasi Pemodelan SAP

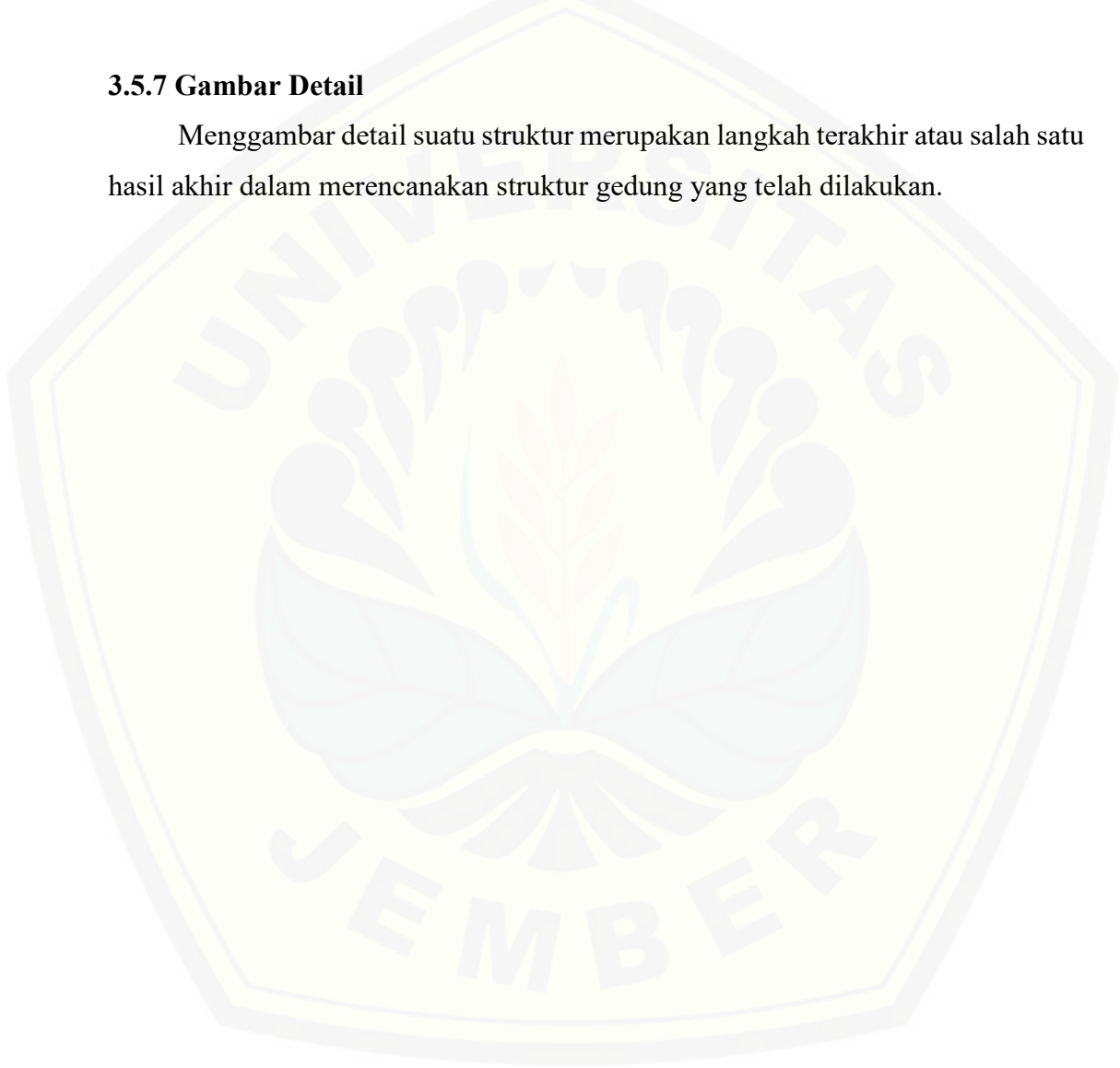
Melakukan validasi atau pembuktian terhadap gaya aksial (P_u), gaya geser (V_u), dan momen (M_u) yang didapat dari perhitungan SAP tersebut sudah benar.

3.5.6 Analisa Struktur

Melakukan pengontrolan penampang terhadap kapasitas dimensi elemen struktur yang telah direncanakan. Apabila kapasitas dimensi elemen struktur sudah benar maka bisa membuat gambar detail dan jika belum benar maka dilakukan perhitungan ulang atau kembali ke *preliminary design*.

3.5.7 Gambar Detail

Menggambar detail suatu struktur merupakan langkah terakhir atau salah satu hasil akhir dalam merencanakan struktur gedung yang telah dilakukan.



BAB 4. PRELIMINARY DESIGN

4.1 Jenis Struktur

Dalam merencanakan struktur gedung bertingkat tahan gempa, hal pertama yang dilakukan yaitu menentukan jenis struktur yang akan digunakan. Untuk pemilihan jenis struktur, terlebih dahulu diketahui kategori desain seismik tempat yang akan direncanakan. Langkah awal yang dilakukan yaitu mengetahui jenis tanah yang berada di lokasi yang direncanakan. Pada perencanaan struktur gedung perkuliahan 8 lantai di Kabupaten Jember ini berada pada kawasan tanah keras. Kemudian dibutuhkan data S_{DS} dan S_{DI} , dimana data tersebut didapat dari Puskim PU, dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 4.1 Respons Spektrum Jember

Variabel	Batuan	Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak
PGA (g)	0.357	0.357	0.357	0.357
SS (g)	0.704	0.704	0.704	0.704
S1 (g)	0.301	0.301	0.301	0.301
CRS	0.995	0.995	0.995	0.995
CR1	0.893	0.893	0.893	0.893
FPGA	1	1.043	1.143	1.029
FA	1	1.118	1.236	1.291
FV	1	1.499	1.799	2.798
PSA (g)	0.357	0.372	0.408	0.367
SMS (g)	0.704	0.788	0.871	0.91
SM1 (g)	0.301	0.451	0.541	0.841
S_{DS} (g)	0.47	0.525	0.581	0.606
S_{DI} (g)	0.2	0.3	0.36	0.561
T0 (detik)	0.085	0.114	0.124	0.185
TS (detik)	0.427	0.572	0.621	0.925

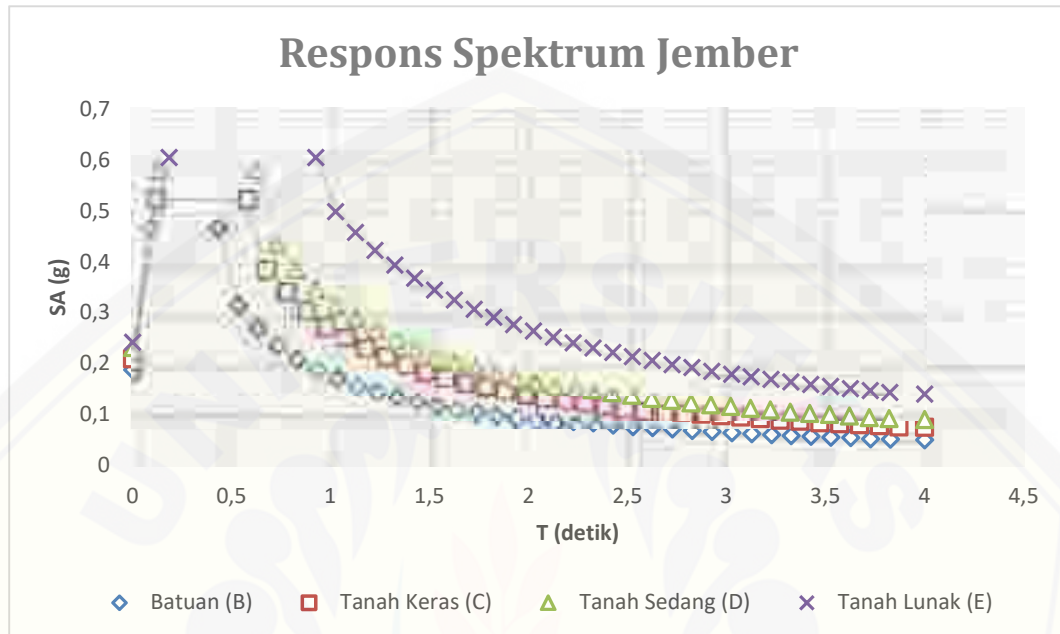
Sumber: puskim.pu.go.id

Dari tabel 4.1 diatas menunjukkan bahwa nilai S_{DS} dan S_{DI} pada tanah keras adalah 0.525 dan 0.3.

Tabel 4.2 Nilai Respons Spektrum dalam Detik

Batuan		Tanah Keras		Tanah Sedang		Tanah Lunak	
T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)
0	0.188	0	0.21	0	0.232	0	0.242
0.085	0.47	0.114	0.525	0.124	0.581	0.185	0.606
0.427	0.47	0.572	0.525	0.621	0.581	0.925	0.606
0.527	0.32	0.672	0.389	0.721	0.439	1.025	0.499
0.627	0.276	0.772	0.345	0.821	0.391	1.125	0.458
0.727	0.242	0.872	0.309	0.921	0.353	1.225	0.423
0.827	0.216	0.972	0.28	1.021	0.322	1.325	0.394
0.927	0.195	1.072	0.256	1.121	0.295	1.425	0.368
1.027	0.178	1.172	0.236	1.221	0.273	1.525	0.345
1.127	0.163	1.272	0.219	1.321	0.254	1.625	0.325
1.227	0.151	1.372	0.204	1.421	0.237	1.725	0.307
1.327	0.14	1.472	0.191	1.521	0.222	1.825	0.291
1.427	0.131	1.572	0.18	1.621	0.209	1.925	0.277
1.527	0.123	1.672	0.17	1.721	0.198	2.025	0.264
1.627	0.116	1.772	0.161	1.821	0.188	2.125	0.252
1.727	0.11	1.872	0.152	1.921	0.178	2.225	0.241
1.827	0.104	1.972	0.145	2.021	0.17	2.325	0.231
1.927	0.099	2.072	0.138	2.121	0.162	2.425	0.222
2.027	0.094	2.172	0.132	2.221	0.155	2.525	0.214
2.127	0.09	2.272	0.127	2.321	0.149	2.625	0.206
2.227	0.086	2.372	0.122	2.421	0.143	2.725	0.198
2.327	0.083	2.472	0.117	2.521	0.138	2.825	0.192
2.427	0.079	2.572	0.112	2.621	0.132	2.925	0.185
2.527	0.076	2.672	0.108	2.721	0.128	3.025	0.179
2.627	0.074	2.772	0.105	2.821	0.123	3.125	0.174
2.727	0.071	2.872	0.101	2.921	0.119	3.225	0.169
2.827	0.068	2.972	0.098	3.021	0.116	3.325	0.164
2.927	0.066	3.072	0.095	3.121	0.112	3.425	0.159
3.027	0.064	3.172	0.092	3.221	0.109	3.525	0.155
3.127	0.062	3.272	0.089	3.321	0.105	3.625	0.151
3.227	0.06	3.372	0.087	3.421	0.102	3.725	0.147
3.327	0.058	3.472	0.084	3.521	0.1	3.825	0.143
3.427	0.057	3.572	0.082	3.621	0.097	4	0.14
3.527	0.055	3.672	0.08	3.721	0.094		
3.627	0.054	3.772	0.078	3.821	0.092		
3.727	0.052	3.872	0.076	4	0.09		
3.827	0.051	4	0.075				
4	0.05						

Dari tabel 4.2 diatas nilai percepatan respons spektra (S_a) dalam periode (T) akan diperlukan dalam pemodelan program bantu SAP. Dimana jika tabel 4.2 dikurvakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Spektrum Respons Desain

Berdasarkan tabel 2.2 dan tabel 2.3 fungsi bangunan gedung sebagai gedung perkuliahan maka didapat kategori resiko bangunan IV dengan nilai faktor keutamaan gempa 1.5. Dengan berdasarkan tabel 2.4 untuk nilai $0.5 \leq S_{DS}$ dan tabel 2.5 untuk nilai $0.20 \leq S_{D1}$ maka didapat kategori desain seismik adalah kategori D. Dalam katogori ini tipe struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Dimana:

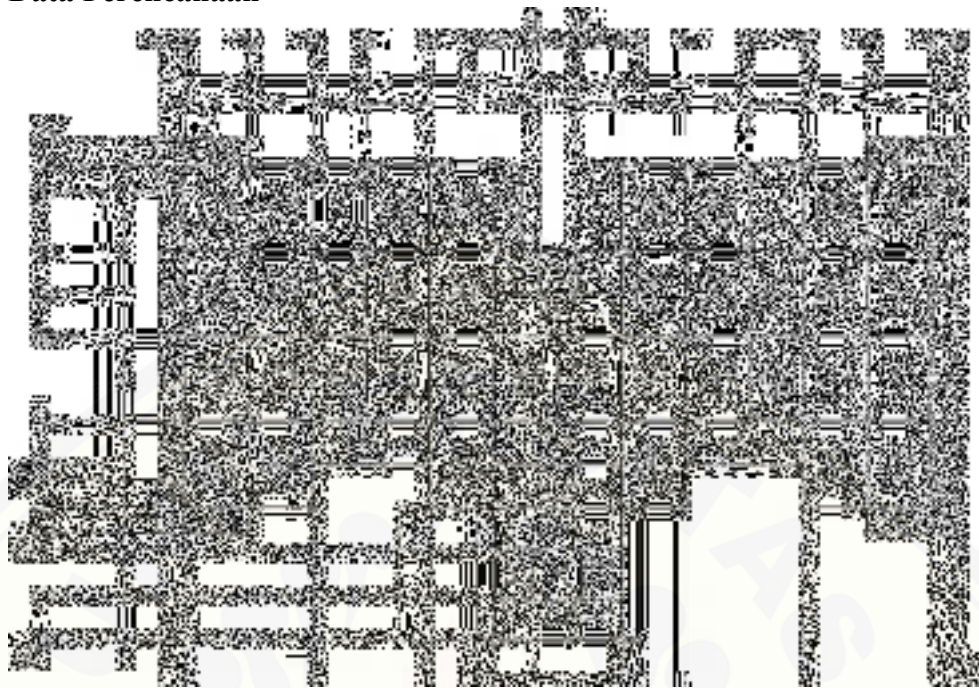
T = Periode (detik)

S_a = parameter percepatan respons spektral spesifik situs pada periode tertentu

S_{DS} = parameter percepatan respons spektral pada periode pendek

S_{D1} = parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik

4.2 Data Perencanaan



Gambar 4.2 Denah Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai

- a. Jumlah Lantai : 8 Lantai
 - b. Tinggi Tiap Lantai : 4.2 m
 - c. Tinggi Gedung : 33.6 m
 - d. Ukuran Pelat
 - Ly . Lx : 4800 x 3600 mm (Pelat A)
 - Ly . Lx : 4800 x 3000 mm (Pelat B)
 - Ly . Lx : 6600 x 2400 mm (Pelat C)
 - Ly . Lx : 7200 x 2400 mm (Pelat D)
 - Ly . Lx : 2400 x 2000 mm (Pelat E)
 - Ly . Lx : 2700 x 2250 mm (Pelat F)
 - Ly . Lx : 3600 x 1500 mm (Pelat G)
 - Ly . Lx : 3000 x 1500 mm (Pelat H)
- Kantilever
- Ly . Lx : 3300 x 1500 mm (Pelat I)
 - Ly . Lx : 4800 x 1500 mm (Pelat J)
 - Ly . Lx : 7200 x 1500 mm (Pelat K)

$L_y \cdot L_x$: 6600 x 1500 mm (Pelat L)

$L_y \cdot L_x$: 3600 x 1500 mm (Pelat M)

4.3 Dimensi Balok

Dalam mendesain balok untuk SRPMK, tinggi balok minimum (h_{min}) dan lebar balok minimum (b) dihitung berdasarkan SNI 2847-2013.

4.3.1 Balok Induk

a. Dimensi Balok Lantai 2,3,4,5,6,7,8, dan Atap (Bentang Panjang)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	7200 mm
Min (1/12)L	:	600 mm
Max (1/8)L	:	900 mm
Digunakan h	:	650 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	325 mm
Max (2/3)h	:	433.33 mm
Digunakan b	:	350 mm

b. Dimensi Balok Lantai 2,3,4,5,6,7,8, dan Atap (Bentang Pendek)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	4800 mm
Min (1/12)L	:	400 mm
Max (1/8)L	:	600 mm
Digunakan h	:	500 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	250 mm
Max (2/3)h	:	333.33 mm
Digunakan b	:	300 mm

c. Dimensi Balok pada Plat E (Bentang Pendek)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	2400 mm
Min (1/12)L	:	200 mm
Max (1/8)L	:	300 mm
Digunakan h	:	250 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	125 mm
Max (2/3)h	:	166,67 mm
Digunakan b	:	150 mm

d. Dimensi Balok pada Plat G (Bentang Panjang)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	3600 mm
Min (1/12)L	:	300 mm
Max (1/8)L	:	450 mm
Digunakan h	:	300 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	150 mm
Max (2/3)h	:	200 mm
Digunakan b	:	200 mm

e. Dimensi Balok pada Plat H (Bentang Pendek)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	3000 mm
Min (1/12)L	:	250 mm
Max (1/8)L	:	375 mm
Digunakan h	:	300 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	150 mm
Max (2/3)h	:	200 mm
Digunakan b	:	200 mm

f. Dimensi Balok pada Plat H (Bentang Panjang)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	1500 mm
Min (1/12)L	:	125 mm
Max (1/8)L	:	187.5 mm
Digunakan h	:	200 mm
Min (1/2)h	:	100 mm
Max (2/3)h	:	133.33 mm
Digunakan b	:	150 mm

g. Dimensi Balok Atap Teras (Bentang Pendek)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	7500 mm
Min (1/12)L	:	625 mm
Max (1/8)L	:	937.5 mm
Digunakan h	:	650 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	325 mm
Max (2/3)h	:	433.33 mm
Digunakan b	:	350 mm

4.3.2 Dimensi Balok Anak

a. Dimensi Balok pada Pelat A-A (Bentang Pendek)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	4200 mm
Min (1/15)L	:	280 mm
Max (1/10)L	:	420 mm
Digunakan h	:	300 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	150 mm
Max (2/3)h	:	200 mm
Digunakan b	:	200 mm

b. Dimensi Balok pada Pelat A-B (Bentang Pendek)**1 Tinggi Balok Rencana (h)**

Bentang (L)	:	4200 mm
Min (1/15)L	:	280 mm
Max (1/10)L	:	420 mm
Digunakan h	:	300 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	150 mm
Max (2/3)h	:	200 mm
Digunakan b	:	200 mm

c. Dimensi Balok pada Pelat C (Bentang Panjang)**1 Tinggi Balok Rencana (h)**

Bentang (L)	:	6600 mm
Min (1/15)L	:	440 mm
Max (1/10)L	:	660 mm
Digunakan h	:	450 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	225 mm
Max (2/3)h	:	300 mm
Digunakan b	:	250 mm

d. Dimensi Balok pada Pelat D-D (Bentang Panjang)**1 Tinggi Balok Rencana (h)**

Bentang (L)	:	7200 mm
Min (1/15)L	:	480 mm
Max (1/10)L	:	720 mm
Digunakan h	:	500 mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	250 mm
Max (2/3)h	:	333.33 mm
Digunakan b	:	300 mm

e. Dimensi Balok pada Pelat F (Bentang pendek)

1 Tinggi Balok Rencana (h)

Bentang (L)	:	2700	mm
Min (1/15)L	:	180	mm
Max (1/10)L	:	270	mm
Digunakan h	:	250	mm

2 Lebar Balok Rencana (b)

Min (1/2)h	:	125	mm
Max (2/3)h	:	166,67	mm
Digunakan b	:	150	mm

Dari perhitungan diatas maka didapat dimensi balok sebagai berikut:

- a. Balok Tipe 1 : 35/65 Balok Induk
- b. Balok Tipe 2 : 30/50 Balok Induk/Anak
- c. Balok Tipe 3 : 20/30 Balok Induk/Anak
- d. Balok Tipe 4 : 25/45 Balok Anak

4.4 Perhitungan Tebal Pelat

Menghitung tebal pelat (h_f) berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3 hal 71, diambil satu contoh perhitungan pada pelat A.

L_y	=	Bentang panjang
L_x	=	Bentang pendek
L_{ny}	=	Bentang bersih arah panjang pelat
L_{nx}	=	Bentang bersih arah pendek pelat
L_y	=	4800 mm
L_x	=	3600 mm
L_n	=	$L - 2(1/2 \times \text{lebar balok})$
L_{ny}	=	4300 mm
L_{nx}	=	3350 mm
β	=	L_{ny}/L_{nx}
β	=	1.33 \leq 2 Two way slab

$$hf \text{ min} = Lny (0,8 + fy/1400) / (36 + 9\beta)$$

$$hf \text{ max} = Lny (0,8 + fy/1500) / 36$$

$$hf \text{ min} = 94.12 \text{ mm}$$

$$hf \text{ max} = 124 \text{ mm}$$

(Syarat $hf \text{ min} < hf \text{ desain} \leq hf \text{ max}$)

$$h \text{ desain} = 120 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

Rekapitulasi perhitungan tebal pelat dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Perhitungan Tebal Pelat

No	Pelat	Ly (mm)	Lx (mm)	Lny (mm)	Lnx (mm)	β	Tipe	hf min (mm)	hf max (mm)	hf desain
1	A	4800	3600	4450	3350	1.33	two	94	124	120
2	B	4800	3000	4450	2700	1.65	two	89	124	120
3	C	6600	2400	6300	2100	3.00	one	101	175	120
4	D	7200	2400	6900	2075	3.33	one	106	192	120
5	E	2400	2000	2075	1850	1.12	two	46	58	65
6	F	2700	2250	2400	2000	1.20	two	52	67	70
7	G	3600	1500	3400	1225	2.78	one	57	94	90
8	H	3000	1500	2650	1250	2.12	one	49	74	75
Kantilever										
9	I	3300	1500	2950	1350	2.19	one	54	82	80
10	J	4800	1500	4450	1350	3.30	one	69	124	120
11	K	7200	1500	6900	1325	5.21	one	84	192	120
12	L	6600	1500	6300	1325	4.75	one	81	175	120
13	M	3600	1500	3300	1325	2.49	one	57	92	90
maka hf desain										120

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa tebal pelat desain yang akan digunakan dalam perencanaan struktur gedung bertingkat adalah 120 mm.

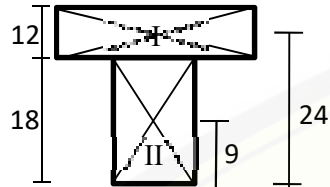
4.5 Perhitungan Balok T dan Nilai α_m

Menghitung balok T dan nilai α_m berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 8.12 hal 63, diambil satu contoh perhitungan pada pelat A.

a. Perhitungan α_1

Balok 20cm x 30cm

1. Potongan a-a

2. Perhitungan lebar efektif (b_e)

$$b_{e1} = 1/4 \cdot L_o$$

$$b_{e2} = 8 \cdot h_f$$

$$b_{e3} = 1/2 \cdot b_o$$

$$b_{e1} = 120 \quad \text{mm}$$

$$b_{e2} = 96 \quad \text{mm}$$

$$b_{e3} = 167.5 \quad \text{mm}$$

*(diambil b_e terkecil)3. Perhitungan titik berat (y)

$$y = (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2) / \sum A$$

$$y = 20.4 \quad \text{cm} \quad \text{*(dari bawah)}$$

4. Perhitungan momen inersia (I)

$$I_{\text{Balok}} = (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_1 \cdot dy_1^2) + (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_2 \cdot dy_2^2)$$

$$I_{\text{Pelat}} = 1/12 \cdot (L_y - b_e) \cdot h^3$$

$$I_{\text{Balok}} = 78418.29 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{\text{Pelat}} = 55296 \quad \text{cm}^4$$

5. Perhitungan α

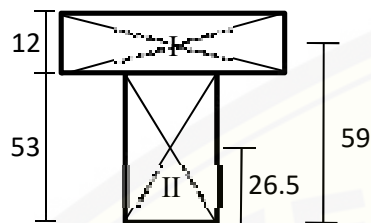
$$\alpha_1 = I_b (\text{balok}) / I_p (\text{plat})$$

$$\alpha_1 = 1.42$$

b. Perhitungan α_2

Balok 35cm x 65cm

1. Potongan b-b



2. Perhitungan lebar efektif (b_e)

$$b_{e1} = 1/4 \cdot L_o$$

$$b_{e2} = 8 \cdot h_f$$

$$b_{e3} = 1/2 \cdot b_o$$

$$b_{e1} = 90 \quad \text{mm}$$

$$b_{e2} = 96 \quad \text{mm}$$

$$b_{e3} = 222.5 \quad \text{mm}$$

*(diambil b_e terkecil)

3. Perhitungan titik berat (y)

$$y = (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2) / \sum A$$

$$y = 38.5 \quad \text{cm} \quad \text{*(dari bawah)}$$

4. Perhitungan momen inersia (I)

$$I_{\text{Balok}} = (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_1 \cdot d y_1^2) + (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_2 \cdot d y_2^2)$$

$$I_{\text{Pelat}} = 1/12 \cdot (L y - b_e) \cdot h^3$$

$$I_{\text{Balok}} = 738985.09 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{\text{Pelat}} = 38880 \quad \text{cm}^4$$

5. Perhitungan α

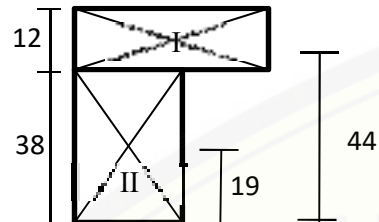
$$\alpha_2 = I_b (\text{balok}) / I_p (\text{plat})$$

$$\alpha_2 = 19.01$$

c. Perhitungan α_3

Balok 30cm x 50cm

1. Potongan c-c

2. Perhitungan lebar efektif (b_e)

$$b_{e1} = 1/12 \cdot L_o$$

$$b_{e2} = 6 \cdot h_f$$

$$b_{e3} = 1/2 \cdot b_o$$

$$b_{e1} = 40 \quad \text{mm}$$

$$b_{e2} = 72 \quad \text{mm}$$

$$b_{e3} = 167.5 \quad \text{mm}$$

*(diambil b_e terkecil)3. Perhitungan titik berat (y)

$$y = (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2) / \sum A$$

$$y = 26.4 \quad \text{cm} \quad \text{*(dari bawah)}$$

4. Perhitungan momen inersia (I)

$$I_{\text{Balok}} = (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_1 \cdot d y_1^2) + (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_2 \cdot d y_2^2)$$

$$I_{\text{Pelat}} = 1/12 \cdot (L y - b_e) \cdot h^3$$

$$I_{\text{Balok}} = 221191.11 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{\text{Pelat}} = 63360 \quad \text{cm}^4$$

5. Perhitungan α

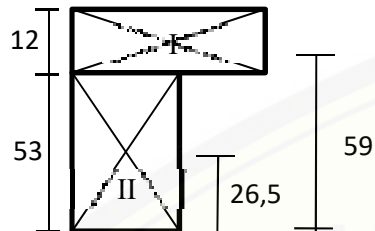
$$\alpha_3 = I_b (\text{balok}) / I_p (\text{plat})$$

$$\alpha_3 = 3.49$$

d. Perhitungan α_4

Balok 35cm x 65cm

1. Potongan d-d

2. Perhitungan lebar efektif (b_e)

$$b_{e1} = 1/12 \cdot L_o$$

$$b_{e2} = 6 \cdot h_f$$

$$b_{e3} = 1/2 \cdot b_o$$

$$b_{e1} = 30 \quad \text{mm}$$

$$b_{e2} = 72 \quad \text{mm}$$

$$b_{e3} = 222.5 \quad \text{mm}$$

*(diambil b_e terkecil)3. Perhitungan titik berat (y)

$$y = (A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2) / \sum A$$

$$y = 31.8 \quad \text{cm} \quad \text{*(dari bawah)}$$

4. Perhitungan momen inersia (I)

$$I_{\text{Balok}} = (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_1 \cdot d y_1^2) + (1/12 \cdot b \cdot h^3 + A_2 \cdot d y_2^2)$$

$$I_{\text{Pelat}} = 1/12 \cdot (L y - b_e) \cdot h^3$$

$$I_{\text{Balok}} = 327808.65 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{\text{Pelat}} = 47520 \quad \text{cm}^4$$

5. Perhitungan α

$$\alpha_4 = I_b (\text{balok}) / I_p (\text{plat})$$

$$\alpha_4 = 6.9$$

Rekapitulasi perhitungan balok T dan nilai α_m dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan Balok T dan Nilai α_m

No	Pelat	h (cm)	b (cm)	h - hf (cm)	Jenis Balok	Jenis α	Lebar Efektif				Luas Bidang		Titik Berat			Jarak		Inersia				α	α_m	
							be1 (cm)	be2 (cm)	be3 (cm)	be (cm)	A1 (cm ²)	A2 (cm ²)	y1 (cm)	y2 (cm)	y (cm)	dy1 (cm)	dy2 (cm)	Balok		Pelat				
							be1 (cm)	be2 (cm)	be3 (cm)	be (cm)	A1 (cm ²)	A2 (cm ²)	y1 (cm)	y2 (cm)	y (cm)	dy1 (cm)	dy2 (cm)	Ix1 (cm ⁴)	Ix2 (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)			
1	A1	50	30	38	T	α_1	120	96	167.5	96	1152	1140	44	19	31.6	12.4	12.6	191944.12	184315.07	376259.18	55296	6.80	11.56	
		65	35	53	T	α_2	90	96	222.5	90	1080	1855	59	26.5	38.5	20.5	12.0	468642.23	270342.86	738985.09	38880	19.01		
		30	20	18	T	α_3	120	96	167.5	96	1152	360	24	9	20.4	3.6	11.4	28517.88	49900.41	78418.29	55296	1.42		
		65	35	53	T	α_4	90	96	222.5	90	1080	1855	59	26.5	38.5	20.5	12.0	468642.23	270342.86	738985.09	38880	19.01		
	A2	30	20	18	T	α_1	120	96	167.5	96	1152	360	24	9	20.4	3.6	11.4	28517.88	49900.41	78418.29	55296	1.42		8.53
		65	35	53	L	α_2	30	72	222.5	30	360	1855	59	26.5	31.8	27.2	5.3	271011.76	56796.89	327808.65	47520	6.90		
		50	30	38	T	α_3	120	96	167.5	96	1152	1140	44	19	31.6	12.4	12.6	191944.12	184315.07	376259.18	55296	6.80		
		65	35	53	T	α_4	90	96	222.5	90	1080	1855	59	26.5	38.5	20.5	12.0	468642.23	270342.86	738985.09	38880	19.01		
A3	30	20	18	T	α_1	120	96	167.5	96	1152	360	24	9	20.4	3.6	11.4	28517.88	49900.41	78418.29	55296	1.42	7.70		
	65	35	53	T	α_2	90	96	222.5	90	1080	1855	59	26.5	38.5	20.5	12.0	468642.23	270342.86	738985.09	38880	19.01			
	50	30	38	L	α_3	40	72	167.5	40	480	1140	44	19	26.4	17.6	7.4	154319.67	66871.44	221191.11	63360	3.49			
	65	35	53	L	α_4	30	72	222.5	30	360	1855	59	26.5	31.8	27.2	5.3	271011.76	56796.89	327808.65	47520	6.90			
2	B1	50	30	38	T	α_1	120	96	135	96	1152	1140	44	19	31.6	12.4	12.6	191944.12	184315.07	376259.18	55296	6.80	10.24	
		65	35	53	T	α_2	75	96	222.5	75	900	1855	59	26.5	37.1	21.9	10.6	441776.76	214139.24	655916.00	32400	20.24		
		50	30	38	T	α_3	120	96	135	96	1152	1140	44	19	31.6	12.4	12.6	191944.12	184315.07	376259.18	55296	6.80		
		65	35	53	L	α_4	25	72	222.5	25	300	1855	59	26.5	31.0	28.0	4.5	238390.90	43011.57	281402.47	39600	7.11		
	B2	50	30	38	T	α_1	120	96	135	96	1152	1140	44	19	31.6	12.4	12.6	191944.12	184315.07	376259.18	55296	6.80		13.52
		65	35	53	T	α_2	75	96	222.5	75	900	1855	59	26.5	37.1	21.9	10.6	441776.76	214139.24	655916.00	32400	20.24		
		50	30	38	T	α_3	120	96	135	96	1152	1140	44	19	31.6	12.4	12.6	191944.12	184315.07	376259.18	55296	6.80		
		65	35	53	T	α_4	75	96	222.5	75	900	1855	59	26.5	37.1	21.9	10.6	441776.76	214139.24	655916.00	32400	20.24		
3	C	45	25	33	L	α_1	55	72	315	55	660	825	39	16.5	26.5	12.5	10.0	111045.00	86100.00	197145.00	26640	7.40	12.80	
		50	30	38	T	α_2	60	96	105	60	720	1140	44	19	28.7	15.3	9.7	177682.66	111083.79	288766.45	86400	3.34		
		65	35	53	T	α_3	165	96	315	96	1152	1855	59	26.5	39.0	20.0	12.5	476887.10	292613.42	769500.51	20736	37.11		
		50	30	38	T	α_4	60	96	105	60	720	1140	44	19	28.7	15.3	9.7	177682.66	111083.79	288766.45	86400	3.34		

No	Pelat	h	b	h - hf	Jenis Balok	Jenis α	Lebar Efektif				Luas Bidang		Titik Berat			Jarak		Inersia				α	am	
		(cm)	(cm)	(cm)			be1	be2	be3	be	A1	A2	y1	y2	y	dy1	dy2	Balok		Pelat				
							(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	Ix1 (cm ⁴)	Ix2 (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)			Ix (cm ⁴)
4	D1	50	30	38	T	$\alpha 1$	180	96	345	96	1152	1140	44	19	31.6	12.4	12.6	191944.12	184315.07	376259.18	20736	18.15	15.33	
		50	30	38	T	$\alpha 2$	60	96	103.75	60	720	1140	44	19	28.7	15.3	9.7	177682.66	111083.79	288766.45	95040	3.04		
		65	35	53	T	$\alpha 3$	180	96	345	96	1152	1855	59	26.5	39.0	20.0	12.5	476887.10	292613.42	769500.51	20736	37.11		
		50	30	38	T	$\alpha 4$	60	96	103.75	60	720	1140	44	19	28.7	15.3	9.7	177682.66	111083.79	288766.45	95040	3.04		
	D2	65	35	53	T	$\alpha 1$	180	96	345	96	1152	1855	59	26.5	39.0	20.0	12.5	476887.10	292613.42	769500.51	20736	37.11		13.58
		50	30	38	T	$\alpha 3$	60	96	103.75	60	720	1140	44	19	28.7	15.3	9.7	177682.66	111083.79	288766.45	95040	3.04		
		50	30	38	L	$\alpha 2$	60	72	345	60	720	1140	44	19	28.7	15.3	9.7	177682.66	111083.79	288766.45	25920	11.14		
		50	30	38	T	$\alpha 4$	60	96	103.75	60	720	1140	44	19	28.7	15.3	9.7	177682.66	111083.79	288766.45	95040	3.04		
5	E	30	20	18	L	$\alpha 1$	20	72	92.5	20	240	360	24	9	15.0	9.0	6.0	22320.00	15840.00	38160.00	31680	1.20	5.46	
		50	30	38	T	$\alpha 2$	50	96	103.75	50	600	1140	44	19	27.6	16.4	8.6	168169.08	89040.57	257209.66	21600	11.91		
		30	20	18	L	$\alpha 3$	20	72	92.5	20	240	360	24	9	15.0	9.0	6.0	22320.00	15840.00	38160.00	31680	1.20		
		65	35	53	L	$\alpha 4$	16.67	72	103.75	16.67	200	1855	59	26.5	29.7	29.3	3.2	174531.71	23598.68	198130.39	26400	7.50		
6	F	65	35	53	T	$\alpha 1$	67.5	96	100	67.5	810	1855	59	26.5	36.4	22.6	9.9	424239.67	186043.20	610282.87	29160	20.93	11.10	
		50	30	38	T	$\alpha 2$	56.25	96	120	56.25	675	1140	44	19	28.3	15.7	9.3	174533.30	102866.04	277399.34	24300	11.42		
		25	15	13	L	$\alpha 3$	22.5	72	100	22.5	270	195	19	6.5	13.8	5.2	7.3	10659.03	12432.50	23091.53	35640	0.65		
		50	30	38	T	$\alpha 4$	56.25	96	120	56.25	675	1140	44	19	28.3	15.7	9.3	174533.30	102866.04	277399.34	24300	11.42		
7	G	45	25	33	L	$\alpha 1$	30	72	170	30	360	825	39	16.5	23.3	15.7	6.8	92656.20	42146.71	134802.91	17280	7.80	27.48	
		50	30	38	L	$\alpha 2$	12.5	72	61.25	12.5	150	1140	44	19	21.9	22.1	2.9	75015.25	13953.59	88968.84	50040	1.78		
		65	35	53	T	$\alpha 3$	165	96	170	96	1152	1855	59	26.5	39.0	20.0	12.5	476887.10	292613.42	769500.51	7776	98.96		
		45	25	33	L	$\alpha 4$	12.5	72	61.25	12.5	150	825	39	16.5	20.0	19.0	3.5	56169.45	13485.36	69654.81	50040	1.39		
8	H	45	25	33	L	$\alpha 1$	25	72	62.5	25	300	825	39	16.5	22.5	16.5	6.0	85275.00	33300.00	118575.00	39600	2.99	15.04	
		65	35	53	T	$\alpha 2$	37.5	96	132.5	37.5	450	1855	59	26.5	32.8	26.2	6.3	313240.11	79718.19	392958.30	16200	24.26		
		50	30	38	T	$\alpha 3$	75	96	62.5	62.5	750	1140	44	19	28.9	15.1	9.9	179540.44	116517.66	296058.10	34200	8.66		
		65	35	53	T	$\alpha 4$	37.5	96	132.5	37.5	450	1855	59	26.5	32.8	26.2	6.3	313240.11	79718.19	392958.30	16200	24.26		

Dari tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai αm dari masing-masing pelat adalah lebih dari 2. Dimana berdasarkan peraturan SNI 2847-2013 apabila $0.2 < \alpha m < 2$, maka tebal pelat maksimum 125 mm dan apabila $\alpha m > 2$, maka tebal pelat minimum 94.12 mm.

4.6 Kontrol Tebal Pelat

Kontrol tebal pelat desain berdasarkan nilai $\alpha m > 2$ dengan ketebalan pelat minimum adalah 90 mm. Karena nilai αm dari masing-masing pelat lebih dari 2 maka diambil satu contoh pada pelat A.

$$\begin{aligned} \alpha m &= (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 4 \\ \alpha m &= 7.70 > 2 \\ h \text{ perlu} &= 94.12 \text{ mm} \\ h \text{ desain} &= 120 > 94.12 \text{ mm} \quad \text{OK!} \end{aligned}$$

4.7 Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang ditinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar, yaitu kolom pada As H-6 yang memikul bentang 7200 mm x 4800 mm.

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 10.8, kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Data yang dibutuhkan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut:



Gambar 4.3 Kolom As H-6

- a. Balok tipe 1 : 35 cm x 65 cm (balok induk)
- b. Balok tipe 2 : 30 cm x 50 cm (balok induk/anak)
- c. Balok tipe 3 : 20 cm x 30 cm (balok induk/anak)
- d. Balok tipe 4 : 25 cm x 45 cm (balok anak)
- e. Tebal pelat : 12 cm
- f. Tinggi lantai : 4.2 m
- g. Beban hidup (Lo) : 1.92 KN/m² (SNI 1727-2013 Tabel 4-1)
- h. Faktor elemeb beban hidup (K_{LL}) : 4 (SNI 1727-2013 Tabel 4-2)
- i. Luas tributani (A_T) : 7.2 m x 4.8 m = 34.56 m² (kolom As H-6)

Dimensi kolom direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan pembebanan sebagai berikut:

- a. Beban mati dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Beban Mati Pelat Lantai dan Atap

Elemen	BJ	Dimensi	Jml	Berat	Sat.
Pelat	2400 kg/m ³	7.2 4.8 0.12	8	79626.24	kg
Balok Induk (35/65)	2400 kg/m ³	0.35 0.53 7.2	8	25643.52	kg
Balok Induk (30/50)	2400 kg/m ³	0.3 0.38 4.8	8	10506.24	kg
Balok Anak (30/50)	2400 kg/m ³	0.3 0.38 3.6	8	7879.68	kg
Balok Anak (20/30)	2400 kg/m ³	0.2 0.18 7.2	8	4976.64	kg
Spesi	21 kg/m ³	7.2 4.8 3	7	15240.96	kg
Keramik	24 kg/m ³	7.2 4.8 1	7	5806.08	kg
Plafon	18 kg/m ³	7.2 4.8 1	8	4976.64	kg
Dinding, x	250 kg/m ²	10.8 1 4.2	7	79380	kg
Dinding, y	250 kg/m ²	12 1 4.2	7	88200	kg
Plumbing	10 kg/m ²	7.2 4.8 1	7	2419.2	kg
Ducting & ME	15 kg/m ²	7.2 4.8 1	7	3628.8	kg
Total				328284	kg

- b. Beban hidup

Berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 4.7.2 elemen struktur yang memiliki nilai $K_{LL} \geq 37,16$ m² diijinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi.

$$K_{LL} \times A_T = 4 \times 34.56 = 138.24 \text{ m}^2 \geq 37.16 \text{ m}^2 \text{ (diijinkan)}$$

1. Reduksi beban hidup pelat lantai 2 s/d 8

$$L = L_o \cdot \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} \cdot A_T}} \right) \geq 0.4L_o$$

$$L = 1.92 \cdot \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{4 \times 34.56}} \right) \geq 0.4 \times 1.92$$

$$L = 1.226 \geq 0.768 \quad \text{OK!}$$

Maka beban hidup $122.63 \text{ kg/m}^2 \times 7.2 \times 4.8 \times 7 = 29666.11 \text{ kg}$

2. Reduksi beban hidup pelat atap

$$R_1 = 1.2 - 0.011 \times A_T = 1.2 - 0.011 \times 34.56 = 0.82 \text{ m}^2$$

Dimana $18.58 \text{ m}^2 < A_T < 55.74 \text{ m}^2$ berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 4.8

$R_2 = -$ nilai ini untuk bangunan yang menggunakan bubung atau lengkung atau kubah.

$$L_r = L_o \cdot R_1 \cdot R_2 = L_o \cdot R_1 = 1.92 \times 0.82 = 0.787 \text{ KN/m}^2$$

Dimana $0.58 \leq L_r \leq 0.96$ berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 4.8

Mana beban hidup $78.7 \text{ kg/m}^2 \times 7.2 \times 4.8 \times 1 = 2720.032 \text{ kg}$

- c. Beban berfaktor

$$\begin{aligned} P_u &= 1.2D + 1.6L + 0.5L_r \\ &= 1.2 \times 328284 + 1.6 \times 29666.11 + 0.5 \times 2720.032 \\ &= 442767 \text{ kg} \end{aligned}$$

- d. Dimensi kolom

$$A = 3 \cdot \left(\frac{P_u}{f'_c} \right) = 3 \cdot \left(\frac{442767}{30} \right) = 4427.7 \text{ cm}^2$$

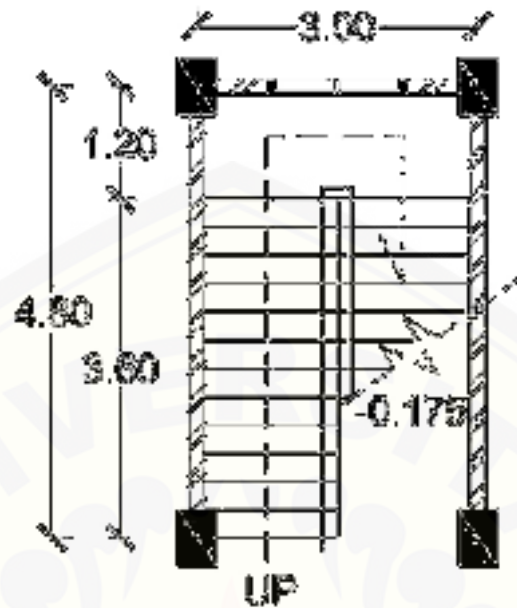
$$A = h \cdot b$$

Dimana $h = b$, maka $A = b \cdot b = b^2$

$$b = \sqrt{A} = \sqrt{4427.7} = 66.541 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm (dimensi minimum)}$$

Maka dapat digunakan dimensi kolom sebesar $75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ pada lantai dasar sampai dengan lantai 8.

4.8 Dimensi Tangga



Gambar 4.4 Denah Tangga

Data yang diketahui untuk perencanaan dimensi elemen struktur tangga adalah sebagai berikut:

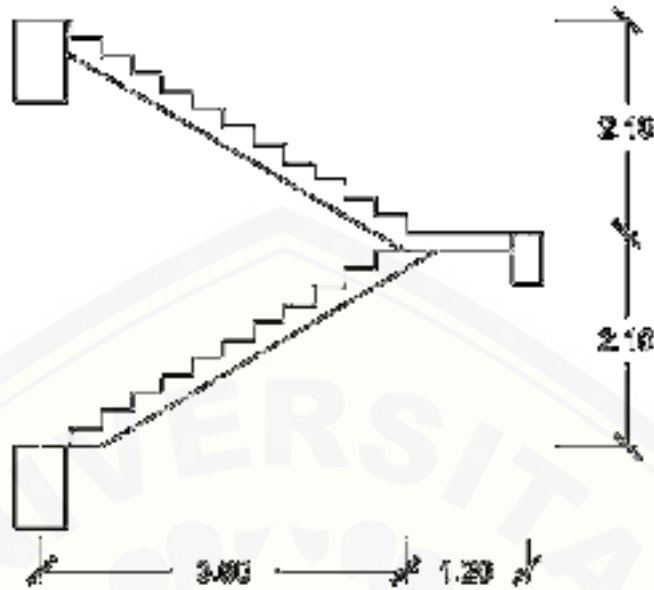
- a. Tinggi lantai : 420 cm
- b. Lebar tangga : 360 cm
- c. Tinggi tangga : 210 cm
- d. Lebar bordes : 120 cm
- e. Panjang bordes : 300 cm
- f. Mutu beton ($f'c$) : 30 MPa
- g. Mutu baja (f_y), polos : 300 MPa

Dengan sudut α sebainya 20 derajat sampai dengan 40 derajat dan nilai yang digunakan dari 2OP+A adalah 60 sampai dengan 65.

Dimana:

OP (optrade) = tinggi anak tangga

A (antrade) = lebar anak tangga



Gambar 4.5 Detail Tangga

Perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{arc tan } \alpha = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{lebar tangga}} = \frac{210}{360} = 0,58$$

Jadi, $\alpha = 30$ derajat

$$A = \frac{65}{(2 \cdot \tan \alpha) + 1} = \frac{65}{(2 \cdot 0,58) + 1} = 30 \text{ cm}$$

$$OP = A \cdot \tan \alpha = 30 \times 0,58 = 17,5 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah } OP = \frac{\text{tinggi tangga}}{OP} = \frac{210}{17,5} = 12 \text{ buah}$$

Cek syarat:

$$\text{a. } 60 \leq (2OP + A) \leq 65$$

$$60 \leq (2 \times 17,5 + 30) \leq 65$$

$$60 \leq 65 \leq 65 \text{ OK!}$$

$$\text{b. } 25 \leq \alpha \leq 40$$

$$25 \leq 30 \leq 40 \text{ OK!}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Tebal pelat rata-rata anak tangga} &= (A/2) \sin \alpha \\
 &= (30/2) \sin 30 \\
 &= 7,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka dapat diketahui jumlah anak tangga tiap lantai adalah 12 buah x 2 adalah 24 buah.

Dalam hal ini panjang sisi miring tangga harus diketahui untuk menentukan tebal pelat tangga (L_{ny} tangga) dan menentukan tebal pelat bordes berdasarkan bentang panjang bordes (L_{ny} bordes).

$$\begin{aligned}
 L_{ny_{tangga}} &= \sqrt{\text{lebar tangga}^2 + \text{tinggi tangga}^2} \\
 &= \sqrt{3600^2 + 2100^2} \\
 &= 4167.73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a. Tebal Pelat Tangga

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{L}{20} \cdot \left(0.4 + \left(\frac{fy}{700} \right) \right) \\
 &= \frac{4167.73}{20} \cdot \left(0.4 + \left(\frac{300}{700} \right) \right) \\
 &= 172.66 \text{ mm} \approx 175 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

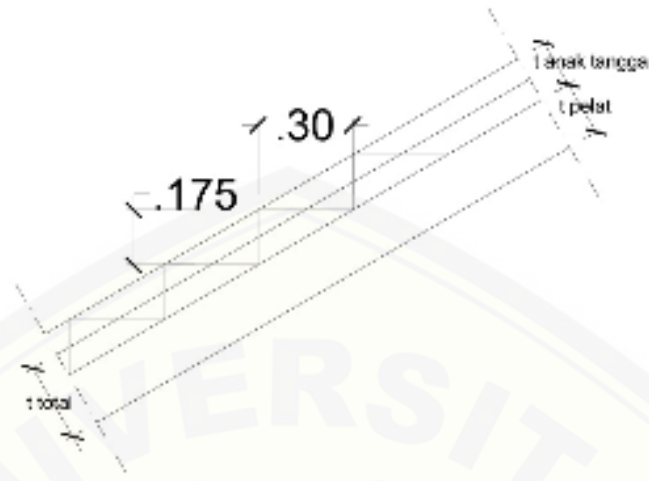
Jadi tebal pelat tangga adalah 175 mm.

b. Tebal Pelat Bordes

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{L}{20} \cdot \left(0.4 + \left(\frac{fy}{700} \right) \right) \\
 &= \frac{3000}{20} \cdot \left(0.4 + \left(\frac{300}{700} \right) \right) \\
 &= 124.29 \text{ mm} \approx 175 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi tebal pelat bordes adalah 175 mm.

c. Tebal Pelat Tangga dan Tebal Anak Tangga



Gambar 4.6 Detail Anak Tangga

tebal anak tangga = tinggi anak tangga $\times \cos \alpha = 17.5 \times \cos 30 = 15.16 \text{ cm}$

tebal netto anak tangga = $0.5 \times \text{tebal anak tangga} = 0.5 \times 15.16 = 7.58 \text{ cm}$

tebal total = tebal pelat tangga + tebal netto anak tangga = $17.5 + 7.58 = 25.08 \text{ cm}$

Maka tebal total pelat tangga yang didapat dari perhitungan diatas adalah 25.08 cm.

BAB 5. PERENCANAAN STRUKTUR SKUNDER

5.1 Perencanaan Pelat

Desain tebal pelat yang direncanakan menggunakan ketebalan 120 mm dengan peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727-2013). Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1 yang tertera pada persamaan 2.1 sampai dengan 2.7.

5.2 Penulangan Pelat Lantai

Data yang diketahui dalam penulangan pelat lantai 2 sampai dengan lantai 8 adalah sebagai berikut:

- | | | | | | |
|-------------------------------|---|------------------------|---|----------------------|-------|
| a. Spesi | : | 3 cm | : | 21 kg/m ³ | @ 1cm |
| b. Plafond | : | 1 cm | : | 18 kg/m ³ | @ 1cm |
| c. Keramik | : | 1 cm | : | 24 kg/m ³ | @ 1cm |
| d. Beban Guna | : | 250 kg/m ² | | | |
| e. Mutu Beton (f'_c) | : | 30 Mpa | | | |
| f. Mutu Baja Deform (f_y) | : | 400 Mpa | | | |
| g. Mutu Baja Polos (f_y) | : | 300 Mpa | | | |
| h. Berat Isi Beton | : | 2400 kg/m ³ | | | |
| i. Dinding Pasangan Bata | : | 250 kg/m ² | | | |
| j. Tebal plat (h_f) | : | 12 cm | | | |
| k. Tinggi efektif (d) | : | 9 cm | | | |
| l. b | : | 100 cm | | (Asumsi) | |
| m. faktor reduksi | : | 0.8 | | | |

Nilai β_1 didapat berdasarkan f'_c , untuk f'_c antara 17 dan 28 MPa, β_1 harus diambil sebesar 0.85. untuk f'_c diatas 28 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa di atas 28 MPa, tetapi β_1 tidak boleh

diambil kurang dari 0.65. Karena $f'c$ dalam perencanaan struktur gedung bertingkat ini lebih dari 28 MPa yaitu 30 MPa, Maka:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - \frac{0.05 \times (f'c - 28)}{7} \\ &= 0.85 - \frac{0.05 \times (30 - 28)}{7} \\ &= 0.84 \geq 0.65 \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

5.2.1 Pembebanan

Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1 yaitu sebesar:

- a. Beban Mati dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Beban Mati Pelat Lantai

Elemen	BJ	Dimensi	Berat	Satuan	
Pelat	2400	kg/m ³	0.12	288	kg/m ²
Spesi (3cm)	21	kg/m ³	3	63	kg/m ²
Keramik	24	kg/m ³	1	24	kg/m ²
Plafond	18	kg/m ³	1	18	kg/m ²
Total				393	kg/m²

- b. Beban Hidup

$$\text{Beban guna} = 250 \text{ kg/m}^2$$

- c. Beban Berfaktor

$$\begin{aligned}U &= 1.2D + 1.6L \\ &= 872 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

- d. Beban Persatu Meter

$$q_u = 872 \text{ kg/m}$$

5.2.2 Statika

Menentukan nilai momen lapangan dan tumpuan arah x dan y di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya yang diakibatkan oleh beban terbagi

rata berdasarkan tabel momen akibat beban terbagi rata. Diambil satu contoh perhitungan pada pelat A.



$$L_x = 3.6 \text{ m}$$

$$L_y = 4.8 \text{ m}$$

$$\text{Nilai X} \rightarrow M_{lx} = (-M_{tx}) = 50$$

$$\text{Nilai X} \rightarrow M_{ly} = (-M_{ty}) = 38$$

$$\begin{aligned} M_{lx} (-M_{tx}) &: 0,001 \cdot Q \cdot qL_x^2 \cdot X = 0,001 \times 872 \text{ kg/m} \times 3.6^2 \text{ m} \times 50 \\ &= 564.80 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} (-M_{ty}) &: 0,001 \cdot Q \cdot qL_y^2 \cdot X = 0,001 \times 872 \text{ kg/m} \times 4.8^2 \text{ m} \times 38 \\ &= 763.10 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan statika pelat lantai dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Perhitungan Statika Pelat Lantai 2 sampai dengan Lantai 8

Pelat	L_y (m)	L_x (m)	l_y/l_x	X	M_{lx} (kgm)	M_{tx} (kgm)	X	M_{ly} (kgm)	X	M_{ty} (kgm)
A	4.8	3.6	1.3	50	564.80	-564.80	38	763.10	38	-763.10
B	4.8	3.0	1.6	58	454.98	-454.98	36	722.94	36	-722.94
C	6.6	2.4	2.8	63	316.29	-316.29	13	493.57	38	-1442.74
D	7.2	2.4	3.0	63	316.29	-316.29	13	587.39	38	-1716.98
E	2.4	2.0	1.2	46	160.37	-160.37	38	190.78	38	-190.78
F	2.7	2.25	1.2	46	202.97	-202.97	38	241.45	38	-241.45
G	3.6	1.5	2.4	63	123.55	-123.55	34	384.06	34	-384.06
H	3.0	1.5	2.0	62	121.59	-121.59	35	274.55	35	-274.55

Dari tabel 5.1 di atas didapat nilai momen lapangan arah x (M_{lx}), momen tumpuan arah x (M_{tx}), momen lapangan arah y (M_{ly}) dan momen tumpuan arah y (M_{ty}) yang akan digunakan dalam perhitungan tulangan lapangan dan tumpuan arah x dan y.

5.2.3 Penulangan

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam batas rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{\max}) terhadap bd . Kemudian dipilih tulangan yang layak untuk digunakan. Tulangan pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan.

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 84}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} = 0,0474$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0355$$

a. Penulangan Lapangan x

$$M_U = M_{lx} (-M_{tx}) = 564,80 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_U \cdot 10^4}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{564,80 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 90^2} = 0,872$$

$$\begin{aligned} w &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353xR_n}{f'_c}} \right) \\ &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353x0,872}{30}} \right) \\ &= 0,021 \end{aligned}$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'_c}{f_y} = 0,021 \cdot \frac{30}{300} = 0,0021$$

* jika $\rho_{hit} < \rho_{\min}$ → pakai ρ_{\min} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hit} > \rho_{\min}$ → pakai ρ_{hit} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hit} > \rho_{\max}$ → pakai tul. rangkap

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 9 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 2,4 \text{ cm}^2$$

* A_s → disamakan antara lapangan dan tumpuan

* A_s' → digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$A_{stul} = \pi D^2 = 0.25 \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,50 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{A_{sperlu}}{A_{stul}} = \frac{420}{78,50} = 6 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan pelat lantai yang direncanakan untuk As adalah 4,36 cm² (Ø10-180) dan As' adalah 2,51 (Ø8-200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

b. Penulangan Lapangan y

$$M_U = M_lx (-M_{tx}) = 763,10 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_U \cdot 10^4}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{763,10 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 90^2} = 1.18$$

$$\begin{aligned} w &= 0.85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.353xR_n}{f'c}} \right) \\ &= 0.85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.353x1.18}{30}} \right) \\ &= 0.017 \end{aligned}$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'c}{f_y} = 0.017 \cdot \frac{30}{300} = 0.0017$$

* jika ρ hitung $<$ ρ min \rightarrow pakai ρ min (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ min \rightarrow pakai ρ hitung (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ maks \rightarrow pakai tul. rangkap

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 9 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 2,4 \text{ cm}^2$$

*As \rightarrow disamakan antara lapangan dan tumpuan

*As' \rightarrow digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$A_{stul} = \pi D^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,50 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{A_{sperlu}}{A_{stul}} = \frac{420}{78,50} = 6 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan pelat lantai yang direncanakan untuk As adalah 4,36 cm² (Ø10-180) dan As' adalah 2,51 (Ø8-200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

c. Kontrol penggunaan faktor reduksi

1. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{524 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 6,17 \text{ mm}$$

2. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (30 - 28)}{7} = 0,84$$

3. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{6,17}{0,84} = 7,34$$

4. Regangan tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.2.3}$$

5. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (90 - 7,34)}{7,34} = 0,0338 > \varepsilon_0 \text{ OK!}$$

6. Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 524 \cdot 300 \left(90 - \frac{6,17}{2} \right) = 10932316,8 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 10932316,8 \text{ Nmm} \geq Mu = 5648000 \text{ Nmm} \text{ OK!}$$

$$\phi Mn = 10932316,8 \text{ Nmm} \geq Mu = 7631000 \text{ Nmm} \text{ OK!}$$

7. Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n - 1} = \frac{1000}{6 - 1} = 200 \text{ mm}$$

8. Kontrol spesi tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.5})$$

$$200 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{OK!})$$

Rekapitulasi perhitungan penulangan pelat lantai arah x dan y dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4 berikut:

Tabel 5.3 Penulangan Lapangan x

Pelat	b (mm)	d (mm)	Rn	w	ρ hitung	ρ	As (cm ²)	As' (cm ²)
A	1000	90	0.872	0.021	0.0021	0.0047	4.2	2.4
B	1000	90	0.702	0.024	0.0024	0.0047	4.2	2.4
C	1000	90	0.488	0.027	0.0027	0.0047	4.2	2.4
D	1000	90	0.488	0.027	0.0027	0.0047	4.2	2.4
E	1000	90	0.247	0.030	0.0030	0.0047	4.2	2.4
F	1000	90	0.313	0.029	0.0029	0.0047	4.2	2.4
G	1000	90	0.191	0.031	0.0031	0.0047	4.2	2.4
H	1000	90	0.188	0.031	0.0031	0.0047	4.2	2.4

Tabel 5.4 Penulangan Lapangan y

Pelat	b (mm)	d (mm)	Rn	w	ρ hitung	ρ	As (cm ²)	As' (cm ²)
A	1000	90	1.18	0.017	0.0017	0.0047	4.2	2.4
B	1000	90	1.12	0.018	0.0018	0.0047	4.2	2.4
C	1000	90	0.76	0.023	0.0023	0.0047	4.2	2.4
D	1000	90	0.91	0.021	0.0021	0.0047	4.2	2.4
E	1000	90	0.29	0.030	0.0030	0.0047	4.2	2.4
F	1000	90	0.37	0.029	0.0029	0.0047	4.2	2.4
G	1000	90	0.59	0.025	0.0025	0.0047	4.2	2.4
H	1000	90	0.42	0.028	0.0028	0.0047	4.2	2.4

Penulangan pokok pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan, tulangan tarik berada di atas.

Sedangkan pada daerah lapangan, tulangan tariknya berada dibawah. Dimana tulangan yang direncanakan berdasarkan tabel tulangan dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5 Tulangan Rencana Pelat Lantai

Tulangan	Arah	Tulangan As	Tulangan As'
Tumpuan	x	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$
	y	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$
Lapangan	x	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$
	y	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$

5.3 Penulangan Pelat Atap

Data yang diketahui dalam penulangan pelat atap adalah sebagai berikut:

- a. Spesi : 3 cm : 21 kg/m³ @ 1cm
- b. Plafond : 1 cm : 18 kg/m³ @ 1cm
- c. Keramik : 1 cm : 24 kg/m³ @ 1cm
- d. Beban Guna : 250 kg/m²
- e. Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
- f. Mutu Baja Deform (f_y) : 400 Mpa
- g. Mutu Baja Polos (f_y) : 300 Mpa
- h. Berat Isi Beton : 2400 kg/m³
- i. Dinding Pasangan Bata : 250 kg/m²
- j. Tebal plat (h_f) : 12 cm
- k. Tinggi efektif (d) : 9 cm
- l. b : 100 cm (Asumsi)
- m. faktor reduksi : 0.8
- n. β_1 : 0.84

5.3.1 Pembebanan

Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1 yaitu sebesar:

a. Beban Mati dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6 Beban Mati Pelat Atap

Elemen	BJ	Dimensi	Berat	Satuan	
Pelat	2400	kg/m ³	0.12	288	kg/m ²
Plafond	18	kg/m ³	1	18	kg/m ²
Total				306	kg/m²

b. Beban Hidup dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7 Beban Hidup Pelat Atap

Elemen	BJ	Dimensi	Berat	Satuan	
Beban Air Hujan	1000	kg/m ³	0.05	50	kg/m ²
Beban Guna	250	kg/m ³	1	250	kg/m ²
Total				300	kg/m²

c. Beban Berfaktor

$$\begin{aligned}
 U &= 1.2D + 1.6L + 0.5L_r \\
 &= 792 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

d. Beban Persatu Meter

$$q_u = 792 \text{ kg/m}$$

5.3.2 Statika

Menentukan nilai momen lapangan dan tumpuan arah x dan y di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya yang diakibatkan oleh beban terbagi rata berdasarkan tabel momen akibat beban terbagi rata. Diambil satu contoh perhitungan pada pelat A.



$$L_x = 3.6 \text{ m}$$

$$L_y = 4.8 \text{ m}$$

$$\text{Nilai X} \rightarrow M_lx = (-M_{tx}) = 50$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai X} & \rightarrow Mly = (-Mty) = 38 \\
 Mlx (-Mtx) & : 0,001 \cdot Q \cdot qLx^2 \cdot X = 0,001 \times 792 \text{ kg/m} \times 3.6^2 \text{ m} \times 50 \\
 & = 513,35 \text{ kgm} \\
 Mly (-Mty) & : 0,001 \cdot Q \cdot qLy^2 \cdot X = 0,001 \times 792 \text{ kg/m} \times 4.8^2 \text{ m} \times 38 \\
 & = 693,59 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan statika pelat atap dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8 Perhitungan Statika Pelat Atap

Pelat	Ly (m)	Lx (m)	ly/lx	X	Mlx (kgm)	Mtx (kgm)	X	Mly (kgm)	X	Mty (kgm)
A	4.8	3.6	1.3	50	513.35	-513.35	38	693.59	38	-693.59
B	4.8	3.0	1.6	58	413.53	-413.53	36	657.08	36	-657.08
C	6.6	2.4	2.8	63	287.47	-287.47	13	448.61	38	-1311.31
D	7.2	2.4	3.0	63	287.47	-287.47	13	533.88	38	-1560.57
E	2.4	2.0	1.2	46	145.76	-145.76	38	173.40	38	-173.40
F	2.7	2.25	1.2	46	184.48	-184.48	38	219.46	38	-219.46
G	3.6	1.5	2.4	63	112.29	-112.29	34	349.08	34	-349.08
H	3.0	1.5	2.0	62	110.51	-110.51	35	249.54	35	-249.54

Dari tabel 5.8 di atas didapat nilai momen lapangan arah x (Mlx), momen tumpuan arah x (Mtx), momen lapangan arah y (Mly) dan momen tumpuan arah y (Mty) yang akan digunakan dalam perhitungan tulangan lapangan dan tumpuan arah x dan y.

5.3.3 Penulangan

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam batas rasio tulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{max}) terhadap bd . Kemudian dipilih tulangan yang layak untuk digunakan. Tulangan pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan.

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 84}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} = 0,0474$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0355$$

a. Penulangan Lapangan x

$$M_U = M_lx (-M_{tx}) = 513,35 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_U \cdot 10^4}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \frac{513,35 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 90^2} = 0,792$$

$$w = 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353xR_n}{f'c}} \right)$$

$$= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353x0,792}{30}} \right)$$

$$= 0,022$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'c}{f_y} = w \cdot \frac{30}{300} = 0,0022$$

* jika ρ hitung $<$ ρ min \rightarrow pakai ρ min (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ min \rightarrow pakai ρ hitung (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ maks \rightarrow pakai tul. rangkap

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 9 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 2,4 \text{ cm}^2$$

* A_s \rightarrow disamakan antara lapangan dan tumpuan

* A_s' \rightarrow digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$A_{s_{tul}} = \pi D^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,50 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{tul}}} = \frac{420}{78,50} = 6 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan atap yang direncanakan untuk A_s adalah $4,36 \text{ cm}^2$ ($\emptyset 10$ -180) dan A_s' adalah $2,51$ ($\emptyset 8$ -200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

b. Penulangan Lapangan y

$$M_U = M_{lx} (-M_{tx}) = 693,59 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_U \cdot 10^4}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{693,59 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 90^2} = 1,07$$

$$\begin{aligned} w &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353xR_n}{f'_c}} \right) \\ &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353x1,07}{30}} \right) \\ &= 0,018 \end{aligned}$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'_c}{f_y} = 0,018 \cdot \frac{30}{300} = 0,0018$$

* jika ρ hitung $<$ ρ min \rightarrow pakai ρ min (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ min \rightarrow pakai ρ hitung (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ maks \rightarrow pakai tul. rangkap

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 9 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 2,4 \text{ cm}^2$$

* A_s \rightarrow disamakan antara lapangan dan tumpuan

* A_s' \rightarrow digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$A_{stul} = \pi D^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,50 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{A_{sperlu}}{A_{stul}} = \frac{420}{78,50} = 6$$

Sehingga tulangan atap yang direncanakan untuk A_s adalah $4,36 \text{ cm}^2$ ($\emptyset 10$ -180) dan A_s' adalah $2,51$ ($\emptyset 8$ -200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

c. Kontrol penggunaan faktor reduksi

1. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{524 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 6,17 \text{ mm}$$

2. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \times (f'_c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 \times (30 - 28)}{7} = 0,84$$

3. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{6,17}{0,84} = 7,34$$

4. Regangan tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.2.3}$$

5. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (90 - 7,34)}{7,34} = 0,0338 > \varepsilon_0 \text{ OK!}$$

6. Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 524 \cdot 300 \left(90 - \frac{6,17}{2} \right) = 10932316,8 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 10932316,8 \text{ Nmm} \geq Mu = 5133500 \text{ Nmm} \text{ OK!}$$

$$\phi Mn = 10932316,8 \text{ Nmm} \geq Mu = 6935900 \text{ Nmm} \text{ OK!}$$

7. Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n - 1} = \frac{1000}{6 - 1} = 200 \text{ mm}$$

8. Kontrol spesi tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.5})$$

$$200 \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{OK!})$$

Rekapitulasi perhitungan penulangan pelat lantai arah x dan y dapat dilihat pada tabel 5.9 dan 5.10 berikut:

Tabel 5.9 Penulangan Lapangan x

Pelat	b (mm)	d (mm)	Rn	w	ρ hitung	ρ	As (cm ²)	As' (cm ²)
A	1000	90	0.792	0.022	0.0022	0.0047	4.2	2.4
B	1000	90	0.638	0.025	0.0025	0.0047	4.2	2.4
C	1000	90	0.444	0.027	0.0027	0.0047	4.2	2.4
D	1000	90	0.444	0.027	0.0027	0.0047	4.2	2.4
E	1000	90	0.225	0.031	0.0031	0.0047	4.2	2.4
F	1000	90	0.285	0.030	0.0030	0.0047	4.2	2.4
G	1000	90	0.173	0.031	0.0031	0.0047	4.2	2.4
H	1000	90	0.171	0.032	0.0032	0.0047	4.2	2.4

Tabel 5.10 Penulangan Lapangan y

Pelat	b (mm)	d (mm)	Rn	w	ρ hitung	ρ	As (cm ²)	As' (cm ²)
A	1000	90	1.07	0.018	0.0018	0.0047	4.2	2.4
B	1000	90	1.01	0.019	0.0019	0.0047	4.2	2.4
C	1000	90	0.69	0.024	0.0024	0.0047	4.2	2.4
D	1000	90	0.82	0.022	0.0022	0.0047	4.2	2.4
E	1000	90	0.27	0.030	0.0030	0.0047	4.2	2.4
F	1000	90	0.34	0.029	0.0029	0.0047	4.2	2.4
G	1000	90	0.54	0.026	0.0026	0.0047	4.2	2.4
H	1000	90	0.39	0.028	0.0028	0.0047	4.2	2.4

Penulangan pokok pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan, tulangan tarik berada di atas. Sedangkan pada daerah lapangan, tulangan tariknya berada dibawah. Dimana tulangan yang direncanakan berdasarkan tabel tulangan dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut:

Tabel 5.11 Tulangan Rencana Pelat Atap

Tulangan	Arah	Tulangan As	Tulangan As'
Tumpuan	x	ϕ 10 - 180	ϕ 8 - 200
	y	ϕ 10 - 180	ϕ 8 - 200
Lapangan	x	ϕ 10 - 180	ϕ 8 - 200
	y	ϕ 10 - 180	ϕ 8 - 200

5.4 Penulangan Kantilever

Data yang diketahui dalam penulangan kantilever adalah sebagai berikut:

- a. Spesi : 3 cm : 21 kg/m³ @ 1cm
- b. Plafond : 1 cm : 18 kg/m³ @ 1cm
- c. Keramik : 1 cm : 24 kg/m³ @ 1cm
- d. Beban Guna : 250 kg/m²
- e. Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
- f. Mutu Baja Deform (f_y) : 400 Mpa
- g. Mutu Baja Polos (f_y) : 300 Mpa
- h. Berat Isi Beton : 2400 kg/m³
- i. Dinding Pasangan Bata : 250 kg/m³
- j. Tebal plat (h_f) : 12 cm
- k. Tinggi efektif (d) : 9 cm
- l. b : 100 cm (Asumsi)
- m. faktor reduksi : 0.8
- n. β_1 : 0.84

5.4.1 Pembebanan

Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1 yaitu sebesar:

- a. Beban Mati dapat dilihat pada tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.12 Beban Mati Kantilever

Elemen	BJ	Dimensi	Berat	Satuan	
Pelat	2400	kg/m ³	0.12	288	kg/m ²
Spesi (3cm)	21	kg/m ³	3	63	kg/m ²
Keramik	24	kg/m ³	1	24	kg/m ²
Plafond	18	kg/m ³	1	18	kg/m ²
Total				393	kg/m²

- b. Beban Hidup

Beban guna = 250 kg/m²

c. Beban Berfaktor

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$= 872 \text{ kg/m}^2$$

d. Beban Persatu Meter

$$q_u = 872 \text{ kg/m}$$

5.4.2 Statika

Menentukan nilai momen lapangan dan tumpuan arah x dan y di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya yang diakibatkan oleh beban terbagi rata berdasarkan tabel momen akibat beban terbagi rata. Diambil satu contoh perhitungan pada pelat I.



$$L_x = 1.5 \text{ m}$$

$$L_y = 3.3 \text{ m}$$

$$\text{Nilai X} \rightarrow M_{lx} = (-M_{tx}) = 87$$

$$\text{Nilai X} \rightarrow M_{ly} = (-M_{ty}) = 49$$

$$M_{lx} (-M_{tx}) : 0,001 \cdot Q \cdot qL_x^2 \cdot X = 0,001 \times 872 \text{ kg/m} \times 1,5^2 \text{ m} \times 87$$

$$= 170,62 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} (-M_{ty}) : 0,001 \cdot Q \cdot qL_y^2 \cdot X = 0,001 \times 872 \text{ kg/m} \times 3,3^2 \text{ m} \times 49$$

$$= 465,09 \text{ kgm}$$

Rekapitulasi perhitungan statika kantilever dapat dilihat pada tabel 5.13 berikut:

Tabel 5.13 Perhitungan Statika Kantilever

Pelat	L_y (m)	L_x (m)	l_y/l_x	X	M_{lx} (kgm)	M_{tx} (kgm)	X	M_{ly} (kgm)	X	M_{ty} (kgm)
I	3.3	1.5	2.2	87	170.62	-170.62	49	465.09	49	-465.09
L	4.8	1.5	3.2	54	105.90	-105.90	19	381.55	56	-1124.57
K	7.2	1.5	4.8	54	105.90	-105.90	19	858.49	56	-2530.29
L	6.6	1.5	4.4	54	105.90	-105.90	19	721.37	56	-2126.15
M	3.6	1.5	2.4	89	174.54	-174.54	48	542.20	48	-542.20

Dari tabel 5.13 di atas didapat nilai momen lapangan arah x (M_{lx}), momen tumpuan arah x (M_{tx}), momen lapangan arah y (M_{ly}) dan momen tumpuan arah y (M_{ty}) yang akan digunakan dalam perhitungan tulangan lapangan dan tumpuan arah x dan y.

5.4.3 Penulangan

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam batas rasio tulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{max}) terhadap bd . Kemudian dipilih tulangan yang layak untuk digunakan. Tulangan pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan.

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,84}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} = 0,0474$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0355$$

a. Penulangan Lapangan x

$$M_U = M_{lx} (-M_{tx}) = 170,62 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_U \cdot 10^4}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{170,62 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 90^2} = 0,263$$

$$\begin{aligned} w &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353xR_n}{f'_c}} \right) \\ &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353x0,263}{30}} \right) \\ &= 0,030 \end{aligned}$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'_c}{f_y} = 0,030 \cdot \frac{30}{300} = 0,0030$$

* jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$ → pakai ρ_{min} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hitung} > \rho_{min}$ → pakai ρ_{hitung} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hitung} > \rho_{maks}$ → pakai tul. rangkap

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 9 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$As' = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 2,4 \text{ cm}^2$$

*As → disamakan antara lapangan dan tumpuan

*As' → digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$As_{tul} = \pi D^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,50 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{As_{perlu}}{As_{tul}} = \frac{420}{78,50} = 6 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan kantilever yang direncanakan untuk As adalah 4,36 cm² (Ø10-180) dan As' adalah 2,51 (Ø8-200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

b. Penulangan Lapangan y

$$M_U = M_lx (-M_{tx}) = 465,09 \text{ Kgm}$$

$$Rn = \frac{M_U \cdot 10^4}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \frac{465,09 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 90^2} = 0,72$$

$$\begin{aligned} w &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353xRn}{f'c}} \right) \\ &= 0,85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353x0,72}{30}} \right) \\ &= 0,023 \end{aligned}$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'c}{f_y} = 0,023 \cdot \frac{30}{300} = 0,0023$$

* jika ρ hitung $<$ ρ min → pakai ρ min (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ min → pakai ρ hitung (tul. tunggal)

* jika ρ hitung $>$ ρ maks → pakai tul. rangkap

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 9 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 2,4 \text{ cm}^2$$

* A_s → disamakan antara lapangan dan tumpuan

* A_s' → digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$A_{s_{tul}} = \pi D^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,50 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{tul}}} = \frac{420}{78,50} = 6 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan kantilever yang direncanakan untuk A_s adalah 4,36 cm^2 ($\text{Ø}10$ -180) dan A_s' adalah 2,51 ($\text{Ø}8$ -200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

c. Kontrol penggunaan faktor reduksi

1. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{524 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 6,17 \text{ mm}$$

2. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (30 - 28)}{7} = 0,84$$

3. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{6,17}{0,84} = 7,34$$

4. Regangan tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.2.3}$$

5. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (90 - 7,34)}{7,34} = 0,0338 > \varepsilon_0 \text{ OK!}$$

6. Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 524 \cdot 300 \left(90 - \frac{6,17}{2} \right) = 10932316,8 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 10932316,8 \text{ Nmm} \geq Mu = 5133500 \text{ Nmm} \text{ OK!}$$

$$\phi Mn = 10932316,8 \text{ Nmm} \geq Mu = 6935900 \text{ Nmm} \text{ OK!}$$

7. Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n-1} = \frac{1000}{6-1} = 200 \text{ mm}$$

8. Kontrol spesi tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.5})$$

$$200 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{OK!})$$

Rekapitulasi perhitungan penulangan kantilever arah x dan y dapat dilihat pada tabel 5.14 dan 5.15 berikut:

Tabel 5.14 Penulangan Lapangan x

Pelat	b (mm)	d (mm)	Rn	w	ρ hitung	ρ	As (cm ²)	As' (cm ²)
I	1000	90	0.263	0.030	0.0030	0.0047	4.2	2.4
L	1000	90	0.163	0.032	0.0032	0.0047	4.2	2.4
K	1000	90	0.163	0.032	0.0032	0.0047	4.2	2.4
L	1000	90	0.163	0.032	0.0032	0.0047	4.2	2.4
M	1000	90	0.269	0.030	0.0030	0.0047	4.2	2.4

Tabel 5.15 Penulangan Lapangan y

Pelat	b (mm)	d (mm)	Rn	w	ρ hitung	ρ	As (cm ²)	As' (cm ²)
I	1000	90	0.72	0.023	0.0023	0.0047	4.2	2.4
L	1000	90	0.59	0.025	0.0025	0.0047	4.2	2.4
K	1000	90	1.32	0.015	0.0015	0.0047	4.2	2.4
L	1000	90	1.11	0.018	0.0018	0.0047	4.2	2.4
M	1000	90	0.84	0.022	0.0022	0.0047	4.2	2.4

Penulangan pokok pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan, tulangan tarik berada di atas. Sedangkan pada daerah lapangan, tulangan tariknya berada dibawah. Dimana tulangan yang direncanakan berdasarkan tabel tulangan dapat dilihat pada tabel 5.16 berikut:

Tabel 5.16 Tulangan Rencana Kantilever

Tulangan	Arah	Tulangan As	Tulangan As'
Tumpuan	x	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$
	y	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$
Lapangan	x	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$
	y	$\phi 10 - 180$	$\phi 8 - 200$

5.5 Kontrol Lendutan dan Retak Pada Pelat Lantai

Berdasarkan SNI 2847-2013 bila ketebalan pelat yang digunakan melebihi batas minimum ketebalan pelat, maka kontrol lendutan tidak perlu dilakukan. Kontrol lendutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari pelat ini.

5.5.1 Kontrol Lendutan Pelat

Data yang dibutuhkan untuk kontrol lendutan adalah sebagai berikut:

- a. Mutu Beton ($f'c$) : 30 MPa
- b. hf : 12 cm
- c. d : 9 cm
- d. d' : 3 cm
- e. As : 4,36 cm²
- f. As' : 2,51 cm²
- g. q_u pelat lantai : 8,72 kg/cm
- h. Bentang panjang masing-masing pelat
 1. Pelat A, B dan J = 480 cm
 2. Pelat C dan L = 660 cm
 3. Pelat D dan K = 720 cm
 4. Pelat E = 240 cm
 5. Pelat F = 270 cm
 6. Pelat G dan M = 360 cm
 7. Pelat H = 300 cm
 8. Pelat I = 330 cm

Ambil satu contoh untuk kontrol lendutan pelat pada pelat A, B dan J

1. Modulus Elastis Beton, E_c

$$E_c = \sqrt{4700 \times f'_c} = \sqrt{4700 \times 30 \text{ MPa}} \times 10 = 25749,60 \text{ kg/cm}^2$$

2. Modulus Elastis Baja, E_s

$$2 \times 10^5 \text{ MPa} = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

3. Modulus Keruntuhan Lentur, f_r

$$f_r = \sqrt{0,7 \times f'_c} = \sqrt{0,7 \times 30 \text{ MPa}} \times 10 = 38,34 \text{ kg/cm}^2$$

4. Nilai Perbandingan Modulus Elastis, n

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^5}{25649,60} = 7,77$$

5. Momen Inersia Bruto Penampang, I_g

$$I_g = \frac{1}{12} \times L_y \times h f^3 = \frac{1}{12} \times 480 \times 12^3 = 69120 \text{ cm}^4$$

6. Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan, c

$$\frac{b \cdot c^2}{2} + (n \cdot A_s + (n - 1) \cdot A_s') \cdot c - (n \cdot A_s \cdot d) - (n - 1) \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$\frac{480 \cdot c^2}{2} + (7,77 \times 4,36 + (7,77 - 1) \times 2,51) \times c - (7,77 \times 4,36 \times 9) - (7,77 - 1) \times 2,51 \times 3 = 0$$

$$240 \cdot c^2 + 57,70 \cdot c - 417,36 = 0$$

$$c_1 = 1,20 \text{ cm} \quad \vee \quad c_2 = -1,33 \text{ cm}$$

7. Momen Inersia Retak Penampang yang Ditransferkan, I_{cr}

$$I_{cr} = (1/3 \cdot L_y \cdot c^3) + (n \cdot A_s \cdot (d - c)^2)$$

$$= (1/3 \cdot 480 \cdot 1,2^2) + (7,77 \cdot 4,36 \cdot (9 - 1,2)^2)$$

$$= 2327,89 \text{ cm}^4$$

$$Y_t = hf/2 = 12/2 = 6 \text{ cm}$$

8. Momen Retak, M_{cr}

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} = \frac{38,34 \cdot 69120}{6} = 441683,47 \text{ kgcm}$$

9. Momen maksimum, M_a

$$M_a = 1/8 \cdot q_u \cdot L_y^2 = 1/8 \cdot 8,72 \cdot 480^2 = 251020,8 \text{ kgcm}$$

10. Momen Inersia Efektif, I_e

$$\begin{aligned} I_e &= \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3 \cdot I_g + 1 - \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3 \cdot I_{cr} \\ &= \left(\frac{441683,47}{251020,8}\right)^3 \cdot 69120 + 1 - \left(\frac{441683,47}{251020,8}\right)^3 \cdot 2327,89 \text{ cm}^4 \\ &= 366183,85 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

11. Lenduta Elastis Sketika, δ_e

$$\delta_e = \frac{5}{384} \cdot qu \cdot Ly^2 = \frac{5}{384} \cdot 8,72 \cdot 480^2 = 0,06 \text{ cm}$$

12. Lendutan Ijin, δ_i

$$\delta_i = Ly/360 = 480/360 = 1,33 \text{ cm}$$

13. Lenduta Elastis Sketika, $\delta_e < \text{Lendutan Ijin, } \delta_i$

$$0,06 \text{ cm} < 1,33 \text{ cm} \quad \mathbf{OK!}$$

Rekapitulasi hasil kontrol lendutan pelat dapat dilihat pada tabel 5.17 sampai dengan tabel 5.23 berikut:

Tabel 5.17 Kontrol lendutan Pelat C dan L

No	Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n	7.77
5	Momen Inersia Bruto Penampang	I_g	95040
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	0.96
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	2384.55 6
8	Momen Retak	M_{cr}	607314.77
9	Momen Maksimum	M_a	474586.2
10	Momen Inersia Efektif	I_e	196547.87
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	0.43
12	Lendutan Ijin	δ_i	1.83
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)			OK

Tabel 5.18 Kontrol lendutan Pelat D dan K

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	103680
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	0.93
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2398.75 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	662525.21
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	564796.8
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	165876.85
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.71
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	2.00
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.19 Kontrol lendutan Pelat E

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	34560
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.54
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2176.32 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	220841.74
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	62755.2
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	1413480.03
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0010
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.67
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.20 Kontrol lendutan Pelat F

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	38880
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.45
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2205.02 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	248446.95
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	79424.55
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	1124757.28
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0021
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.75
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.21 Kontrol lendutan Pelat G dan M

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	51840
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.27
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2269.94 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	331262.60
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	141199.2
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	642358.35
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0115
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	1.00
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.22 Kontrol lendutan Pelat H

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	43200
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.38
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2229.64 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	276052.17
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	98055
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	916414.53
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0039
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.83
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.23 Kontrol lendutan Pelat I

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	47520
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.32
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2251.06 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	303657.39
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	118646.55
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	761154.44
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0069
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.92
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Dari tabel 4.17 sampai dengan tabel 4.23 di atas menunjukkan bahwa nilai lendutan elastis sketika (δ_e) masing-masing pelat lebih kecil dari lendutan ijin (δ_i) maka lendutan pelat pelat memenuhi syarat.

5.5.2 Kontrol Retak

$$S = 380 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 300 = 200 \text{ MPa}$$

C_c = jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

$$C_c = 20 \text{ mm}$$

$$S = 380 \cdot \frac{280}{200} - 2,5 \cdot 20 \leq 300 \left(\frac{280}{200} \right)$$

$$S = 482 \text{ mm} > 420 \text{ mm}$$

Maka, digunakan $S = 420 \text{ mm}$

$$S_{tul} = 200 \text{ mm} \leq 420 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

5.6 Kontrol Lendutan dan Retak Pada Pelat Lantai

Berdasarkan SNI 2847-2013 bila ketebalan pelat yang digunakan melebihi batas minimum ketebalan pelat, maka kontrol lendutan tidak perlu dilakukan. Kontrol lendutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari pelat ini.

5.6.1 Kontrol Lendutan Pelat

Data yang dibutuhkan untuk kontrol lendutan adalah sebagai berikut:

- a. Mutu Beton ($f'c$) : 30 MPa
- b. h_f : 12 cm
- c. d : 9 cm
- d. d' : 3 cm
- e. A_s : 4.32 cm²
- f. A_s' : 2,51 cm²
- g. q_u pelat lantai : 7.92 kg/cm

h. Bentang panjang masing-masing pelat

1. Pelat A, B dan J = 480 cm
2. Pelat C dan L = 660 cm
3. Pelat D dan K = 720 cm
4. Pelat E = 240 cm
5. Pelat F = 270 cm
6. Pelat G dan M = 360 cm
7. Pelat H = 300 cm
8. Pelat I = 330 cm

Rekapitulasi hasil kontrol lendutan pelat dapat dilihat pada tabel 5.24 sampai dengan tabel 5.31 berikut:

Tabel 5.24 Kontrol lendutan Pelat A, B dan J

No	Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ² 257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ² 2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ² 38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n	7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴ 69120
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm 1.12
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ 2327.89 cm 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm 441683.47
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm 228153.6
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴ 486920.34
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm 0.04
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm 1.33
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)			OK

Tabel 5.25 Kontrol lendutan Pelat C dan L

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	95040
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	0.96
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2384.55 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	607314.77
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	431352.9
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	260976.11
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.29
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	1.83
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.26 Kontrol lendutan Pelat D dan K

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	103680
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	0.93
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2398.75 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	662525.21
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	513345.6
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	220122.96
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.49
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	2.00
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.27 Kontrol lendutan Pelat E

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	34560
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.52
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2176.32 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	220841.74
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	57038.4
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	1881785.84
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0007
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.67
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.28 Kontrol lendutan Pelat F

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	38880
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.45
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2205.02 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	248446.95
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	72189.225
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	1497248.14
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0014
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.75
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.29 Kontrol lendutan Pelat G dan M

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	51840
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.27
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2269.94 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	331262.60
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	128336.4
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	854755.67
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0079
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	1.00
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.30 Kontrol lendutan Pelat H

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	43200
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.38
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2229.64 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	276052.17
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	89122.5
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	1219763.90
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0027
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.83
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.31 Kontrol lendutan Pelat I

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	47520
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	1.32
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	2251.06 6
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	303657.39
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	107838.225
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	1012977.53
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.0047
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.92
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

5.6.2 Kontrol Retak

$$S = 380 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 300 = 200 \text{ MPa}$$

C_c = jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

$$C_c = 20 \text{ mm}$$

$$S = 380 \cdot \frac{280}{200} - 2,5 \cdot 20 \leq 300 \left(\frac{280}{200} \right)$$

$$S = 482 \text{ mm} > 420 \text{ mm}$$

Maka, digunakan $S = 420 \text{ mm}$

$$S_{tul} = 200 \text{ mm} \leq 420 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

5.7 Penulangan Pelat Tangga Bordes

5.7.1 Pembebanan

Pelat tangga direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1 yaitu sebesar:

a. Pembebanan Tangga

1. Beban Mati dapat dilihat pada tabel 5.32 berikut:

Tabel 5.32 Beban Mati Pelat Tangga

Elemen	BJ		Dimensi	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	0.25	601.86	kg/m ²
Spesi	21	kg/m ³	3	63	kg/m ²
Keramik	24	kg/m ³	1	24	kg/m ²
Sandaran	30	kg/m ²	1	30	kg/m ²
Total				718.86	kg/m²

2. Beban Hidup

Beban guna = 300 kg/m²

3. Beban Berfaktor

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$= 1343 \text{ kg/m}^2$$

4. Beban Persatu Meter

$$q_u = 1343 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan Bordes

1. Beban Mati dapat dilihat pada tabel 5.33 berikut:

Tabel 5.33 Beban Mati Pelat Bordes

Elemen	BJ		Dimensi	Berat	
Bordes	2400	kg/m ³	0.18	420	kg/m ²
Spesi	21	kg/m ³	3	63	kg/m ²
Keramik	24	kg/m ³	1	24	kg/m ²
Total				507	kg/m²

2. Beban Hidup

Beban guna = 300 kg/m²

3. Beban Berfaktor

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$= 1088 \text{ kg/m}^2$$

4. Beban Persatu Meter

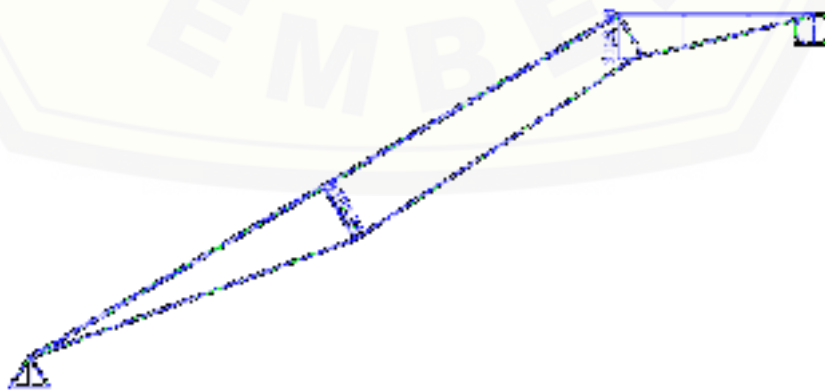
$$q_u = 1088 \text{ kg/m}$$

5.7.2 Statika

Menentukan nilai momen lapangan dan tumpuan pada pelat tangga menggunakan program bantu SAP 2000 dengan hasil yang dapat dilihat pada gambar 5.1 dan gambar 5.2 berikut:



Gambar 5.1 Distribusi Beban pada Tangga



Gambar 5.2 Momen yang Terjadi pada Tangga

Dari gambar 5.1 dan gambar 5.2 diatas dapat diketahui nilai momen ultimate pada pelat tangga adalah 4136.24 kgm dan momen ultimate pada pelat bordes adalah 3109.4 kgm.

5.7.3 Penulangan

Perhitungan penulangan pelat tangga akan direncanakan dalam batas rasio tulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{max}) terhadap bd . Kemudian dipilih tulangan yang layak untuk digunakan.

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 84}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} = 0,0474$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0355$$

a. Penulangan pelat tangga

$$M_U = 4136.24 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_U \cdot 10^4}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \frac{4136,24 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 145^2} = 2.46$$

$$w = 0.85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.353xR_n}{f'_c}} \right)$$

$$= 0.85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.353x2.46}{30}} \right)$$

$$= 0.09$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'_c}{f_y} = 0,09 \cdot \frac{30}{300} = 0.0086$$

* jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$ → pakai ρ_{min} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hitung} > \rho_{min}$ → pakai ρ_{hitung} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hitung} > \rho_{maks}$ → pakai tul. rangkap

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 14,5 = 12.52 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 3.5 \text{ cm}^2$$

*As → disamakan antara lapangan dan tumpuan

*As' → digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$A_{stul} = \pi D^2 = 0.25 \cdot \pi \cdot 12^2 = 113.04 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{A_{sperlu}}{A_{stul}} = \frac{420}{78,50} = 11.1 \approx 12 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan tangga yang direncanakan untuk As adalah 12.57 cm² (Ø12-90) dan As' adalah 3.93 cm² (Ø10-200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

b. Penulangan pelat bordes

$$M_U = 3109.4 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{M_U \cdot 10^4}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{3109.4 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 145^2} = 1.85$$

$$\begin{aligned} w &= 0.85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.353xRn}{f'c}} \right) \\ &= 0.85x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.353x1.85}{30}} \right) \\ &= 0.06 \end{aligned}$$

$$\rho_{hit} = w \cdot \frac{f'c}{f_y} = 0,06 \cdot \frac{30}{300} = 0.0064$$

* jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$ → pakai ρ_{min} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hitung} > \rho_{min}$ → pakai ρ_{hitung} (tul. tunggal)

* jika $\rho_{hitung} > \rho_{maks}$ → pakai tul. rangkap

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0047 \cdot 100 \cdot 14,5 = 9.28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s'} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 100 \cdot 12 = 3.5 \text{ cm}^2$$

*As → disamakan antara lapangan dan tumpuan

*As' → digunakan untuk luasan tulangan bagi



$$A_{s_{tul}} = \pi D^2 = 0.25 \cdot \pi \cdot 12^2 = 113.04 \text{ mm}^2$$

$$n_{tul} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{tul}}} = \frac{420}{78,50} = 11.1 \approx 12 \text{ buah}$$

Sehingga tulangan tangga yang direncanakan untuk As adalah 12.57 cm² (Ø12-90) dan As' adalah 3.93 cm² (Ø10-200).

Dimana dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi untuk tegangan suhu dan susut.

c. Kontrol penggunaan faktor reduksi

1. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{827 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 14.788 \text{ mm}$$

2. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 \cdot (f'c - 28)}{7} = 0.85 - \frac{0.05 \cdot (30 - 28)}{7} = 0,84$$

3. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{9,73}{0,84} = 17.70$$

4. Regangan tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.2.3}$$

5. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (90 - 11,58)}{11,58} = 0.0216 > \varepsilon_0 \text{ OK!}$$

6. Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 827 \cdot 300 \left(90 - \frac{11,58}{2} \right) = 41512942.59 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 41512942.59 \text{ Nmm} \geq Mu = 41362400 \text{ Nmm} \text{ OK!}$$

7. Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n - 1} = \frac{1000}{12 - 1} = 90.91 \text{ mm}$$

8. Kontrol spesi tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h = 2 \cdot 175 = 350 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 7.6.5})$$

$$90.91 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{OK!})$$

5.8 Kontrol Lendutan dan Retak Pada Pelat Tangga Bordes

Berdasarkan SNI 2847-2013 bila ketebalan pelat yang digunakan melebihi batas minimum ketebalan pelat, maka kontrol lendutan tidak perlu dilakukan. Kontrol lendutan ini dimaksudkan agar perencana mengetahui perilaku dari pelat ini.

5.8.1 Kontrol Lendutan Pelat

Data yang dibutuhkan untuk kontrol lendutan adalah sebagai berikut:

a. Mutu Beton ($f'c$)	: 30	MPa
b. Tebal pelat tangga dan bordes	: 17.5	cm
c. d	: 14.5	cm
d. d'	: 3	cm
e. As tangga dan bordes	: 12.57	cm ²
f. As' tangga dan bordes	: 3.93	cm ²
g. q_u pelat tangga	: 13.43	kg/cm
h. q_u pelat bordes	: 10.88	kg/cm
i. Lny tangga	: 416.77	cm
j. Lny bordes	: 300	cm

Rekapitulasi hasil kontrol lendutan pelat dapat dilihat pada tabel 5.32 dan tabel 5.33 berikut:

Tabel 5.34 Kontrol lendutan Pelat Tangga

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	186137.0425
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	2.40
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	16218.48 9
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	815611.66
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	291518.973
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	3737483.62
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.01
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	1.16
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

Tabel 5.35 Kontrol lendutan Pelat Bordes

No		Simbol	Satuan	Nilai
1	Modulus Elastis Beton	E_c	kg/cm ²	257429.60
2	Modulus Elastis Baja	E_s	kg/cm ²	2000000
3	Modulus Keruntuhan Lentur	f_r	kg/cm ²	38.34
4	Nilai Perbandingan Modulus Elastis	n		7.77
5	Momem Inersia Bruto Penampang	I_g	cm ⁴	133984.375
6	Jarak Garis Netral ke Serat Tertekan	c	cm	2.77
7	Momen Inersia Retak Penampang yang ditransformasikan	I_{cr} y_t	cm ⁴ cm	15562.42 9
8	Momen Retak	M_{cr}	kg.cm	587090.12
9	Momen Maksimum	M_a	kg.cm	122445
10	Momen Inersia Efektif	I_e	cm ⁴	13068954.33
11	Lendutan Elastis Sketika	δ_e	cm	0.00
12	Lendutan Ijin	δ_i	cm	0.83
Lendutan Elastis Sketika (δ_e) < Lendutan Ijin (δ_i)				OK

5.8.2 Kontrol Retak

$$S = 380 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 300 = 200 \text{ MPa}$$

C_c = jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

$$C_c = 20 \text{ mm}$$

$$S = 380 \cdot \frac{280}{200} - 2,5 \times 20 \leq 300 \left(\frac{280}{200} \right)$$

$$S = 482 \text{ mm} > 420 \text{ mm}$$

Maka, digunakan $S = 420 \text{ mm}$

$$S_{tul} = 90,91 \text{ mm} \leq 420 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

5.9 Perencanaan Dimensi dan Penulangan Balok Bordes

Data yang diketahui untuk perencanaan dimensi balok bordes adalah sebagai berikut:

- Tinggi lantai : 4200 mm
- Lebar bordes : 1200 mm
- Panjang bordes : 3000 mm
- Mutu beton (f'_c) : 30 MPa
- Mutu baja (f_y), deform : 400 MPa
- Tebal pelat bordes : 175 mm
- Dinding : 250 kg/m³
- Beban guna tangga : 300 kg/m²
- Slimut beton : 30 mm

$$h_{min} = \frac{1}{16} \cdot L = \frac{1}{16} \cdot 3000 = 187,5 \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 30 = 20 \text{ cm}$$

∴ Pakai dimensi balok bordes 200mm x 300mm

5.9.1 Pembebanan Balok Bordes

a. Beban Mati

Elemen	BJ	Dimensi		Berat	
berat sendiri	2400	0.2	0.30	144	kg/m
dinding	250	0.15	4.2	157.5	kg/m
berat plat bordes	2400	0.175	1	420	kg/m
Total				721.5	kg/m

b. Beban Hidup

Beban Guna tangga	300	1	300	kg/m
-------------------	-----	---	-----	------

c. Beban Terfaktor

$$q_u = 1,2D + 1,6L = 1,2 \cdot 721,5 + 1,6 \cdot 300 = 1345,8 \text{ kg/m}$$

Pada proses analisa struktur balok bordes, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan jepit – jepit.

$$M_{\max} = 1/10 \cdot q \cdot l^2 = 1/10 \cdot 1245,8 \cdot 0,3^2 = 1211,22 \text{ kgm} = 12112200 \text{ Nmm}$$

$$V = 1/2 \cdot q \cdot l = 1/2 \cdot 1345,8 \cdot 0,3 = 2018,7 \text{ kg} = 20187 \text{ N}$$

5.9.2 Penulangan Balok Bordes

Direncanakan:

$$\text{Diameter sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } d &= h - (t_s + \Phi + (D/2)) \\ &= 300 - (30 + 8 + (10/2)) = 257 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035$$

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

Faktor reduksi = 0,8

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{12112200}{0,8 \cdot 200 \cdot 257^2} = 1,15$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,15}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00022$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00022 < \rho_{\min} = 0,0035 \rightarrow \text{pakai } \rho_{\min}$$

a. Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 200 \cdot 257 \\ &= 179,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{tulangan} &= \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{sD10}} \\ &= \frac{179,9}{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2} \\ &= 2,29 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

∴ Digunakan tulangan lentur tarik 3-D10 ($A_s = 214 \text{ mm}^2$)

b. Tulangan Lentur Tekan

$$\begin{aligned} A_{s'} &= 0,5 \cdot A_{s_{perlu}} \\ &= 0,5 \cdot 214 \\ &= 107 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{tulangan} &= \frac{A_{s'}}{A_{sD10}} \\ &= \frac{107}{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2} \\ &= 31,36 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

∴ Digunakan tulangan lentur tekan 2-D10 ($A_s = 143 \text{ mm}^2$)

5.9.3 Kontrol Penggunaan Faktor Reduksi

a. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_{s_{pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{214 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} = 16,78 \text{ mm}$$

b. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7} \\ &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (30 - 28)}{7} \\ &= 0,84 \geq 0,65 \quad \text{OK!} \end{aligned}$$

- c. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{16,78}{0,84} = 20,08 \text{ mm}$$

- d. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (257 - 20,08)}{20,08} = 0,0354 > 0,003 \text{ OK!}$$

- e. Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_{s_{pasang}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 214 \cdot 400 \cdot \left(257 - \frac{16,78}{2} \right) \\ &= 17024665 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- f. Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$17.024.665 \text{ Nmm} > 12.112.200 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK!}$$

5.9.4 Penulangan Geser

$$V_u = 20187 \text{ N}$$

Faktor reduksi geser $\phi = 0.75$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 257 = 46921,57 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 46921,57 = 35191,17 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 35191,17 = 17595,59 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11, bila V_u kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c), maka tidak perlu diperhitungkan tulangan geser. Karena $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 257 = 93843,13 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{20187 - 35191,17}{0,75} = -20005,6 \text{ mm}$$

Maka pakai $V_s \text{ min} = 93843.13 \text{ mm}$ untuk menentukan nilai S , dimana sebagai berikut:

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 = 100,48 \text{ mm}$$

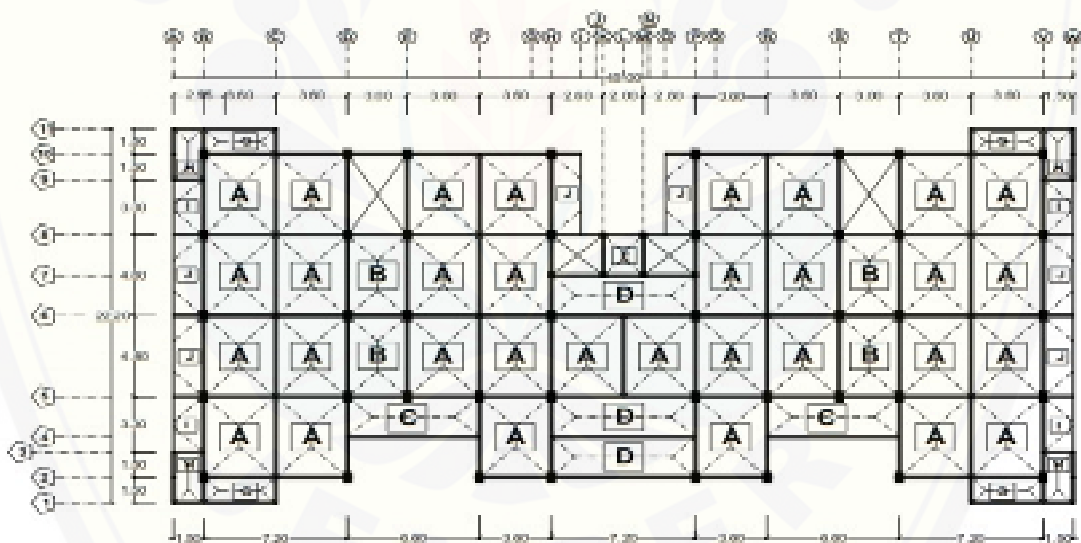
$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{100,48 \cdot 400 \cdot 257}{93843.13} = 110,07 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan geser $\text{Ø}8 - 100$.

5.10 Penulangan Balok Anak

Untuk perencanaan penulangan balok anak mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 2. Berdasarkan *preliminary* desain gedung perkuliahan Universitas Jember ini direncanakan dimensi balok anak sebesar 20cm x 30cm dan 30cm x 50cm.

Denah lokasi balok anak yaitu As.C-2.5, As.3-D.F dan As.3-H.P ditunjukkan pada gambar 5.3 berikut:



Gambar 5.3 Denah Balok Anak

Data perencanaan yang diperlukan meliputi:

- Mutu Beton, $f'c$: 30 MPa
- Mutu Baja Deform, f_y : 400 MPa
- Tebal Beton Decking, t_s : 30 mm
- Diameter Tulangan Utama, D : 16 mm
- Diameter Tulangan Sengkang, Φ : 10 mm

f. d' : 48 mm \rightarrow $t_s + \Phi + (D/2)$

g. \emptyset : 0,8 (beton normal)

h. β_1 : 0,84 \rightarrow $\beta_1 \geq 0,65$

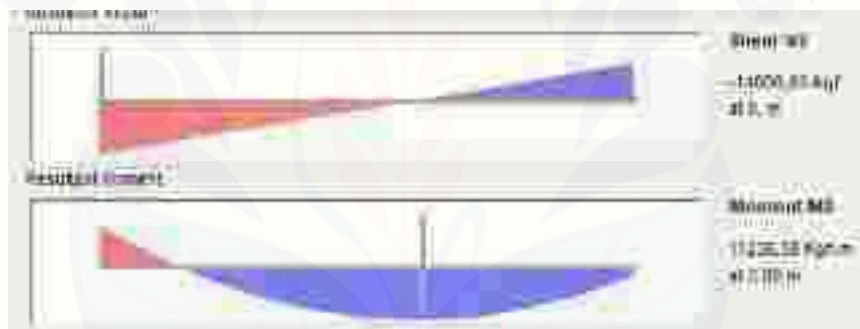
$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 84}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} = 0,0320$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0240$$

5.10.1 Penulangan Balok Anak As.C-2.5

Pada penulangan balok anak dengan ukuran 20cm x 30cm As.C-2.5, nilai momen diperoleh dari hasil analisa SAP yang terbesar yaitu frame 4123 adalah 112363800 Nmm, dapat dilihat pada gambar 5.4 berikut:



Gambar 5.4 Hasil Pemodelan Balok Anak As C-2.5

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$L = 4.800 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 300 - 48 = 252 \text{ mm}$$

Kontrol Tulangan Rangkap atau Tunggal

$$Cb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 252 = 151,2 \text{ mm}$$

$$c = 0,75 \times 151,2 = 113,4 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,84 \cdot 113,4 = 94,77 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 200 \cdot 94,77 = 483327 \text{ N}$$

$$A_s = \frac{c}{f_y} = \frac{113,4}{400} = 1208,32 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1160,37 \cdot 400 \cdot \left(252 - \frac{94,77}{2}\right) \\ &= 98895954,11 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 98895954,11 = 79116763,28 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n < M_u$$

$$79.116.763,28 \text{ Nmm} < 112.363.800 \text{ Nmm} \rightarrow \text{pakai tulangan rangkap}$$

Kontrol Tulangan Tekan Leleh

Bila tulangan tekan leleh $f_s' = f_y$ dan bila tulangan tekan tidak leleh $f_s' = f_s'$.

$$M_{ns} = M_n - M_u / \phi = 98895954,11 - 112363800 / 0,8 = 41558795,9 \text{ Nmm}$$

$$C_s = \frac{M_{ns}}{d - d'} = \frac{41558795,9}{252 - 48} = 203719,59 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{s'} &= \frac{c - t_s}{c} \\ &= \frac{113,4 - 30}{113,4} \end{aligned}$$

$$= 0,0022 > \epsilon_y = 0,002 \rightarrow \text{tul. tekan leleh}$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{c}\right) \cdot 600 = \left(1 - \frac{48}{113,4}\right) \cdot 600 = 346,03 \text{ MPa} \rightarrow f_s' = f_y$$

$$A_s' = \frac{C_s}{f_s' - 0,85 \cdot f'_c} = \frac{203719,59}{400 - 0,85 \cdot 30} = 543,98 \text{ mm}^2$$

∴ Digunakan tulangan 3-D16 ($A_s = 596 \text{ mm}^2$) 1 lapis

Tulangan Tarik Tambahan

$$T = C_c + C_s = 483327 + 203719,59 = 867046,59 \text{ N}$$

$$A_s = \frac{T}{f_y} = \frac{867046,59}{400} = 1717,62 \text{ mm}^2$$

∴ Digunakan tulangan 6-D19 ($A_s = 1720 \text{ mm}^2$) 2 lapis

Kontrol Penggunaan Faktor Reduksi

1. Jarak spasi

$$S_{max} = \frac{b - (2 \cdot ts) - (2 \cdot \Phi) - (n_{lapis} \cdot D)}{(n_{lapis} - 1)}$$

$$= \frac{200 - (2 \cdot 30) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 19)}{(3 - 1)}$$

$$= 31,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{memenuhi})$$

2. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (30 - 28)}{7}$$

$$= 0,84 \geq 0,65 \text{ OK!}$$

3. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{(As \cdot fy) - (As' \cdot fs')}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{(1720 \cdot 400) - (596 \cdot 246,03)}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} = 94,46 \text{ mm}$$

4. Kekuatan lentur nominal rencana

$$\phi Mn = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + As' \cdot fy \cdot (d - d')$$

$$= 0,8 \cdot 1720 \cdot 400 \cdot \left(252 - \frac{94,46}{2}\right) + 596 \cdot 400 \cdot (252 - 48)$$

$$= 112577646,4 \text{ Nmm}$$

5. Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi Mn > Mu$$

$$112.577.646,4 \text{ Nmm} > 112.363.800 \text{ Nmm} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Penulangan Geser

$$Vu = 140968,9 \text{ N}$$

Faktor reduksi geser $\phi = 0,75$

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 252 = 46008,69 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 \cdot 46008,69 = 34506,52 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \emptyset Vc = 0,5 \cdot 34506,52 = 17253,26 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11, bila V_u kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton ($\emptyset Vc$), maka tidak perlu diperhitungkan tulangan geser. Karena $V_u > \emptyset Vc$ maka diperlukan tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 252 = 92017,39 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ hitung} = \frac{V_u - \emptyset Vc}{\emptyset} = \frac{140968,9 - 34506,52}{0,75} = 141949,84 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ hitung} = 141949,84 \text{ mm} > V_s \text{ min} = 92017,39 \text{ mm}$$

Maka pakai V_s hitung = 141949,84 mm untuk menentukan nilai S, dimana sebagai berikut:

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 252}{141949,84} = 111,49 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan geser $\emptyset 10 - 100$

Gambar Detail

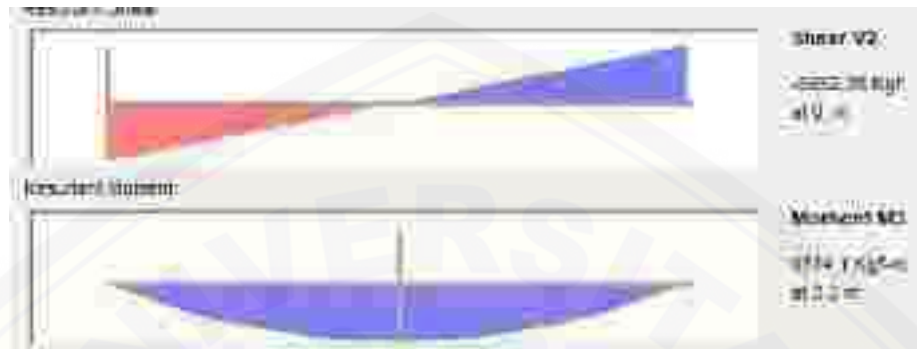
Hasil dari perhitungan penulangan balok anak diatas menghasilkan gambar detail. Dapat dilihat pada gambar 5.5 berikut:

No. Balok	Detail	
	Tumpuan	Lapangan
1. Tul. Atas	3-Ø10	3-Ø10
2. Tul. Bawah	2-Ø10	2-Ø10
3. Sengkang	Ø10-100	Ø10-100

Gambar 5.5 Detail Balok B5

5.10.2 Penulangan Balok Anak As.4-D.F

Pada penulangan balok anak dengan ukuran 25cm x 45cm As.4-D.F, nilai momen diperoleh dari hasil analisa SAP yang terbesar yaitu fame 8040 adalah 93141000 Nmm, dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut:



Gambar 5.6 Hasil Pemodelan Balok Anak As 4-D.F

$$\begin{aligned} b &= 250 \text{ mm} \\ h &= 450 \text{ mm} \\ L &= 6.600 \text{ mm} \\ d &= h - d' = 450 - 48 = 402 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Rangkap atau Tunggal

$$Cb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 402 = 241,2 \text{ mm}$$

$$c = 0,75 \times 241,2 = 180,9 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,84 \cdot 180,9 = 151,18 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 151,18 = 963777,05 \text{ N}$$

$$A_s = \frac{c}{f_y} = \frac{180,9}{400} = 2409,44 \text{ mm}^2$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d \cdot \frac{a}{2} \right) = 2409,44 \cdot 400 \cdot \left(402 \cdot \frac{151,18}{2} \right) = 314586123,9 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 314586123,9 = 251668899,1 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$251.668.899,1 \text{ Nmm} > 93.141.000 \text{ Nmm} \rightarrow \text{pakai tulangan tunggal}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{93141000}{0,8 \cdot 250 \cdot 402^2} = 2,88$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'c}} \right) = \frac{1}{15,628} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,88}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,0077$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0077 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0077 \cdot 250 \cdot 452 \\ &= 770,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{SD16}}} \\ &= \frac{770,36}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= 3,83 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur tarik 4-D16 ($A_s = 794 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot ts) - (2 \cdot \Phi) - (n_{\text{lapis}} \cdot D)}{(n_{\text{lapis}} - 1)} \\ &= \frac{250 - (2 \cdot 30) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 16)}{(4 - 1)} \\ &= 35,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan Lentur Tekan

$$\begin{aligned} A_{\text{S}'} &= 0,5 \cdot A_{\text{Sperlu}} \\ &= 0,5 \cdot 770,36 \\ &= 385,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{\text{S}'}}{A_{\text{SD16}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{385,18}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2} \\
 &= 1,92 \approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan 2-D16 ($A_s = 397 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= \frac{b - (2 \cdot ts) - (2 \cdot \Phi) - (n_{lapis} \cdot D)}{(n_{lapis} - 1)} \\
 &= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{(2 - 1)} \\
 &= 138 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Penggunaan Faktor Reduksi

1. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_{s_{pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{770,36.400}{0,85 \cdot 30.250} = 49,82 \text{ mm}$$

2. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7} \\
 &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (30 - 28)}{7} \\
 &= 0,84 \geq 0,65 \quad \mathbf{OK!}
 \end{aligned}$$

3. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{49,82}{0,84} = 59,61 \text{ mm}$$

4. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (402 - 59,61)}{59,61} = 0,017 > 0,005 \quad \mathbf{OK!}$$

5. Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned}
 \phi Mn &= \phi \cdot A_{s_{pasang}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,8 \cdot 770,36 \cdot 400 \cdot \left(402 - \frac{49,82}{2} \right) \\
 &= 95811077,02 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

6. Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$95.811.077,02 \text{ Nmm} > 93.141.000 \text{ Nmm} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Penulangan Geser

$$V_u = 56523,8 \text{ N}$$

$$\text{Faktor reduksi geser } \phi = 0.75$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 402 = 91743,53 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 91743,53 = 68807,65 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 68807,65 = 34403,82 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11, bila V_u kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c), maka tidak perlu diperhitugkan tulangan geser. Karena $0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 402 = 183487,06 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ hitung} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{56523,8 - 68807,65}{0,75} = -16378,46 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ hitung} = -16378,46 \text{ mm} < V_s \text{ min} = 183487,06 \text{ mm}$$

Maka pakai $V_s \text{ min} = 183487,06 \text{ mm}$ untuk menentukan nilai S , dimana sebagai berikut:

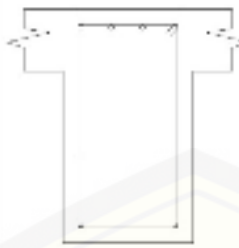
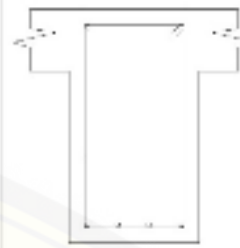
$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 402}{183487,06} = 137,59 \text{ mm} \approx 130 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan geser $\phi 10 - 130$

Gambar Detail

Hasil dari perhitungan penulangan balok anak diatas menghasilkan gambar detail. Dapat dilihat pada gambar 5.5 berikut:

Kode Balok	B6	
	Tumpuan	Lasangan
		
Dimensi	250 x 450	250 x 450
Tu. Atas	4-D16	2-D16
Tu. Bawah	2-D16	4-D16
Sengkang	Ø10-130	Ø10-130

Gambar 5.7 Detail Balok B6

5.10.3 Penulangan Balok Anak As.4-H.P

Pada penulangan balok anak dengan ukuran 30cm x 50cm As.4-H.P, nilai momen diperoleh dari hasil analisa SAP yang terbesar yaitu frame 8080 adalah 195813100 Nmm, dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut:



Gambar 5.8 Hasil Pemodelan Balok Anak As 4.H.P

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$L = 7.200 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 500 - 48 = 452 \text{ mm}$$

Kontrol Tulangan Rangkap atau Tunggal

$$Cb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 452 = 271,2 \text{ mm}$$

$$c = 0,75 \times 271,2 = 203,4 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,84 \cdot 203,4 = 169,98 \text{ mm}$$

$$C_C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 169,98 = 1300379,79 \text{ N}$$

$$A_s = \frac{c}{f_y} = \frac{203,4}{400} = 3250,95 \text{ mm}^2$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d \cdot \frac{a}{2}\right) = 3250,95 \cdot 400 \cdot \left(452 \cdot \frac{169,981}{2}\right) = 477249598,6 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 477249598,6 = 381799678,9 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$381.799.678,9 \text{ Nmm} > 195.813.100 \text{ Nmm} \rightarrow \text{pakai tulangan tunggal}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{195813100}{0,8 \cdot 300 \cdot 452^2} = 3,99$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = \frac{1}{15,628} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 3,99}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,0109$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0109 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0109 \cdot 300 \cdot 452 \\ &= 1480,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s D16} \\ &= \frac{1480,59}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= 7,37 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur tarik 8-D16 ($A_s = 1590 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 2 lapis

$$S_{\text{max}} = \frac{b - (2 \cdot ts) - (2 \cdot \Phi) - (n_{\text{lapis}} \cdot D)}{(n_{\text{lapis}} - 1)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{300 - (2.30) - (2.10) - (4.16)}{(4 - 1)} \\
 &= 52 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Tulangan Lentur Tekan

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,5 \cdot A_{S\text{perlu}} \\
 &= 0,5 \cdot 1590 \\
 &= 795,29 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_s'}{A_{sD16}} \\
 &= \frac{356,99}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2} \\
 &= 3,68 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan 4-D16 ($A_s = 794 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot t_s) - (2 \cdot \Phi) - (n_{\text{lapis}} \cdot D)}{(n_{\text{lapis}} - 1)} \\
 &= \frac{300 - (2.40) - (2.10) - (4.16)}{(4 - 1)} \\
 &= 52 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Penggunaan Faktor Reduksi

1. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_{s\text{pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1590.400}{0,85 \cdot 30.200} = 83,137 \text{ mm}$$

2. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7} \\
 &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (30 - 28)}{7} \\
 &= 0,84 \geq 0,65 \quad \mathbf{OK!}
 \end{aligned}$$

3. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{83,137}{0,84} = 99,48 \text{ mm}$$

4. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (452 - 99,48)}{99,48} = 0,0106 > 0,005 \text{ OK!}$$

5. Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \cdot A_{s_{pasang}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 1590 \cdot 400 \cdot \left(452 - \frac{83,137}{2} \right) \\ &= 208827482,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

6. Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi Mn > Mu$$

$$208.827.482,4 \text{ Nmm} > 195.813.100 \text{ Nmm} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Penulangan Geser

$$V_u = 109376,4 \text{ N}$$

Faktor reduksi geser $\phi = 0.75$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 452 = 123785,3 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 123785,3 = 92838,97 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 92838,97 = 46419,49 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11, bila V_u kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c), maka tidak perlu diperhitungkan tulangan geser. Karena $V_u > \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser minimum.

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 452 = 247570,6 \text{ mm}$$

$$V_{s \text{ hitung}} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{109376,4 - 92838,97}{0,75} = 22049,9 \text{ mm}$$

$$V_{s \text{ hitung}} = 22049,9 \text{ mm} < V_{s \text{ min}} = 247570,6 \text{ mm}$$

Maka pakai $V_s \text{ min} = 247570,6 \text{ mm}$ untuk menentukan nilai S , dimana sebagai berikut:

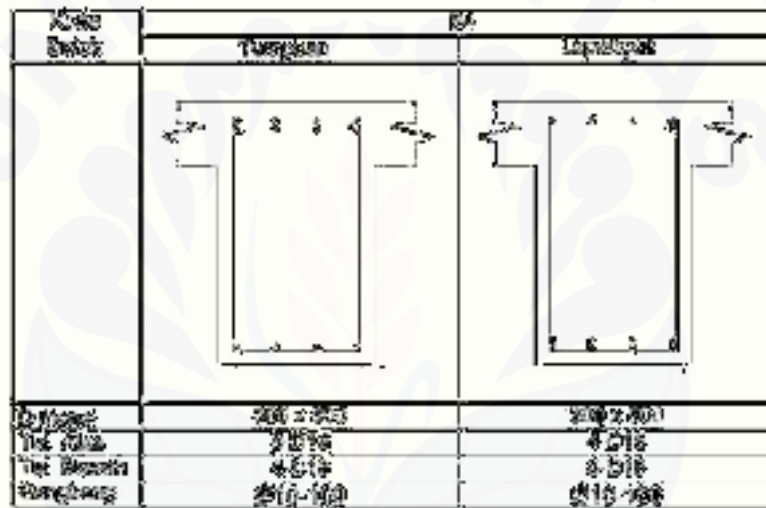
$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 452}{247570,6} = 114,66 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan geser $\text{Ø}10 - 100$

Gambar Detail

Hasil dari perhitungan penulangan balok anak diatas menghasilkan gambar detail. Dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut:



Gambar 5.9 Detail Balok B4

5.11 Perencanaan Balok Lift

5.11.1 Data Perencanaan

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok- balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai dengan

data-data spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe Lift : Passenger Elevator
- Persons : 13
- Kapasitas : 900 Kg
- Kecepatan : 1,50 m/det

- e. Motor : 5,6 KW Dimensi sangkar (car size)
 - Car Wide (CW) : 1600 mm
 - Car Depth (CD) : 1350 mm
 - Opening : 900 mm x 2100 mm
- f. Dimensi ruang luncur (Hoistway)
 - Hoistway width (HW) : 2400 mm
 - Hoistway Depth (HD) : 2600 mm
- g. Beban reaksi ruang mesin
 - R1 : 5100 kg
 - R2 : 3750 kg

5.11.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift

Data desain balok lift :

- a. Mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa $\rightarrow \beta_1=0,84$
- b. Mutu Baja (f_y) = 400 MPa
- c. Tinggi balok (h) = 500 mm
- d. Lebar Balok (b) = 300 mm
- e. Selimut Beton = 40 mm
- f. Diameter Tul. Lentur (\emptyset) = 16 mm
- g. Diameter Tul. Sengkang (\emptyset) = 10 mm

5.11.3 Pembebanan Balok Lift

- a. Beban yang bekerja pada balok penumpang

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift +berat kereta luncur +perlengkapan dan akibat bandul pemberat +perlengkapan.

- b. Koefisien kejutan beban hidup oleh keran

Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil

beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana :

Ψ = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

v = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s.

k_1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

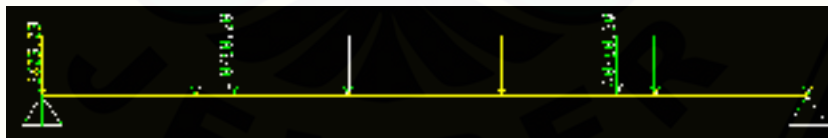
k_2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah

$$\begin{aligned} P &= R_1 \times \Psi = 5100 \times (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \\ &= 9078 \text{ kg} \\ &= 90,78 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$q_d = 0,3 \times 0,5 \times 24 = 3,6 \text{ KN/m}$$

maka nilai tersebut dapat dilustrasikan seperti pada gambar 5.10 Berikut:

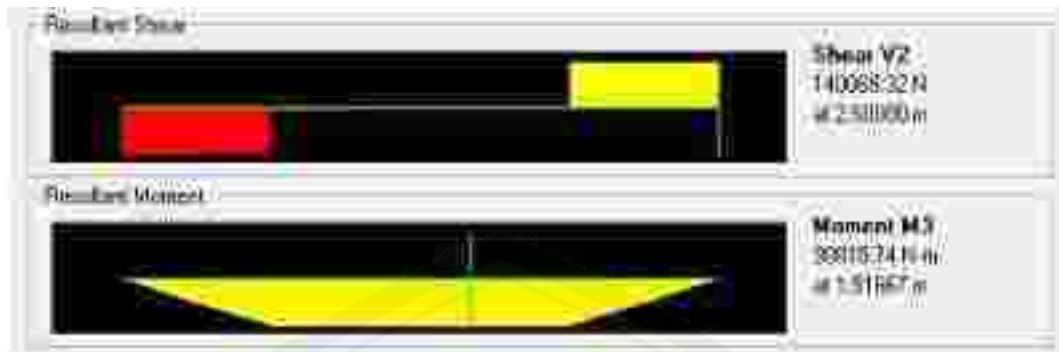


Gambar 5.10 Ilustrasi Pembebanan Balok Lift

5.11.4 Desain Tulangan Lentur Balok Lift

a. Analisa Gaya Dalam Balok Lift

Dalam mencari gaya dalam balok lift digunakan program bantu analisis sehingga didapatkan gaya dalam seperti pada Gambar 5.18 untuk momen dan Gambar 5.11 untuk gaya geser.



Gambar 5.11 Ilustrasi Pembebanan Balok Lift

b. Data Perencanaan

Data yang diketahui adalah sebagai berikut:

$$M_u = 90810740 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 140069,32 \text{ N}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$L = 2.600 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 500 - 48 = 442 \text{ mm}$$

Kontrol Tulangan Rangkap atau Tunggal

$$Cb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 442 = 265,2 \text{ mm}$$

$$c = 0,75 \times 265,2 = 198,9 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,84 \cdot 198,9 = 169,98 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 169,98 = 1271610,321 \text{ N}$$

$$A_s = \frac{c}{f_y} = \frac{198,9}{400} = 3179,026 \text{ mm}^2$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d \cdot \frac{a}{2} \right) = 3179,026 \cdot 400 \cdot \left(442 \cdot \frac{169,98}{2} \right) = 456365957,5 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 456365957,5 = 365092766 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$365.092.766 \text{ Nmm} > 90.810.740 \text{ Nmm} \rightarrow \text{pakai tulangan tunggal}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{90810740}{0,8 \cdot 300 \cdot 442^2} = 1,94$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c}} \right) = \frac{1}{15,628} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,94}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,005$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,005 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \rightarrow \text{pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,005 \cdot 300 \cdot 442 \\ &= 668,475 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{SD16}}} \\ &= \frac{668,475}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= 3,33 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur tarik 4-D16 ($A_s = 794 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{b - (2 \cdot ts) - (2 \cdot \Phi) - (n_{\text{lapis}} \cdot D)}{(n_{\text{lapis}} - 1)} \\ &= \frac{300 - (2 \cdot 30) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 16)}{(4 - 1)} \\ &= 45,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan Lentur Tekan

$$\begin{aligned} A_{\text{S}'} &= 0,5 \cdot A_{\text{Sperlu}} \\ &= 0,5 \cdot 794 \\ &= 397,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{\text{S}'}}{A_{\text{SD16}}} \\ &= \frac{397,00}{0,25 \cdot \pi \cdot 16^2} \\ &= 1,66 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan 3-D13 ($A_s = 380 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$\begin{aligned} S_{max} &= \frac{b - (2 \cdot ts) - (2 \cdot \Phi) - (n_{lapis} \cdot D)}{(n_{lapis} - 1)} \\ &= \frac{300 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (4 \cdot 13)}{(3 - 1)} \\ &= 76 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol Penggunaan Faktor Reduksi

7. Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_{s_{pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{794.400}{0,85 \cdot 30.300} = 41,52 \text{ mm}$$

8. Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7} \\ &= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (30 - 28)}{7} \\ &= 0,84 \geq 0,65 \quad \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

9. Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{41,52}{0,84} = 49,68 \text{ mm}$$

10. Regangan tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \cdot (d - c)}{c} = \frac{0,003 \cdot (442 - 49,68)}{49,68} = 0,02 > 0,005 \quad \mathbf{OK!}$$

11. Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_{s_{pasang}} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 794 \cdot 400 \cdot \left(442 - \frac{41,52}{2} \right) \\ &= 107029124,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

12. Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$107.029.124,2 \text{ Nmm} > 90.810.740 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{memenuhi}$$

Penulangan Geser

$$V_u = 140069.32 \text{ N}$$

Faktor reduksi geser $\phi = 0.75$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 442 = 121046,685 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 121046,685 = 90785,014 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 90785,014 = 45392,51 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11, bila V_u kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c), maka tidak perlu diperhitugkan tulangan geser. Karena $V_u > \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser minimum.

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 442 = 242093,37 \text{ mm}$$

$$V_{s \text{ hitung}} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{140069.32 - 90785,014}{0,75} = 65712,41 \text{ mm}$$

$$V_{s \text{ hitung}} = 65712,41 \text{ mm} < V_{s \text{ min}} = 242093,37 \text{ mm}$$

Maka pakai $V_{s \text{ min}} = 242093,37 \text{ mm}$ untuk menentukan nilai S, dimana sebagai berikut:

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 400 \cdot 442}{242093,37} = 114,66 \text{ mm} \approx 110 \text{ mm}$$

\therefore Digunakan tulangan geser $\phi 10 - 110$

Gambar Detail

Hasil dari perhitungan penulangan balok lift diatas menghasilkan gambar detail. Dapat dilihat pada gambar 5.12 berikut:

Kode Balok	Balok Lift	
	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400 x 600	900 x 600
Tul. Atas	4-D16	3-D13
Tul. Bawah	3-D13	4-D16
Sengkang	$\phi 10 - 110$	$\phi 10 - 110$

Gambar 5.12 Detail Balok Lift

BAB 6. PERHITUNGAN PEMBEBANAN

6.1 Sistem Pembebanan Portal

Perhitungan pembebanan gravitasi menggunakan sistem atau metode amplop dengan menggunakan sudut 45 derajat. Ada dua beban yang dihasilkan dari sistem amplop yaitu segitiga dan trapesium.

Contoh perhitungan sistem amplop pada pelat A sebagai berikut:

a. Trapesium

$$\begin{aligned} Q_{ek} &= \frac{1}{2} q \frac{Ly}{Lx^2} \left(Lx^2 - \frac{1}{3} \cdot Ly^2 \right) \\ &= \frac{1}{2} q \frac{4,8}{3,6^2} \left(3,6^2 - \frac{1}{3} \cdot 4,8^2 \right) \\ &= 2,633 \cdot q \end{aligned}$$

b. Segitiga

$$\begin{aligned} Q_{ek} &= \frac{1}{3} q Lx \\ &= \frac{1}{3} q 3,6 \\ &= 2,16 \cdot q \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil penulangan pelat tangga dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut:

Pelat 6.1 Perhitungan Sistem Amplop Trapesium dan Segituga

Pelat	Ly	Lx	Lny	Lnx	t	Trap	Segitiga
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	q ek	q ek
A	4.8	3.6	4.45	3.35	1.8	2.633	2.16
B	4.8	3	4.45	2.7	1.5	1.957	1.5
C	6.6	2.4	6.3	2.1	1.2	1.377	0.96
D	7.2	2.4	6.9	2.075	1.2	1.387	0.96
E	2.4	2	2.075	1.85	1	0.769	0.67
F	2.7	2.25	2.4	2	1.125	0.973	0.84
G	3.6	1.5	3.4	1.225	0.75	0.530	0.375
H	3	1.5	2.65	1.25	0.75	0.516	0.375
Kantilever							
I	3.3	1.5	2.95	1.35	1.5	1.048	0.75
J	4.8	1.5	4.45	1.35	1.5	1.088	0.75
K	7.2	1.5	6.9	1.325	1.5	1.109	0.75
L	6.6	1.5	6.3	1.325	1.5	1.106	0.75
M	3.6	1.5	3.3	1.325	1.5	1.060	0.75

Dari tabel 6.1 di atas didapat nilai pembabanan trapesium dan segitiga dari masing-masing pelat yang akan didistribusikan sebagai faktor pengali beban.

6.2 Pembebanan Pelat Lantai (Bentang Pendek)

1 Portal $A.1.3 = A.9.11 = W.1.3 = W.9.11$

Balok $0.3 \quad x \quad 0.2$

Beban Mati Jml Portal **4**

Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat
Pelat	2400 kg/m ³	1 0.12	0.52	148.5 kg/m
Spesi	21 kg/m ³	1 3	0.52	32.48 kg/m
Keramik	24 kg/m ³	1 1	0.52	12.375 kg/m
Plafond	18 kg/m ³	1 1	0.52	9.28 kg/m
Balok	2400 kg/m ³	0.3 0.2	1	144 kg/m
Dinding	250 kg/m ³	0.15 4.2	1	157.5 kg/m
Total				504.14 kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250 kg/m ²	1	0.52	128.91 kg/m
---------	-----------------------	---	------	--------------------

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = \mathbf{811.22} \quad \text{kg/m}$

- 2 Portal $B.5.6 = B.6.8 = H.8.10 = P.8.10 = V.5.6 = V.6.8$
 Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	6
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	3.72	1071.61	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	3.72	234.42	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	3.72	89.30	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	3.72	66.98	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1979.81	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		3.72	930.22	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{3864.12} \text{ kg/m}$$

- 3 Portal $B.2.5 = B.8.10 = V.2.5 = V.8.10$
 Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	3.94	1134.10	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	3.94	248.08	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	3.94	94.51	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	3.94	70.88	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						2065.07	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		3.94	984.46	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{4053.22} \text{ kg/m}$$

- 4 Portal B.1.2 = B.10.11 = V.1.2 V.10.11
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat				
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	0.63	182.25	kg/m		
Spesi	21	kg/m ³	1 3	0.63	39.87	kg/m		
Keramik	24	kg/m ³	1 1	0.63	15.19	kg/m		
Plafond	18	kg/m ³	1 1	0.63	11.39	kg/m		
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1	360	kg/m		
Dinding	250	kg/m ³	0.15 4.2	1	157.5	kg/m		
Total					766.20	kg/m		

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	0.63	158.20	kg/m	
---------	-----	-------------------	---	------	---------------	-------------	--

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 1172.56 \text{ kg/m}$$

- 5 Portal C.2.5 = C.5.6 = C.6.8 = C.8.10 = L.5.6 = U.2.5 = U.5.6 = U.6.8 = U.8.10
= F.5.6 = F.6.8 = F.8.10 = R.5.6 = R.6.8 = R.8.10
Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati							Jml Portal	15
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat				
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	5.27	1516.32	kg/m		
Spesi	21	kg/m ³	1 3	5.27	331.70	kg/m		
Keramik	24	kg/m ³	1 1	5.27	126.36	kg/m		
Plafond	18	kg/m ³	1 1	5.27	94.77	kg/m		
Balok	2400	kg/m ³	0.3 0.2	1	144	kg/m		
Dinding	250	kg/m ³	0.15 4.2	1	157.5	kg/m		
Total					2370.65	kg/m		

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	5.27	1316.25	kg/m	
---------	-----	-------------------	---	------	----------------	-------------	--

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 4950.77 \text{ kg/m}$$

6 Portal C.1.2 = C.10.11 = U.1.2 = U.10.11

Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati						Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	0.38	108	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1 3	0.38	23.625	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1 1	0.38	9	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	0.38	6.75	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.3 0.2	1	144	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15 4.2	1	157.5	kg/m	
Total					448.88	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	0.38	93.75	kg/m	
---------	-----	-------------------	---	------	--------------	-------------	--

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$

$$q_1 = \mathbf{688.65} \text{ kg/m}$$

7 Portal D.5.6 = D.6.8 = E.5.6 = E.6.8 = S.5.6 = S.6.8 = T.5.6 = T.6.8

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati						Jml Portal	8
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	4.59	1321.79	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1 3	4.59	289.14	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1 1	4.59	110.15	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	4.59	82.61	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15 4.2	1	157.5	kg/m	
Total					2321.19	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	4.59	1147.38	kg/m	
---------	-----	-------------------	---	------	----------------	-------------	--

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$

$$q_1 = \mathbf{4621.24} \text{ kg/m}$$

- 8 Portal D.2.5 = F.2.5 = R.2.5 = T.2.5
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	3.59	1034.64	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	3.59	226.33	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	3.59	86.22	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	3.59	64.67	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1929.35	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		3.59	898.13	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{3752.22} \text{ kg/m}$$

- 9 Portal D.8.10 = E.8.10 = S.8.10 = T.8.10
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.63	758.16	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	2.63	165.85	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	2.63	63.18	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	2.63	47.39	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1552.07	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		2.63	658.13	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{2915.49} \text{ kg/m}$$

10 Portal H.2.5 = P.2.5

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.55	1311.12	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	4.55	286.81	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	4.55	109.26	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	4.55	81.95	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						2306.63	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		4.55	1138.13	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	----------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6Lq₁ = **4588.96** kg/m

11 Portal H.6.8 = P.6.8

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	3.59	1034.64	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	3.59	226.33	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	3.59	86.22	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	3.59	64.67	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1929.35	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		3.59	898.13	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6Lq₁ = **3752.22** kg/m

12 Portal H.-2.2 = P.-2.2

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.97	280.13	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.97	61.28	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.97	23.34	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.97	17.51	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1085.75	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.97	243.16	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q₁ = **1691.97** kg/m

13 Portal H.5.6 = P.5.6

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	5.27	1516.32	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	5.27	331.70	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	5.27	126.36	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	5.27	94.77	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						2586.65	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		5.27	1316.25	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	----------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q₁ = **5209.97** kg/m

14 Portal J.-1.0 = J.-1.0

Balok 0.25 x 0.15

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.97	280.13	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.97	61.28	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.97	23.34	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.97	17.51	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.25	0.15	1	90	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						629.75	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.97	243.16	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q₁ = **1144.77** kg/m

15 Portal K.7.8 = M.7.8

Balok 0.25 x 0.15

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.77	221.33	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.77	48.42	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.77	18.44	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.77	13.83	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.25	0.15	1	901.44	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						549.53	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.77	192.13	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q₁ = **966.84** kg/m

6.3 Pembebanan Pelat Lantai (Bentang Panjang)

1 Portal -2.H.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	1
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	1.39	399.36	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	1.39	87.36	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	1.39	33.28	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	1.39	24.96	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1248.46	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		1.39	346.67	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q₁ = **2052.82** kg/m

2 Portal -1.H.P = O.H.P

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	3.07	885.36	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	3.07	193.6725	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	3.07	73.78	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	3.07	55.34	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1725.65	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		3.07	768.54	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q₁ = **3300.44** kg/m

- 3 Portal 1.B.C = 1.U.V = 11.B.C = 11.U.V
Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati						Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.53	152.63	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.53	33.39	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.53	12.72	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.53	9.54	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.3	0.2	1	144	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						509.77	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.53	132.49	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{823.70} \text{ kg/m}$$

- 4 Portal 5.F.H = 5.P.R
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.32	1244.16	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	4.32	272.16	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	4.32	103.68	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	4.32	77.76	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						2401.26	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		4.32	1080.00	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	----------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{4609.51} \text{ kg/m}$$

- 5 Portal 2.B.C = 2.U.V = 10.B.C = 10.U.V
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	2.69	774.71	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1 3	2.69	169.47	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1 1	2.69	64.56	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	2.69	48.42	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65 0.35	1	546	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15 4.2	1	157.5	kg/m	
Total					1760.65	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	2.69	672.49	kg/m	
---------	-----	-------------------	---	------	---------------	------	--

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{3188.76} \text{ kg/m}$$

- 6 Portal 2.C.D = 2.T.U = 10.C.D = 10.T.U = 2.F.H = 2.P.R
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	6
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	2.16	622.08	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1 3	2.16	136.08	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1 1	2.16	51.84	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	2.16	38.88	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65 0.35	1	546	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15 4.2	1	157.5	kg/m	
Total					1552.38	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	2.16	540.00	kg/m	
---------	-----	-------------------	---	------	---------------	------	--

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{2726.86} \text{ kg/m}$$

7 Portal 2.H.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	1
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.77	798.72	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	2.77	174.72	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	2.77	66.56	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	2.77	49.92	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						1793.42	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		2.77	693.33	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{3261.44} \text{ kg/m}$$

8 Portal 3.A.B = 3.V.W = 9.A.B = 9.V.W

Balok 0.2 x 0.15

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.75	216	kg/m	
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.75	47.25	kg/m	
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.75	18	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.75	13.50	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.2	0.15	1	72	kg/m	
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m	
Total						524.25	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.75	187.50	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{929.10} \text{ kg/m}$$

9 Portal 4.H.P

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati Jml Portal 1

Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat
Pelat	2400	kg/m ³ 1 0.12	2.77	798.72 kg/m
Spesi	21	kg/m ³ 1 3	2.77	174.72 kg/m
Keramik	24	kg/m ³ 1 1	2.77	66.56 kg/m
Plafond	18	kg/m ³ 1 1	2.77	49.92 kg/m
Balok	2400	kg/m ³ 0.5 0.3	1	360 kg/m
Dinding	250	kg/m ³ 0.15 4.2	1	157.5 kg/m
Total				1607.42 kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ² 1	2.77	693.33 kg/m
---------	-----	---------------------	------	--------------------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{3038.24 \text{ kg/m}}$$

10 Portal 4.D.F = 4.R.T

Balok 0.45 x 0.25

Beban Mati Jml Portal 2

Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat
Pelat	2400	kg/m ³ 1 0.12	1.38	396.44 kg/m
Spesi	21	kg/m ³ 1 3	1.38	86.72 kg/m
Keramik	24	kg/m ³ 1 1	1.38	33.04 kg/m
Plafond	18	kg/m ³ 1 1	1.38	24.78 kg/m
Balok	2400	kg/m ³ 0.45 0.25	1	270 kg/m
Dinding	250	kg/m ³ 0.15 4.2	1	157.5 kg/m
Total				968.48 kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ² 1	1.38	344.13 kg/m
---------	-----	---------------------	------	--------------------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{1712.78 \text{ kg/m}}$$

11 Portal 5.B.D = 5.T.V = G.B.D = 6.E.H = 6.P.S = 6.T.V = 8.B.D = 8.E.H =
8.P.S = 8.TV

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	10
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	8.64	2488.32	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	8.64	544.32	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	8.64	207.36	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	8.64	155.52	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						4099.02	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	8.64	2160.00	kg/m
---------	-----	-------------------	---	------	----------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q1 = **8871.62** kg/m

12 Portal 5.D.E = 5.S.T

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.13	612.20	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	2.13	133.92	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	2.13	51.02	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	2.13	38.26	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						1538.90	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	2.13	531.42	kg/m
---------	-----	-------------------	---	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

q1 = **2696.96** kg/m

13 Portal 5.H.P = 6.H.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	5.71	1643.52	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	5.71	359.52	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	5.71	136.96	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	5.71	102.72	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						2946.22	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		5.71	1426.67	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	----------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{5818.13} \text{ kg/m}$$

14 Portal 5.A.B = 5.V.W = 8.A.B = 8.V.W

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.75	216	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.75	47.25	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.75	18	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.75	13.50	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						998.25	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.75	187.50	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = \mathbf{1497.90} \text{ kg/m}$$

15 Portal 6.A.B = 6.V.W

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.75	216	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.75	47.25	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.75	18	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.75	13.50	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						998.25	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.75	187.50	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 1497.90 \text{ kg/m}$$

16 Portal 6.D.E = 6.S.T

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	3.00	864	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	3.00	189	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	3.00	72	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	3.00	54.00	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						1882.50	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		3.00	750.00	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 3459.00 \text{ kg/m}$$

17 Portal 7.H.P

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati						Jml Portal	1
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.05	591.36	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	2.05	129.36	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	2.05	49.28	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	2.05	36.96	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						1324.46	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		2.05	513.33	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 2410.69$ kg/m

18 Portal 8.D.E = 8.S.T

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	1.50	432	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	1.50	94.5	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	1.50	36	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	1.50	27.00	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						1293.00	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		1.50	375.00	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 2151.60$ kg/m

19 Portal 8.K.M

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	1
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.67	192	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.67	42	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.67	16	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.67	12.00	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						965.50	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.67	166.67	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 1425.27 \text{ kg/m}$

20 Portal 10.H.I = 10.O.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.38	108	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.38	23.625	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.38	9	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.38	6.75	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						850.88	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.38	93.75	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	--------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 1171.05 \text{ kg/m}$

21 Portal 10.E.G = 10.P.S

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.32	1244.16	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	4.32	272.16	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	4.32	103.68	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	4.32	77.76	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						2401.26	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		4.32	1080.00	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	----------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 4609.51$ kg/m

22 Portal 2.H.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	1
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	1.39	399.36	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	1.39	87.36	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	1.39	33.28	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	1.39	24.96	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						1248.46	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		1.39	346.67	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 2052.82$ kg/m

23 Portal 5.E.F = 5.R.S

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.91	838.3202	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	2.91	183.3825	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	2.91	69.86002	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	2.91	52.40	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						1847.46	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		2.91	727.71	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	---------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 3381.28 \text{ kg/m}$$

24 Portal 1.A.B = 1.V.W = 11.A.B = 11.V.W

Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati						Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.38	108	kg/m
Spesi	21	kg/m ³	1	3	0.38	23.625	kg/m
Keramik	24	kg/m ³	1	1	0.38	9	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.38	6.75	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.3	0.2	1	144	kg/m
Dinding	250	kg/m ³	0.15	4.2	1	157.5	kg/m
Total						448.88	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1		0.38	93.75	kg/m
---------	-----	-------------------	---	--	------	--------------	------

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 688.65 \text{ kg/m}$$

6.4 Pembebanan Pelat Atap (Bentang Pendek)

- 1 Portal $A.1.3 = A.9.11 = W.1.3 = W.9.11$
Balok $0.3 \quad x \quad 0.2$

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	0.52		148.5	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	0.52		9.28	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.3 0.2	1		144	kg/m	
Total						301.78	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1 1	0.52		128.91	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	0.52		25.78	kg/m
Total						154.69	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 609.64 \quad \text{kg/m}$

- 2 Portal $B.5.6 = B.6.8 = H.8.10 = P.8.10 = V.5.6 = V.6.8$
Balok $0.5 \quad x \quad 0.3$

Beban Mati							Jml Portal	6
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	3.72		1071.61	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	3.72		66.98	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1		360	kg/m	
Total						1498.59	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1 1	3.72		930.22	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	3.72		186.04	kg/m
Total						1116.26	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 3584.33 \quad \text{kg/m}$

- 3 Portal B.2.5 = B.8.10 = V.2.5 = V.8.10
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	3.94		1134.10	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	3.94		70.88	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1		360	kg/m	
Total						1564.98	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1 1	3.94		984.46	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	3.94		196.89	kg/m
Total						1181.35	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 3768.13 \text{ kg/m}$

- 4 Portal B.1.2 = B.10.11 = V.1.2 V.10.11
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	0.63		182.25	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	0.63		11.39	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1		360	kg/m	
Total						553.64	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1 1	0.63		158.20	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	0.63		31.64	kg/m
Total						189.84	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 968.12 \text{ kg/m}$

5 Portal C.2.5 = C.5.6 = C.6.8 = C.8.10 = L.5.6 = U.2.5 = U.5.6 = U.6.8 =
U.8.10 = F.5.6 = F.6.8 = F.8.10 = R.5.6 = R.6.8 = R.8.10

Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati							Jml Portal	15
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	5.27	1516.32	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	5.27	94.77	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.3	0.2	1	144	kg/m	
Total							1755.09	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	1	5.27	1316.25	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	5.27	263.25	kg/m	
Total							1579.50	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **4633.31** kg/m

6 Portal C.10.11 = U.10.11

Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.38	108	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	0.38	6.75	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.3	0.2	1	144	kg/m	
Total							258.75	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1	1	0.38	93.75	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	0.38	18.75	kg/m	
Total							112.50	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **490.50** kg/m

- 7 Portal D.5.6 = D.6.8 = E.5.6 = E.6.8 = S.5.6 = S.6.8 = T.5.6 = T.6.8 = D.2.5
 = T.2.5
 Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	10
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.59	1321.79	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	4.59	82.61	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m	
Total							1764.40	kg/m

Beban Hidup								
B. Guna	250	kg/m ²	1	1	4.59	1147.38	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	4.59	229.48	kg/m	
Total							1376.86	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 4320.25$ kg/m

- 8 Portal E.2.5 = S.2.5
 Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.59	1321.79	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	1	4.59	82.61	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.3	0.2	1	144	kg/m	
Total							1548.40	kg/m

Beban Hidup								
B. Guna	250	kg/m ²	1	1	4.59	1147.38	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	4.59	229.48	kg/m	
Total							1376.86	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 4061.05$ kg/m

- 9 Portal D.1.2 = F.1.2 = R.1.2 = T.1.2
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	0.75		216.00	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	0.75		13.50	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1		360	kg/m	
Total						1165.55	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1 1	0.75		187.50	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	0.75		37.50	kg/m
Total						789.75	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **1067.40** kg/m

- 10 Portal H.2.5 = P.2.5 = H.6.8 = P.6.8
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	4.55		1311.12	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	4.55		81.95	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1		360	kg/m	
Total						1753.07	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	250	kg/m ²	1 1	4.55		1138.13	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	4.55		227.63	kg/m
Total						1365.75	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **4288.88** kg/m

11 Portal C.1.2 = U.1.2

Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati Jml Portal 2

Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat
Pelat	2400 kg/m ³	1 0.12	0.75	216.00 kg/m
Plafond	18 kg/m ³	1 1	0.75	13.50 kg/m
Balok	2400 kg/m ³	0.3 0.2	1	144 kg/m
Total				373.50 kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250 kg/m ²	1 1	0.75	187.50 kg/m
B. Hujan	1000 kg/m ²	1 0.05	0.75	37.50 kg/m
Total				225.00 kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 808.20 \text{ kg/m}$$

12 Portal H.1.2 = P.1.2

Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati Jml Portal 2

Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat
Pelat	2400 kg/m ³	1 0.12	0.75	216.00 kg/m
Plafond	18 kg/m ³	1 1	0.75	13.50 kg/m
Balok	2400 kg/m ³	0.5 0.3	1	360 kg/m
Total				589.50 kg/m

Beban Hidup

B. Guna	250 kg/m ²	1 1	0.75	187.50 kg/m
B. Hujan	1000 kg/m ²	1 0.05	0.75	37.50 kg/m
Total				225.00 kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L

$$q_1 = 1067.40 \text{ kg/m}$$

- 13 Portal H.5.6 = P.5.6 = F.2.5 = R.2.5
Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	5.27		1516.32	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	5.27		94.77	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.5 0.3	1		360	kg/m	
Total						1971.09	kg/m	

Beban Hidup							
B. Guna	250	kg/m ²	1 1	5.27		1316.25	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	5.27		263.25	kg/m
Total						1579.50	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **4892.51** kg/m

6.5 Pembebanan Pelat Atap (Bentang Panjang)

- 1 Portal 2.C.D = 2.F.H = 2.P.R = 2.T.U
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	3.22		927.33	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 1	3.22		57.96	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65 0.35	1		546	kg/m	
Total						1531.29	kg/m	

Beban Hidup							
B. Guna	100	kg/m ²	1 1	3.22		321.99	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1 0.05	3.22		160.99	kg/m
Total						482.98	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **2610.32** kg/m

- 2 Portal 2.D.F = 2.R.T
Balok 0.8 x 0.5

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.77	1372.501	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	4.77	1372.50	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m
Total						3291.00	kg/m

Beban Hidup							
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	4.77	476.56	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	4.77	238.28	kg/m
Total						714.84	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **5092.95** kg/m

- 3 Portal 1.B.C = 1.U.V = 11.B.C = 11.U.V
Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati						Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.53	152.63	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	0.53	152.63	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.3	0.2	1	144	kg/m
Total						449.25	kg/m

Beban Hidup							
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	0.53	52.99	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	0.53	26.50	kg/m
Total						79.49	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **666.29** kg/m

4 Portal 10.E.G = 10.P.S

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.32	1244.16	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	4.32	1244.16	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total							3034.32	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	4.32	432.00	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	4.32	216.00	kg/m	
Total							648.00	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 4677.98$ kg/m

5 Portal 2.B.C = 2.U.V = 10.B.C = 10.U.V

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.69	774.71	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	2.69	774.71	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total							2095.41	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	2.69	268.99	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	2.69	134.50	kg/m	
Total							403.49	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 3160.08$ kg/m

6 Portal 10.C.D = 10.T.U

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.16	622.08	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	2.16	622.08	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total							1790.16	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	2.16	216.00	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	2.16	108.00	kg/m	
Total							324.00	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 2666.59$ kg/m

7 Portal 2.H.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	1
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.50	718.6725	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	2.50	718.6725	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total							1983.35	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	2.50	249.54	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	2.50	124.77	kg/m	
Total							374.31	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 2978.91$ kg/m

- 8 Portal $3.A.B = 3.V.W = 9.A.B = 9.V.W$
 Balok 0.2 x 0.15

Beban Mati						Jml Portal	4
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.75	216	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	0.75	216	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.2	0.15	1	72	kg/m
Total						504.00	kg/m

Beban Hidup							
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	0.75	75.00	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	0.75	37.50	kg/m
Total						112.50	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 784.80$ kg/m

- 9 Portal $4.H.P = 7.H.P$
 Balok 0.5 x 0.3

Beban Mati						Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat	
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	2.77	798.72	kg/m
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	2.77	798.72	kg/m
Balok	2400	kg/m ³	0.5	0.3	1	360	kg/m
Total						1957.44	kg/m

Beban Hidup							
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	2.77	277.33	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	2.77	138.67	kg/m
Total						416.00	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 3014.53$ kg/m

- 10 Portal 5.F.H = 5.P.R = 5.E.F = 5.R.S
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	4.32	1244.16	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	4.32	1244.16	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total						3034.32	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	4.32	432.00	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	4.32	216.00	kg/m
Total						648.00	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **4677.98** kg/m

- 11 Portal 5.B.D = 5.T.V = 6.B.D = 6.E.H = 6.P.S = 6.T.V = 8.B.D = 8.E.H
= 8.P.S = 8.T.V

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	10
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	8.64	2488.32	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	8.64	2488.32	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total						5522.64	kg/m	

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	8.64	864.00	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	8.64	432.00	kg/m
Total						1296.00	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **8700.77** kg/m

12 Portal 10.H.I = 10.O.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati Jml Portal 2

Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat
Pelat	2400 kg/m ³	1 0.12	0.38	108 kg/m
Plafond	18 kg/m ³	1 0.12	0.375	108 kg/m
Balok	2400 kg/m ³	0.65 0.35	1	546 kg/m
Total				762.00 kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100 kg/m ²	1 1	0.38	37.50 kg/m
B. Hujan	1000 kg/m ²	1 0.05	0.38	18.75 kg/m
Total				56.25 kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 1004.40 \text{ kg/m}$

13 Portal 5.H.P = 6.H.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati Jml Portal 2

Elemen	BJ	Dimensi	Faktor	Berat
Pelat	2400 kg/m ³	1 0.12	5.71	1643.52 kg/m
Plafond	18 kg/m ³	1 0.12	5.71	1643.52 kg/m
Balok	2400 kg/m ³	0.65 0.35	1	546 kg/m
Total				3833.04 kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100 kg/m ²	1 1	5.71	570.67 kg/m
B. Hujan	1000 kg/m ²	1 0.05	5.71	285.33 kg/m
Total				856.00 kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 5969.25 \text{ kg/m}$

- 14 Portal $5.A.B = 5.V.W = 8.A.B = 8.V.W$
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	0.75		216	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 0.12	0.75		216	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65 0.35	1		546	kg/m	
Total						978.00	kg/m	

Beban Hidup							
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	0.75	75.00	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	0.75	37.50	kg/m
Total						112.50	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 1353.60$ kg/m

- 15 Portal $6.A.B = 6.V.W$
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ	Dimensi	Faktor			Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1 0.12	0.75		216	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1 0.12	0.75		216	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65 0.35	1		546	kg/m	
Total						978.00	kg/m	

Beban Hidup							
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	0.75	75.00	kg/m
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	0.75	37.50	kg/m
Total						112.50	kg/m

Beban Terfaktor $1,2D + 1,6L$
 $q_1 = 1353.60$ kg/m

- 16 Portal 5.D.E = 5.S.T = 6.D.E = 6.S.T = 7.D.E = 7.S.T
Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	6
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	3.00	864	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	3	864	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total							2274.00	kg/m

Beban Hidup								
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	3.00	300.00	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	3.00	150.00	kg/m	
Total							450.00	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **3448.80** kg/m

- 17 Portal 1.A.B = 1.V.W = 11.A.B = 11.V.W
Balok 0.3 x 0.2

Beban Mati							Jml Portal	4
Elemen	BJ	Dimensi		Faktor	Berat			
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.38	108	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	0.38	108	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.3	0.2	1	144	kg/m	
Total							360.00	kg/m

Beban Hidup								
B. Guna	100	kg/m ²	1	1	0.38	37.50	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	0.38	18.75	kg/m	
Total							56.25	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
q₁ = **522.00** kg/m

18 Portal 10.D.E = 10.S.T

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	2
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	1.50	432	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	1.5	432	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total							1410.00	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	1.50	150.00	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	1.50	75.00	kg/m	
Total							225.00	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 2052.00$ kg/m

19 Portal 8.H.P

Balok 0.65 x 0.35

Beban Mati							Jml Portal	1
Elemen	BJ		Dimensi		Faktor	Berat		
Pelat	2400	kg/m ³	1	0.12	0.96	276.48	kg/m	
Plafond	18	kg/m ³	1	0.12	0.96	276.48	kg/m	
Balok	2400	kg/m ³	0.65	0.35	1	546	kg/m	
Total							1098.96	kg/m

Beban Hidup

B. Guna	100	kg/m ²	1	1	0.96	96.00	kg/m	
B. Hujan	1000	kg/m ²	1	0.05	0.96	48.00	kg/m	
Total							144.00	kg/m

Beban Terfaktor 1,2D + 1,6L
 $q_1 = 1549.15$ kg/m

6.6 Perhitungan Gaya Lateral Pada Struktur Akibat Beban Angin

Untuk perhitungan gaya lateran pada struktur gedung yang diakibatkan oleh beban angin, yaitu menggunakan perhitungan sebagai berikut:

- Beban angin tekan kolom

$$Q_1 = 0,9 \cdot W \cdot L$$

- Beban angin hisap kolom

$$Q_2 = -0,4 \cdot W \cdot L$$

Dalam pembagian beban lateral akibat angin diasumsikan terhadap arah X dan arah Y. Data yang diketahui adalah sebagai berikut:

- Bangunan jauh dari pantai, W : 25 kg/m²
- Tinggi lantai : 4,2 m
- Panjang balok arah X
 - As.1-A.C : 5,1 m
 - As.2-C.D : 3,6 m
 - As.3-D.F : 6,6 m
 - As.2-H.P : 7,2 m
- Panjang balok arah Y
 - As.A-1.3 : 3 m
 - As.A-3.5 : 3,3 m
 - As.A-5.6 : 4,8 m

Hasil perhitungan beban angin terhadap bangunan dapat dilihat pada tabel 6.1 dan tabel 6.2 berikut:

Tabel 6.1 Pembagian Beban Lateral Akibat Angin Arah X

tinggi Lantai	W kg/m ²	h m	Q angin (kg)							
			As.1-A.C L = 5.1 m		As.2-C.D L = 3.6 m		As.3-D.F L = 6.6 m		As.2-H.P L = 7.2 m	
			tekan	hisap	tekan	hisap	tekan	hisap	tekan	hisap
Atap	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4
8	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4
7	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4
6	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4
5	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4
4	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4
3	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4
2	25	4.2	481.95	-4129.35	340.2	-151.2	623.7	-277.2	680.4	-302.4

Tabel 6.2 Pembagian Beban Lateral Akibat Angin Arah Y

tinggi Lantai	W kg/m ²	h m	Qangin (kg)					
			As.1-A.C L = 3 m		As.2-C.D L = 3.3 m		As.3-D.F L = 4.8m	
			tekan	hisap	tekan	hisap	tekan	hisap
Atap	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6
8	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6
7	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6
6	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6
5	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6
4	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6
3	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6
2	25	4.2	283.5	-1428.84	311.85	-138.6	453.6	-201.6

6.7 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012, Pasal 7.8.6 disebutkan penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

$$\Delta = \frac{\delta \cdot Cd}{I}$$

$$\Delta a = \frac{0,015 \cdot h_{sx}}{\rho}$$

Dimana:

Δ = Simpangan antar lantai

Δa = Simpangan antar lantai ijin (SNI 1726-2012, Tabel 16)

Cd = Faktor pembesaran defleksi (SNI 1726-2012, Tabel 9)

I = Faktor keutamaan gempa (SNI 1726-2012, Tabel 2)

H_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

δ = Selisih simpangan antar lantai

ρ = Faktor redundansi (SNI 1726-2012, Pasal 7.3.4)

Untuk perhitungan simpangan antar lantai yang menggunakan program bantu SAP harus dilakukan kontrol simpangan dimana $\Delta a \text{ ijin} \geq \Delta$, dapat dilihat pada table 6.3 dan tabel 6.4 berikut:

Tabel 6.3 Simpangan Antar Lantai Arah X

lantai	Z mm	Cd	Simpangan (SAP) mm	I	ρ	Δ mm	Δa mm	$\Delta a \geq \Delta$
8	33600	5.5	21.5	1.5	1.3	78.83333	387.6923	memenuhi!
7	29400	5.5	20.4	1.5	1.3	74.8	339.2308	memenuhi!
6	25200	5.5	18.9	1.5	1.3	69.3	290.7692	memenuhi!
5	21000	5.5	15.3	1.5	1.3	56.1	242.3077	memenuhi!
4	16800	5.5	11.7	1.5	1.3	42.9	193.8462	memenuhi!
3	12600	5.5	8.7	1.5	1.3	31.9	145.3846	memenuhi!
2	8400	5.5	5.1	1.5	1.3	18.7	96.92308	memenuhi!
1	4200	5.5	1.5	1.5	1.3	5.5	48.46154	memenuhi!

Tabel 6.4 Simpangan Antar Lantai Arah Y

lantai	Z mm	Cd	Simpangan (SAP) mm	I	ρ	Δ mm	Δa mm	$\Delta a \geq \Delta$
8	33600	5.5	27.7	1.5	1.3	101.5667	387.6923	memenuhi!
7	29400	5.5	26.2	1.5	1.3	96.06667	339.2308	memenuhi!
6	25200	5.5	22.9	1.5	1.3	83.96667	290.7692	memenuhi!
5	21000	5.5	18.1	1.5	1.3	66.36667	242.3077	memenuhi!
4	16800	5.5	13.3	1.5	1.3	48.76667	193.8462	memenuhi!
3	12600	5.5	10	1.5	1.3	36.66667	145.3846	memenuhi!
2	8400	5.5	8.5	1.5	1.3	31.16667	96.92308	memenuhi!
1	4200	5.5	7	1.5	1.3	25.66667	48.46154	memenuhi!

Dari hasil perhitungan simpangan maksimum gedung arah x dan arah y pada menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat dari struktur jauh lebih kecil dari pada simpangan yang diijinkan sehingga kinerja struktur bangunan ini memenuhi ketentuan yang disyaratkan.

6.8 Validasi SAP

Untuk perhitungan pembebanan yang menggunakan program bantu SAP harus divalidasi terhadap perhitungan manual dengan toleransi kurang dari 10 persen.

$$\frac{P_{SAP} - P_{hitung}}{P_{SAP}} \cdot 100 \% < 10 \%$$

Data yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Balok Tipe 1 35 x 65 Balok Induk
- b. Balok Tipe 2 30 x 50 Balok Induk/Anak
- c. Balok Tipe 3 25 x 45 Balok Induk/Anak
- d. Balok Tipe 4 20 x 30 Balok Induk/Anak
- e. Kolom 75 x 75
- f. Tebal Pelat : 120 mm
- g. Tinggi lantai : 4.2 m
- h. Luas Tributani (AT) 7.2 x 4.8 : 34.56 m²

Beban Mati

Elemen	BJ	Dimensi	Jml	Berat	Sat.
Pelat	2400 kg/m ³	7.2 4.8 0.12	8	79626.24	kg
Balok Induk (35/65)	2400 kg/m ³	0.35 0.53 7.2	8	25643.52	kg
Balok Induk (30/50)	2400 kg/m ³	0.3 0.38 4.8	8	10506.24	kg
Balok Anak (30/50)	2400 kg/m ³	0.3 0.38 3.6	8	7879.68	kg
Balok Anak (20/30)	2400 kg/m ³	0.2 0.18 7.2	8	4976.64	kg
Kolom	2400 kg/m ³	0.75 0.75 4.2	7	39690	kg
Spesi	21 kg/m ³	7.2 4.8 3	7	15240.96	kg
Keramik	24 kg/m ³	7.2 4.8 1	7	5806.08	kg
Plafon	18 kg/m ³	7.2 4.8 1	8	4976.64	kg
Dinding, x	250 kg/m ²	10.8 1 4.2	7	79380	kg
Dinding, y	250 kg/m ²	12 1 4.2	7	88200	kg
Plumbing	10 kg/m ²	7.2 4.8 1	7	2419.2	kg
Ducting & ME	15 kg/m ²	7.2 4.8 1	7	3628.8	kg
Total				367974	kg

Beban Hidup

Elemen	BJ	Dimensi	Jml	Berat	Sat.
Beban Guna	250 kg/m ²	7.2 4.8	1 7	60480	kg
Beban Guna Atap	100 kg/m ²	7.2 4.8	1 1	3456	kg
Beban Air Hujan	1000 kg/m ³	7.2 4.8	0.05 1	1728	kg
Total				65664	kg

$$\text{Beban Terfaktor} = 1,2D + 1,6L$$

$$q_1 = \mathbf{546631.20} \text{ kg/m}$$

Beban terfaktor terbesar dari perhitungan SAP pada frame 433 adalah **57190.82 kg**

$$\frac{P_{SAP} - P_{hitung}}{P_{SAP}} \cdot 100 \% < 10 \%$$

$$\frac{57190.82 - 546631.20}{57190.82} \cdot 100 \% < 10 \%$$

$$4.60 \% < 10 \% \rightarrow \mathbf{OK!}$$

BAB 8. PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur yang dikerjakan dalam penyusunan Tugas Akhir “Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahn 8 Lantai di Kabupaten Jember Menggunakan Sitem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)” maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Didapatkan 13 macam tipe pelat dengan ketebalan 120 mm, dan tulangan yang digunakan pada tumpuan dan lapangan adalah Φ 10-180 sedangkan untuk tulngan bagi adalah Φ 10-200.
- b. Didapatkan desain pelat tangga dan pelat bordes dengan ketebalan 175 mm, dan tulangan yang digunakan adalah Φ 10-90 sedangkan untuk tulngan bagi adalah Φ 10-200.
- c. Didapatkan desain balok anak dengan 3 macam tipe ukuran yaitu:
 1. 300 mm x 500 mm (B4)
 - Tumpuan digunakan tulangan atas 8-D16, tulangan bawah 4-D16 dan sengkang Φ 10-100.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 4-D16, tulangan bawah 8-D16 dan sengkang Φ 10-100.
 2. 200 mm x 300 mm (B5)
 - Tumpuan digunakan tulangan atas 6-D19, tulangan bawah 3-D16 dan sengkang Φ 10-100.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 6-D19, tulangan bawah 3-D16 dan sengkang Φ 10-100.
 3. 250 mm x 450 mm (B6)
 - Tumpuan digunakan tulangan atas 4-D16, tulangan bawah 2-D16 dan sengkang Φ 10-100.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 2-D16, tulangan bawah 4-D16 dan sengkang Φ 10-100.
- d. Didapatkan desain balok induk dengan 4 macam tipe ukuran yaitu
 1. 350 mm x 650 mm (B1)

- Tumpuan digunakan tulangan atas 10-D22, tulangan bawah 5-D22 dan sengkang Φ 10-60.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 5-D22, tulangan bawah 10-D22 dan sengkang Φ 10-90.
2. 300 mm x 500 mm (B2)
- Tumpuan digunakan tulangan atas 4-D19, tulangan bawah 2-D19 dan sengkang Φ 10-110.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 3-D19, tulangan bawah 5-D19 dan sengkang Φ 10-150.
3. 350 mm x 650 mm (B3)
- Tumpuan digunakan tulangan atas 6-D19, tulangan bawah 3-D19 dan sengkang Φ 10-110.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 3-D19, tulangan bawah 5-D19 dan sengkang Φ 10-150.
4. 200 mm x 300 mm (B7)
- Tumpuan digunakan tulangan atas 2-D22, tulangan bawah 2-D16 dan sengkang Φ 10-60.
 - Lapangan digunakan tulangan atas 2-D13, tulangan bawah 2-D16 dan sengkang Φ 10-60.
- e. Didapatkan kolom dengan 2 macam tipe ukuran yaitu:
1. 750 mm x 750 mm (K-1) digunakan tulangan 16-D22, tulangan hoop sepanjang l_0 4D13-100 dan tulangan hoop diluar l_0 4D13-130.
 2. 300 mm x 300 (K-2) digunakan tulangan 4-D22, tulangan hoop sepanjang l_0 2D13-125 dan tulangan hoop diluar l_0 2D13-130.
- f. Digunakan pondasi bore pile dengan 2 macam tipe ukuran tiang dan 9 macam tipe ukuran pile cap yaitu:
1. Diameter 600 mm (Dt-1) menggunakan tulangan 12-D19.
 2. Diameter 250 mm (Dt-2) menggunakan tulangan 4-D13.
- g. Digunakan pondasi bore pile dengan 9 macam tipe ukuran pile cap yaitu:
1. Pile cap 1800 mm x 900 mm x 600 mm (PC-1 dengan 2 tiang Dt-1)
 2. Pile cap 1800 mm x 1546 mm x 600 mm (PC-2 dengan 3 tiang Dt-1)

3. 1800 mm x 1800 mm x 600 mm (PC-3 dengan 4 tiang Dt-1)
 4. 2700 mm x 2173 mm x 950 mm (PC-4 dengan 5 tiang Dt-1)
 5. 2700 mm x 1800 mm x 950 mm (PC-5 dengan 6 tiang Dt-1)
 6. 2700 mm x 2173 mm 950 mm (PC-6 dengan 7 tiang Dt-1)
 7. 2700 mm x 2173 mm x 950 mm (PC-7 dengan 8 tiang Dt-1)
 8. 1100 mm x 550 mm x 500 mm (PC-8 dengan 2 tiang Dt-1)
 9. 1800 mm x 900 mm x 900 mm (PC-9 dengan 2 tiang Dt-1)
- h. Didapatkan desain tie beam (*sloof*) dengan tipe ukuran 350 mm x 650 mm, dan tulangan yang digunakan adalah 5-D19 untuk tulangan atas dan tulangan bawah. Sedangkan untuk tulangan sengkang digunakan Φ 13-200.

8.2 Saran

Berdasarkan hasil penyusunan Tugas Akhir ini ada beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

- a. Dalam merencanakan struktur gedung dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen terutama SRPMK, SNI hendaknya harus benar – benar dipahami dengan baik oleh perencana agar struktur yang telah direncanakan memenuhi kriteria yang telah disyaratkan.
- b. Dalam penggunaan program bantu perhitungan struktur (*SAP 2000*) baik dalam pemodelan struktur, *input* beban dan pengambilan hasil *output* harus dilakukan dengan benar dan teliti karenan nantinya hasil perhitungan harus divalidasi dengan perhitungan konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrori, Ali. 2010. *Kolom Pondasi dan Balok T Beton Bertulang*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726-2012 tentang *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung*. Jakarta:ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1727-2013 tentang *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta:ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1727-2012 tentang *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta:ICS.
- Ferayuansa, Laksa. 2017. *Perencanaan Struktur Gedung Kuliah 5 Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah di Wilayah Surakarta*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Hastiti, Dwinritya Asya. 2017. *Desain Modifikasi Struktur Gedung Harper Pasteur Hotel Bandung Menggunakan Sistem Ganda dengan Metode Pracetak pada Balok dan Pelat*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Salmah, Umi. 2015. *Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung (OK, CSSD) Rumah Sakit Paru Jember 8 Lantai dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan SRPMM*. Universitas Jember. Jember.
- Tofik, Ryan. 2017. *Modifikasi Perencanaan Apartement Bale Hinggil Surabaya dengan Menggunakan Concreted Filled Steel Tube dan Eccetrically Braced Frames*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Wibowo, Amdhani Prihatmoko. 2012. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.