



**PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG
DEKANAT
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
(STRUKTUR)**

Tugas Akhir

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya

Program Studi Teknik Sipil

Oleh

Rizal Agung Prabowo NIM. 5111312016

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Rizal Agung Prabowo
NIM : 5111312016
Program Studi : D3, Teknik Sipil
Judul Disertasi : PERENCANAAN PEMBANGUNAN DEKANAT FT UNNES
(STRUKTUR)

Tugas Akhir ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian tugas akhir Program Studi D3, Teknik Sipil FT. UNNES

Semarang, April 2015

Pembimbing



Endah Katri Pangestuti, S.T., M.T.

NIP. 197207091998032003

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "*Perencanaan Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (Struktur)*" oleh:

Nama : Rizal Agung Prabowo

NIM : 5111312016

Telah dipertahankan dihadapan sidang penguji Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Hari/Tanggal : Rabu, 15 April 2015

Pembimbing



Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.
NIP. 19720709 1998 03 2 003

Penguji I



Endang Purnomo, S.T., M.T.
NIP. 19730618 2005 01 1 001

Penguji II



Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.
NIP. 19720709 1998 03 2 003

Ketua Jurusan



Des Sucipto, M.T.
NIP. 19630101 1991 02 1 001

Ketua Program Studi



Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.
NIP. 19720709 1998 03 2 003

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Drs. M. Harlanu, M.Pd.
NIP. 19660215 1991 02 1 001

MOTTO dan PERSEMBAHAN

Motto

1. Jangan memikirkan bagaimana endingnya kalau memulai saja tidak berani.
2. Jika anda lelah berhentilah, mulailah kembali jika anda sudah siap
3. Jangan pernah mau dikendalikan waktu, tapi kamu yang harus mengendalikan waktu
4. Manusia bias berencana tapi Allah yang memutuskan.

Persembahan

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya.
2. Untuk ayah saya (Parwito) dan ibu saya (Atni) yang telah merestui dan mendoakan saya sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Untuk saudara – saudara saya (Ratih Pervita S, Icha Desta A, Samuel H, dan Reyhand Alanza H) yang telah member semangat
4. Dan untuk teman – teman saya (Yusita Dyka, Gabriella G, Eve Finesha, Arif Rahman, Gery Yudhi, dll) terimakasih telah membantu kelancaran tugas akhir saya.

ABSTRAK

Rizal Agung Prabowo

2015

Perencanaan Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik (Struktur)

Universitas Negeri Semarang

Endah kanti Pangestuti, S.T., M.T

D3, Teknik Sipil

Universitas Negeri Semarang sebagai salah satu Institusi Pendidikan yang ada di kota Semarang saat ini terus berkembang, hal itu dibuktikan dengan adanya pembangunan besar – besaran gedung Dekanat pada setiap Fakultas yang ada di Universitas Negeri Semarang. Gedung Dekanat adalah salah satu factor penting dalam sebuah Universitas dimana semua urusan administrasi, pengembang mutu kependidikan dan hal hal – hal penting berada di sana

Kesimpulannya setiap universitas harus memiliki sarana pendidikan yang memadai agar proses belajar mengajar dan pengurusan administrasi pembelajaran dapat berjalan dengan lancar

Kata kunci : *Pembangunan Dekanat FT, Struktur*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah YME, atas segala karunia dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir, yang berjudul “Desain Struktur Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang”. Shalawat dan salam tak lupa penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang kita semua nanti syafaatnya kelak di yaumul akhir. Aamiin

Penulis menyadari bahwa tulisan ini jauh dari kata sempurna baik teori dan metodologinya, sehingga. Penulis juga menyadari, tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak maka belum tentu Tugas Akhir ini bisa selesai. Oleh karena itu dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang setinggi-tingginya, kepada yang terhormat:

1. Drs. M Harlanu, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Sucipto, S.T., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
3. Endah Kanthi Pangestuti, ST.,MT., selaku kaprodi Teknik Sipil D3 sekaligus dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran serta tenaganya untuk membimbing penulis.
4. Seluruh dosen jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Keluarga, Bapak dan Ibu yang selalu senantiasa memberikan bantuan yang berupa materi maupun imateri.

Dengan segala hormat penulis mengucapkan terima kasih untuk semua yang telah memberikan bantuan dan dorongan dan atas banyak

salah serta kekeliruan yang telah diperbuat oleh penulis, maka penulis memohon maaf.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO dan PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Judul Tugas Akhir.....	1
1.2 Maksud Dan Tujuan	1
1.3 Lokasi Pembangunan Gedung Dekanat FT UNNES	1
1.4 Data Umum Pembangunan Gedung Fakultas Hukum UNNES	2
1.5 Tujuan Penulisan Tugas Akhir	4
1.6 Tujuan Perencanaan Struktur Gedung	5
1.7 Metode Pengumpulan Data	5
1.8 Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Perencanaan	8
2.2 Persyaratan Bangunan Gedung	10
2.3 Struktur Bangunan Gedung.....	16
2.4 Pembebanan Gedung.....	19
2.5 Kombinasi Pembebanan untuk Metode Load Resistance Factor Design	37
2.5.1 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Struktur Baja	40

2.6	Kombinasi Pembebanan untuk Desain Pondasi.....	41
2.7	Acuan Awal Perencanaan	42
	BAB III PERENCANAAN.....	45
3.1	Perencanaan Struktur Atap.....	45
3.1.1	Data Teknis Perencanaan Struktur Atap	46
3.1.2	Perencanaan Reng	48
3.1.3	Perencanaan Usuk	52
3.1.4	Perencanaan Gording	58
3.1.5	Perencanaan Pembebanan pada Kuda – Kuda	65
3.1.6	Perhitungan Mekanika	68
3.1.7	Pendimensian Batang Profil Kuda – Kuda	70
3.1.8	Perencanaan Kuda – kuda 2	79
3.2	Perencanaan Pelat Lantai	83
3.2.1	Data Teknis Perencanaan Pelat Lantai.....	83
3.2.2	Pembebanan pada plat lantai	83
3.3.3	Perencanaan Plat Lantai	86
3.3	Perencanaan Tangga	121
3.3.1	Data Teknis Perencanaan Tangga.....	121
3.3.2	Perencanaan Tangga	122
3.4	Perencanaan Portal.....	132
3.4.1	Data Teknis Perencanaan Portal	133
3.4.2	Kombinasi Pembebanan Portal	142
3.4.3	Massa Struktur Portal.....	142
3.4.4	Perencanaan Kolom	152
3.4.5	Perencanaan Balok	154
3.5	Perencanaan Pondasi.....	172
3.5.1	Data Teknis Perencanaan Pondasi untuk Struktur	173
3.5.2	Perhitungan Perencanaan Pondasi untuk Struktur	174
	BAB IV RENCANA KERJA dan SYARAT.....	183
4.1	Ling
	kup Pekerjaan.....	183

BAB V RENCANA ANGGARAN BIAYA.....	226
5.1 Uraian Umum.....	226
BAB VI PENUTUP	228
6.1 Simpulan	228
6.2 Saran.....	229
DAFTAR PUSTAKA	230
LAMPIRAN.....	231

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Umur Layanan Rencana.....	15
Tabel 2.2 Koefisien Reduksi Beban Hidup.....	23
Tabel 2.3 Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif	24
Tabel 2.4 Resiko bangunan gedung dan non gedung untuk gempa.....	27
Tabel 2.5 Faktor keutamaan gempa	29
Tabel 2.6 Klasifikasi siklus	30
Table 2.7 Koefisien situs Fa	32
Table 2.8 Koefisien situs Fv	32
Table 2.9 kategori desain seismic berdasarkan parameter respons	34
Table 2.10 kategori desain seismic berdasarkan parameter respons.....	34
Table 2.11 Faktor R, Cd	36
Table; 2.12 koefisien batas atas perioda	38
Table 2.13 nilai parameter perioda pendekatan Ct dan x	38
Tabel 2.14 Nilai Ks	42
Tabel 2.15 Pemilihan Sistem Struktur	44
Tabel 3.1 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Usuk	55
Tabel 3.2 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Gording	62
Tabel 3.3 Syarat – Syarat Lendutan	63
Table 3.4 perencanaan usuk, fording dan kuda kuda 2	81
Tabel 3.5 Type plat lantai	84
Table 3.6 Rekapitulasi perhitungan tulangan arah x dan y	101
Table 3.7 type plat untuk dag	102
Table 3.8 rekapitulasi untuk dag	119
Table 3.9 tulangan untuk tangga dan bordes	132
Tabel 3.10 Resiko bangunan gedung dan non gedung untuk gempa.....	136
Tabel 3.11 Faktor keutamaan gempa	137
Tabel 3.12 kategori desain seismic berdasarkan parameter respons.....	139
Tabel 3.13 kategori desain seismic berdasarkan parameter respons.....	139

Tabel 3.14 Faktor R, Cd.....	140
Tabel 3.15 Dimensi kolom	153
Tabel 3.16 Dimensi balok	155
Tabel 3.17 Rekap penulangan kolom	170
Table 3.18 Rekap penulangan beton	171
Table 3.19 gata sounder	172
Tabel 4.1 Spesifikasi Matrial	225

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Denah situasi	2
Gambar 2.1 Susunan Kolom Balok.....	17
Gambar 2.2 Ketidakstabilan terhadap Beban Horisontal.....	17
Gambar 2.3 Ketidakstabilan Susunan Pelat dan Dinding	17
Gambar 2.4 Bracing	18
Gambar 2.5 Bidang Geser	18
Gambar 2.6 Joints Kaku.....	18
Gambar 2.7 Inelastic Respons	37
Gambar 3.1 Rencana Kuda – Kuda.....	48
Gambar 3.2 Perencanaan Gording	59
Gambar 3.3 Hasil Analysis Run.....	68
Gambar 3.4 Reaksi Pembebanan yang Terjadi di Ra dan Rb	69
Gambar 3.5 Pengecheckan Batang Profil Baja pada Kuda – Kuda	70
Gambar 3.6 Profil 60.60.6	72
Gambar 3.7 Rencana Kuda – Kuda 2	76
Gambar 3.8 Hasil Analysis Run	79
Gambar 3.9 reaksi pembebanan	80
Gambar 3.6 Rencana Pelat Lantai 2.....	74
Gambar 3.7 Rencana Pelat Lantai 3.....	74
Gambar 3.8 Deformasi Pelat Lantai.....	136
Gambar 3.9 Rencana Tangga Lantai 1 – 2 dan Lantai 2 – 3.....	139
Gambar 3.10 Rencana Tangga	121
Gambar 3.11 Permodelan Struktur gedung dekanat FT	133
Gambar 3.12 Inelastic Respons.....	141
Gambar 3.13 Penurunan pondasi	174
Gambar 3.14 Hasil Anilisa Struktur M22	178

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Judul Tugas Akhir

“ Perencanaa Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (Struktur) ”.

1.2 Maksud Dan Tujuan

Universitas Negeri Semarang sebagai salah satu Institusi Pendidikan yang ada di kota Semarang saat ini terus berkembang, hal itu dibuktikan dengan adanya pembangunan besar – besaran gedung Dekanat pada setiap Fakultas yang ada di Universitas Negeri Semarang.

Gedung Dekanat adalah salah satu factor penting dalam sebuah Universitas dimana semua urusan administrasi, pengembang mutu kependidikan dan hal hal – hal penting berada di sana.

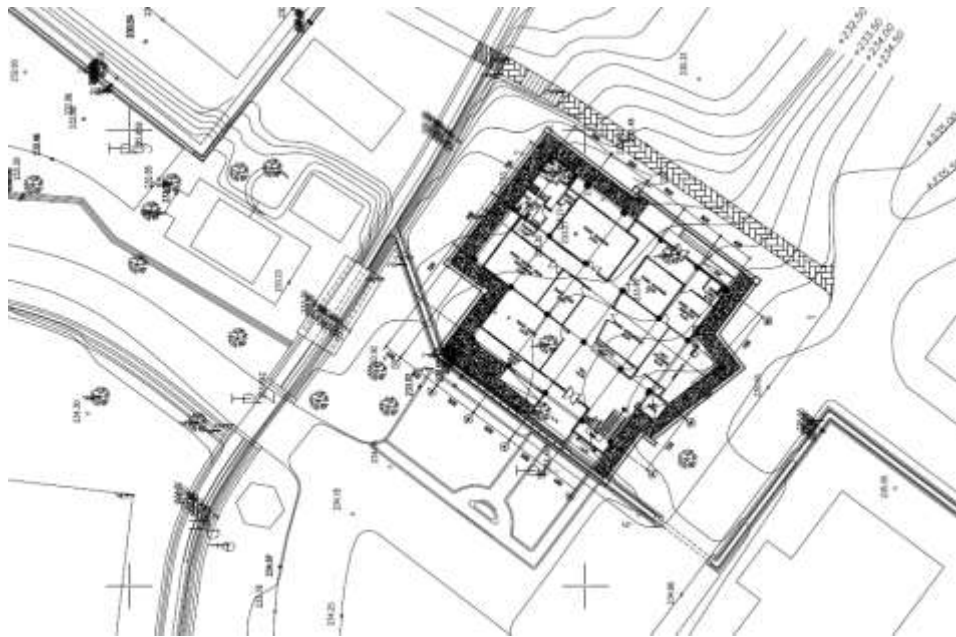
1.3 Lokasi Pembangunan Gedung Dekanat FT UNNES

Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang berada di Kampus Sekaran, Gunung Pati Semarang. Detail lokasinya proyek masing – masing berbatasan :

1. Timur : Berbatasan dengan gedung E5
2. Barat : Berbatasan dengan mushola

3. Selatan : jalan utama kampus sekaran

4. Utara : jalan kedua kampus sekaran



Gambar 1.1 *Denah Situasi*

1.4 Data Umum Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik UNNES

Nama Proyek	: Pembangunan Gedung Dekanat FT UNNES
Lokasi Proyek	: Kampus Sekaran, Gunung Pati – Semarang
Jumlah Lantai	: 5 Lantai
Luas Lantai 1	: 501 M ²
Luas Lantai 2	: 546 M ²
Luas Lantai 3	: 546 M ²
Total Luas Lantai	: 1587 M ²

- Fungsi Lantai 1 : Tempat Parkir motor dan mobil
- Fungsi Lantai 2 : Ruang kabag, ruang sub. Bag umum kepegawaian, ruang gugus, ruang kependidikan, ruang akutansi ruang karyawan, ruang IT, dan loket pembayaran.
- Fungsi Lantai 3 : Ruang Dekan, ruang PD 1, ruang PD 2, ruang PD3, ruang rapat, ruang teleconference dan gudang.
- Fungsi Lantai 4 : Ruang arsip dan keuangan, ruang sub. Bag. Keuangan, ruang perpustakaan jurusan, ruang sub. Bag. Kemahasiswaan, ruang coordinator dan pengembangan dan usaha, dan ruang rapat..
- Fungsi Lantai 5 : Ruang serbaguna yang disediakan untuk acara seminar maupun wisuda fakultas.

Spesifikasi Struktur

- Mutu Beton Struktur : K 300 (f_c 28,5 Mpa) untuk kolom, balok, pelat lantai, dan balok ring/konsol dan tangga
- Mutu Tulangan Baja : F_y 2400 kg/cm² atau U24 (tulangan polos) untuk diameter < diameter 10 F_y 3900 kg/cm² atau U39 (tulangan deform/ulir) untuk diameter > diameter 19

Spesifikasi Pondasi

- Jenis Tanah : Sand to Silty Sand dan Sandy Silt to Clayey Silt kedalaman 4 M

- Mutu Beton Pondasi : K 350 (f_c 29,05 Mpa)
- Jenis Pondasi : Pondasi plat

Spesifikasi Atap

- Mutu Baja : Bj 37 Baja ringan
- Rangka Atap : Baja double siku
- Gording : Baja light lip channels
- Usuk dan Reng : Kayu kelas kuat I

Lingkup Pekerjaan :

- Pekerjaan Persiapan
- Pekerjaan Struktur termasuk pekerjaan pondasi, Tie beam
- Pekerjaan Arsitektur & Finishing
- Pekerjaan Mekanikal dan Plumbing
- Pekerjaan Elektrikal
- Pekerjaan Sarana Luar

1.5 Tujuan Penulisan Tugas Akhir

Tujuan yang hendak dicapai dengan penyusunan tugas akhir ini yaitu :

- a. Untuk memahami dan mendalami langkah – langkah perhitungan dalam perencanaan struktur gedung dengan menerapkan disiplin ilmu yang telah diterima selama mengikuti pendidikan di /jurusan Teknik Sipil.

- b. Dapat melakukan perhitungan dengan teliti dan mengambil asumsi yang dalam menyelesaikan perhitungan struktur sehingga dapat mendukung tercapainya keamanan dan keekonomisan gedung.
- c. Dapat menggunakan program SAP 2000 versi 10 serta AutoCAD.
- d. Dapat menerapkan hasil perhitungan mekanika struktur ke dalam perhitungan struktur beton maupun struktur baja dan gambar kerja.
- e. Perencanaan ini dapat digunakan sebagai latihan awal sebelum menerapkan ilmu yang dipelajari dalam dunia kerja pada khususnya dan masyarakat pada umumnya.
- f. Memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi Diploma pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

1.6 Tujuan Perencanaan Struktur Gedung

Tujuan dari perhitungan struktur gedung ini adalah untuk membuat perhitungan dan gambar bagian – bagian dari struktur gedung yang terkait dengan bidang teknik sipil yaitu atap, pelat, balok, kolom dan pondasi. Langkah selanjutnya adalah menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB), Rencana Kerja dan Syarat (RKS).

1.7 Pembatasan Masalah

Perencanaan struktur yang merupakan salah satu pekerjaan yang sangat rumit karena di dalamnya terdapat banyak unsure yang saling berhubungan

untuk mempermudah perhitungan maka ada beberapa batasan – batasan yang diambil dalam perencanaan struktur ini antara lain :

1. Perhitungan pembebanan dan penulangan tangga dilakukan terpisah dari perhitungan portal utama
2. Dalam perencanaan ini *mix design* dari beton tidak dihitung karena dianggap beton dapat dipesan sesuai mutu yang diinginkan.

1.8 Sistematika Penyusunan

Sistematika penyusunan ini dibuat untuk memudahkan para pembaca dalam memahami isi Tugas Akhir ini. Sistematika penyusunan tersebut adalah sebagai berikut :

- **BAB I : Pendahuluan**

Bab ini berisikan tentang hal – hal yang melatar belakangi penyusunan Tugas Akhir, maksud dan tujuan, ruanglingkup, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

- **BAB II : Landasan Teori**

Berisi materi – materi penunjang dan ungkapan – ungkapan teori yang dipilih untuk memberikan landasan yang kuat tentang redesain struktur gedung dan syarat – syarat struktur pembangunan gedung yang diperoleh dari berbagai sumber buku.

- BAB III : Perhitungan Struktur

Perhitungan struktur meliputi perhitungan kuda – kuda, perhitungan pelat, perhitungan tangga dan bordes, perhitungan portal utama (balok dan kolom), serta perhitungan pondasi.

- BAB IV : Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan RKS

Pada bagian ini penulis menguraikan tentang Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang meliputi perhitungan volume, analisa satuan, rencana anggaran biaya sampai dengan *time schedule* (kurva S) dan kurva S dari Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

- BAB V : Penutup

Berisi simpulan dan saran terdiri atas rangkuman, kesimpulan, implikasi, dan saran – saran yang merupakan bagian inti dari semua uraian yang telah diungkapkan serta penyelesaian persoalan dari suatu solusi.

- Lampiran

Berisi informasi – informasi penting dalam penulisan dan berupa hal – hal yang tidak disertakan penulis dalam teks penulisan seperti tabel, gambar, bagan, hasil pengolahan data, surat izin dan lain – lain.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan

Perencanaan adalah pengetrapan cara – cara perhitungan atau percobaan yang rasional sesuai dengan prinsip – prinsip mekanika struktur yang lazim berlaku. Ditinjau dari ketinggian gedung dan spesifikasi perancangan dan syarat – syarat, bangunan bertingkat dibagi menjadi dua kelompok sebagai berikut:

1. Bangunan bertingkat rendah (*Low Rise Building*) mempunyai 3 – 4 lapis lantai atau ketinggian ± 10 m.
2. Bangunan bertingkat tinggi (*High Rise Building*) mempunyai lapis lantai lebih dari 4 dan ketinggian lebih dari 10 m.

Bangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik direncanakan sebagai bangunan bertingkat rendah (*High Rise Building*) yang terdiri dari 5 lantai dengan ketinggian dari lantai 1 sampai lantai 5 +15.20 m.

Ada empat yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan sebagai berikut:

1. Estetika

Merupakan dasar keindahan dan keserasian bangunan yang mampu memberikan rasa bangga kepada pemiliknya.

2. Fungsional

Disesuaikan dengan pemanfaatan dan penggunaannya sehingga dalam pemakaiannya dapat memberikan kenikmatan dan kenyamanan.

3. Struktural

Mempunyai struktur yang kuat dan mantap yang dapat memberikan rasa aman untuk tinggal di dalamnya.

4. Ekonomis

Pendimensian elemen bangunan yang proporsional dan penggunaan bahan bangunan yang memadai sehingga bangunan awet dan mempunyai umur pakai yang panjang.

Beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam perancangan dan analisis bangunan bertingkat sebagai berikut:

1. Tahap Arsitektural

Penggambaran denah semua lantai tingkat, potongan, tampak, perspektif, detail, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Bestek (Rencana Kerja dan Syarat/RKS).

2. Tahap Struktural

Menghitung beban – beban yang bekerja, merencanakan denah portal untuk menentukan letak kolom dan balok utamanya, analisa mekanika untuk pendimensian elemen struktur dan penyelidikan tanah untuk perencanaan Pondasinya.

3. Tahap finishing

Memberikan sentuhan akhir untuk keindahan dan melengkapi gedung dengan segala fasilitas alat – alat mekanikal elektrikal, sebagai pelayanan kepada penghuninya

2.2 Persyaratan Bangunan Gedung

Bangunan gedung adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya untuk kegiatan hunian atau tinggal, kegiatan usaha, kegiatan sosial, kegiatan budaya, dan/atau kegiatan khusus. Setiap bangunan gedung **harus memenuhi persyaratan administratif** baik pada tahap pembangunan maupun pada tahap pemanfaatan bangunan gedung negara **dan persyaratan teknis** sesuai dengan fungsi bangunan gedung.

Persyaratan administratif bangunan gedung negara meliputi:

1. Dokumen pembiayaan
2. Status hak atas tanah
3. Status kepemilikan
4. Perizinan mendirikan bangunan gedung
5. Dokumen perencanaan
6. Dokumen pembangunan
7. Dokumen pendaftaran

Persyaratan teknis bangunan gedung negara harus tertuang secara lengkap dan jelas pada Rencana Kerja dan Syarat - Syarat (RKS) dalam dokumen perencanaan. Secara garis besar persyaratan teknis bangunan gedung negara sebagai berikut:

1. Persyaratan tata bangunan dan lingkungan

Persyaratan tata bangunan dan lingkungan bangunan gedung negara meliputi persyaratan:

- Peruntukan dan intensitas bangunan gedung

Persyaratan peruntukan merupakan persyaratan peruntukan lokasi yang bersangkutan sesuai dengan RTRW kabupaten/kota, RDTRKP, dan/atau Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan (RTBL). Persyaratan intensitas bangunan gedung meliputi persyaratan kepadatan, ketinggian, dan jarak bebas bangunan gedung yang ditetapkan untuk lokasi yang bersangkutan.

- Arsitektur bangunan gedung
- Persyaratan pengendalian dampak lingkungan

Persyaratan pengendalian dampak lingkungan meliputi koefisien dasar bangunan (KDB), koefisien lantai bangunan (KLB), koefisien daerah hijau (KDH) dan garis sempadan bangunan.

2. Persyaratan Bahan Bangunan

Bahan bangunan untuk bangunan gedung negara harus memenuhi SNI yang dipersyaratkan, diupayakan menggunakan bahan bangunan setempat atau produksi dalam negeri, termasuk bahan bangunan sebagai bagian dari komponen bangunan sistem fabrikasi, dengan tetap harus mempertimbangkan kekuatan dan keawatannya sesuai dengan peruntukan yang telah ditetapkan.

3. Persyaratan struktur bangunan

Struktur bangunan gedung negara harus memenuhi persyaratan keselamatan (safety) dan kelayakan (serviceability) serta SNI konstruksi bangunan gedung, yang dibuktikan dengan analisis struktur sesuai ketentuan. Persyaratan keselamatan meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan. Setiap bangunan gedung, strukturnya harus direncanakan kuat/kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan kelayakan (serviceability) selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan gedung, lokasi, keawetan, dan kemungkinan pelaksanaan konstruksinya. Kemampuan memikul beban diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban - beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur, baik beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa dan angin. Struktur bangunan gedung harus direncanakan secara daktail sehingga pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, apabila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih dapat memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan diri.

4. Persyaratan utilitas bangunan

Utilitas yang berada di dalam dan di luar bangunan gedung negara harus memenuhi SNI yang dipersyaratkan. Meliputi persyaratan:

- Keselamatan

Persyaratan keselamatan meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan bahaya petir.

- Kesehatan

Persyaratan kesehatan bangunan gedung meliputi persyaratan sistem penghawaan, pencahayaan, dan sanitasi bangunan gedung.

- Kenyamanan

Persyaratan kenyamanan bangunan gedung meliputi kenyamanan ruang gerak dan hubungan antar ruang, kondisi udara dalam ruang, pandangan, serta tingkat getaran dan tingkat kebisingan.

- Kemudahan

Persyaratan kemudahan meliputi kemudahan hubungan ke, dari, dan di dalam bangunan gedung, serta kelengkapan prasarana dan sarana dalam pemanfaatan bangunan gedung.

5. Persyaratan sarana penyelamatan

Setiap bangunan gedung negara harus dilengkapi dengan sarana penyelamatan dari bencana atau keadaan darurat, serta harus memenuhi persyaratan standar sarana penyelamatan bangunan sesuai SNI yang dipersyaratkan. Setiap bangunan gedung negara yang bertingkat lebih dari tiga lantai harus dilengkapi tangga darurat dan pintu darurat. Pembangunan gedung Dekanat Fakultas Teknik direncanakan lima lantai jadi tidak dilengkapi dengan tangga darurat dan pintu darurat.

Pembangunan bangunan gedung direncanakan melalui tahapan perencanaan teknis dan pelaksanaan beserta pengawasannya. Agar pelaksanaan pembangunan berjalan sesuai dengan rencana tepat biaya, tepat waktu dan tepat mutu maka perlu dilakukan pengawasan konstruksi. Tepat biaya dilakukan dengan mengontrol laporan harian, laporan mingguan dan laporan bulanan, tepat waktu dilakukan dengan membuat time scheduling, sedangkan tepat mutu dilakukan dengan memeriksa bahan – bahan yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan selain itu juga dilakukan pengujian lapangan terhadap hasil pekerjaan dilakukan pada setiap penyelesaian suatu pekerjaan untuk mengetahui kualitasnya.

Jangka waktu bangunan dapat tetap memenuhi fungsi dan keandalan bangunan diperhitungkan 50 tahun, sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan. Adapun ilustrasi tentang umur layanan rencana untuk setiap bangunan gedung sebagai berikut:

Tabel 2.1 *Umur Layanan Rencana*

Kategori	Umur Layanan Rencana	Contoh Bangunan
Bangunan sementara	< 10 Tahun	Bangunan tidak permanen, rumah pekerja sederhana, ruang pameran sementara.
Jangka waktu Menengah	25 – 49 Tahun	Bangunan industri dan gedung parkir.
Jangka waktu lama	50 – 99 Tahun	Bangunan rumah, komersial dan perkantoran Bangunan rumah sakit dan sekolah. Gedung Parkir dilantai basement atau dasar.
Bangunan permanen	Minimum 100 Tahun	Bangunan monumental dan bangunan warisan budaya.

Bangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik direncanakan sebagai gedung dekanat sehingga dikategorikan jangka waktu lama dengan umur layanan rencana 50 – 99 Tahun.

2.3 Struktur Bangunan Gedung

Terdapat tiga klasifikasi struktur sebagai berikut:

1. Geometri

Terdiri dari elemen garis atau batang dan elemen bidang. Elemen garis atau batang meliputi struktur rangka kaku (frame), struktur rangka (truss), dan struktur pelengkung. Sedangkan elemen bidang meliputi pelat (plate), dinding geser (shear wall).

2. Kekakuan

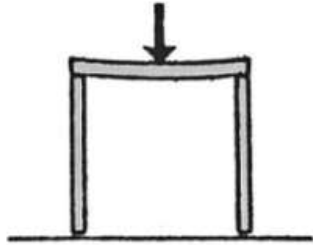
Terdiri dari struktur kaku dan struktur tidak kaku. Struktur kaku merupakan struktur yang tidak mengalami perubahan bentuk yang berarti akibat pengaruh pembebanan, misalnya struktur balok (beam), dan frame. Sedangkan struktur tidak kaku merupakan struktur yang mengalami perubahan bentuk tergantung pada kondisi pembebanan, misalnya struktur kabel.

3. Material

Material struktur terdiri dari struktur beton bertulang, struktur baja, struktur kayu, struktur komposit.

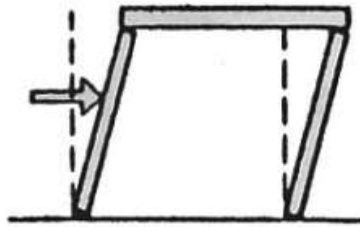
Sebuah struktur harus direncanakan dapat memikul beban – beban yang bekerja pada arah vertikal maupun arah horisontal, untuk itu struktur harus stabil. Macam – macam struktur yang tidak stabil sebagai berikut:

1. Ketidakstabilan susunan kolom balok



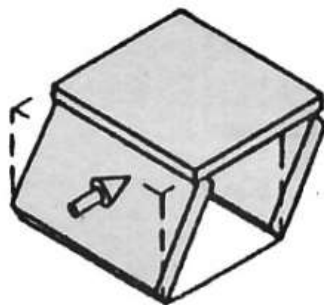
Gambar 2.1 *Susunan Kolom Balok*

2. Ketidakstabilan terhadap beban horisontal



Gambar 2.2 *ketidakstabilan Terhadap Beban Horisontal*

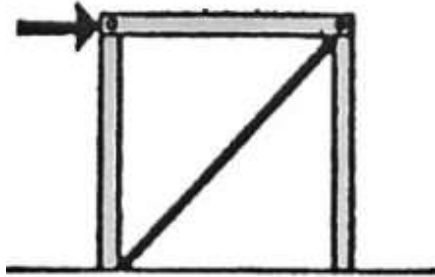
3. Ketidakstabilan susunan pelat dan dinding



Gambar 2.3 *Ketidakstabilan Susunan Pelat dan Dinding*

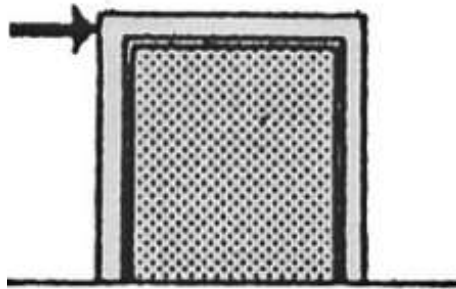
Tiga metode dasar untuk menjamin kestabilan struktur sederhana sebagai berikut:

1. Bracing



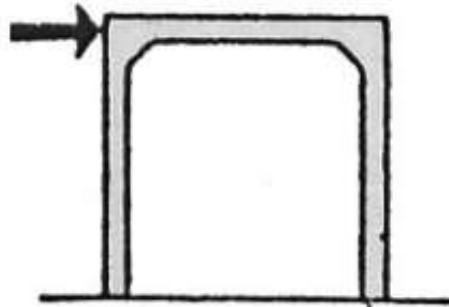
Gambar 2.4 *Bracing*

2. Bidang Geser



Gambar 2.5 *Bidang Geser*

3. Joints Kaku



Gambar 2.6 *Joints Kaku*

Jika suatu struktur dalam keadaan keseimbangan, maka harus dipenuhi syarat keseimbangan gaya sebagai berikut:

$$\Sigma R_x = 0 \quad \Sigma M_x = 0$$

$$\Sigma R_y = 0 \quad \Sigma M_y = 0$$

$$\Sigma R_z = 0 \quad \Sigma M_z = 0$$

Apabila salah satu syarat keseimbangan tidak dipenuhi, struktur dalam kondisi labil dan dapat mengalami keruntuhan.

2.4 Pembebanan Gedung

Ketentuan mengenai perencanaan didasarkan pada asumsi bahwa struktur direncanakan untuk memikul semua beban kerjanya. Beban kerja diambil berdasarkan *SNI 03-1727-1989-F, Tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung*. Dalam perencanaan terhadap beban gempa, seluruh bagian struktur yang membentuk kesatuan harus memenuhi *SNI 03-1726-2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Harus pula diperhatikan pengaruh dari gaya prategang, beban kran, vibrasi, kejutan, susut, perubahan suhu, rangkakan, perbedaan penurunan fondasi, dan beban khusus lainnya yang mungkin bekerja. Macam – macam beban pada gedung sebagai berikut:

1. Beban mati (D)

Beban mati merupakan berat dari semua bagian gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan yang merupakan bagian

tak terpisahkan dari gedung. Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung menurut SNI 03-1727-1989-F. Bahan bangunan:

- Baja : 7850 kg/m³
- Batu alam : 2600 kg/m³
- Batu belah (berat tumpuk) : 1500 kg/m³
- Beton Bertulang : 2400 kg/m³
- Kayu kelas 1 : 1000 kg/m³
- Kerikil, Koral kondisi lembab : 1650 kg/m³
- Pasangan bata merah : 1700 kg/m³
- Pasangan batu belah : 2200 kg/m³
- Pasir jenuh air : 1800 kg/m³
- Pasir kerikil, koral kondisi lembab : 1850 kg/m³
- Tanah lempung dan lanau jenuh air : 2000 kg/m³

Komponen gedung:

- Adukan semen per cm tebal : 21 kg/m²
- Aspal per cm tebal : 14 kg/m²
- Dinding pasangan bata merah
 - Satu batu : 450 kg/m²
 - Setengah batu : 250 kg/m²
- Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso, beton tanpa adukan, per cm tebal : 24 kg/m²
- Langit-langit eternit 4 mm termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku : 11 kg/m²

- Penggantung langit-langit dari kayu dengan bentang
max 5 meter dengan jarak s.k.s min 0,80 meter : 7 kg/m²
- Penutup atap genting dengan reng dan usuk per m²
bidang atap : 50 kg/m²
- Penutup atap seng gelombang tanpa gording : 10 kg/m²
- Penutup atap asbes gelombang 5 mm tanpa gording : 11 kg/m²

2. Beban hidup (L)

Semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan beban genangan maupun tekanan jatuh air hujan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau, bergerak. Apabila beban hidup memberikan pengaruh yang menguntungkan bagi struktur, maka pembebanan atau kombinasi pembebanan tersebut tidak boleh ditinjau. Besarnya beban hidup terbagi merata ekuivalen yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan gedung, pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku. Beban hidup untuk bangunan gedung adalah :

Rumah tinggal	: 125 kg/m ²
Apartment	: 200 kg/m ²
Sekolah/Kantor/Hotel/Asrama/R.Sakit/Toko/Restoran	: 250 kg/m ²
Koridor, tangga/bordes	: 300 kg/m ²
Gd.Pertemuan/R. Pagelaran/R. Olah Raga/Masjid	: 400 kg/m ²
Panggung penonton dng penonton yang berdiri	: 500 kg/m ²

Ruang pelengkap	: 250 kg/m ²
Tangga/bordes	: 500 kg/m ²
Beban Perpus/R.Arsip/Toko Buku/ Pabrik/Bengkel/ Ruang ME/Gudang/Kluis ditentukan sendiri minimal	: 400 kg/m ²
Balkon yang menjorok bebas keluar	: 300 kg/m ²
Parkir, Heavy (Lantai Bawah)	: 800 kg/m ²
Parkir, Light	: 400 kg/m ²
Pot Kembang/Planter	: h x γ_{soil}
Water Feature/Pool	: hw x γ_{water}
Beban Lift (Berat Lift x Faktor Kejut)	: Wlift x 2,0
(Wlift dari konsultan ME)	
Beban Eskalator (Berat Eskalator x Faktor Kejut)	: Wesk x f.kejut
Faktor kejut bersifat lokal dapat diambil 1,1 - 1,5	
(untuk disain keseluruhan tidak perlu dimasukkan)	
Beban diatas roof :	
Roof tank (q)	: q water/luasan
Chiller, Boiler, Cooling Tower	
(Berat dari Konsultan ME)	

Berhubung peluang terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua bagian secara serempak selama umur gedung tersebut sangat kecil, maka beban hidup tersebut dianggap tidak efektif sepenuhnya, sehingga dapat dikalikan oleh koefisien reduksi seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Koefisien Reduksi Beban Hidup

Penggunaan Gedung	Koefisien Reduksi Beban Hidup	
	Perencanaan	Untuk Peninjauan
	Balok	Gempa
Perumahan / Penghunian	0,75	0,3
Pendidikan	0,90	0,5
Pertemuan Umum	0,90	0,5
Kantor	0,60	0,3
Perdagangan	0,80	0,8
Penyimpanan	0,80	0,8
Industri	1,00	0,9
Tempat Kendaraan	0,90	0,5
Tangga :	0,75	0,3
Perumahan / Penghunian		
Pendidikan, kantor	0,75	0,5
Pertemuan Umum, Perdagangan, Penyimpanan, Industri, Tempat Kendaraan	0,90	0,5

Untuk memperhitungkan peluang terjadinya beban hidup yang berubah-ubah, maka untuk perhitungan gaya aksial, jumlah komulatif beban hidup terbagi rata dapat dikalikan dengan koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada lantai yang dipikul seperti pada tabel di bawah ini. Untuk lantai gudang, arsip, perpustakaan, ruang penyimpanan lain

sejenis dan ruang yang memikul beban berat yang bersifat tetap, beban hidup direncanakan penuh tanpa dikalikan koefisien reduksi. Pada perencanaan pondasi, pengaruh beban hidup pada lantai yang menumpu di atas tanah harus turut ditinjau.

Tabel 2.3 *Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif*

Jumlah Lantai yang Dipikul	Koefisien Reduksi yang Dikalikan Beban Hidup Kumulatif
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
8 dan Lebih	0,4

3. Beban angin (W)

Beban Angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif (fan) tekanan negatif (hisap) yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau dalam satuan kg/m^2 . Tekanan tiup minimum 25 kg/m^2 , sedangkan khusus sejauh 5 km dari di tepi laut tekanan tiup minimum 40 kg/m^2 . Untuk daerah dekat laut atau

daerah yang dapat menghasilkan tekanan tiup lebih dari 40 kg/m^2 , nilai tekanan tiup $(p) = V^2/16$, dimana parameter V = kecepatan angin dalam m/detik.

4. Beban gempa (E)

Persyaratan struktur bangunan tahan gempa adalah kemungkinan terjadinya risiko kerusakan pada bangunan merupakan hal yang dapat diterima, tetapi keruntuhan total (*collapse*) dari struktur yang dapat mengakibatkan terjadinya korban yang banyak harus dihindari. Di dalam standar gempa yang baru dicantumkan bahwa, untuk perencanaan struktur bangunan terhadap pengaruh gempa digunakan Gempa Rencana. Gempa Rencana adalah gempa yang peluang atau risiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 10% ($R_N = 10\%$), atau gempa yang periode ulangnya adalah 500 tahun ($T_R = 500$ tahun). Dengan menggunakan Gempa Rencana ini, struktur dapat dianalisis secara elastis untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang berupa momen lentur, gaya geser, gaya normal, dan puntir atau torsi yang bekerja pada tiap-tiap elemen struktur. Gaya-gaya dalam ini setelah dikombinasikan dengan gaya-gaya dalam yang diakibatkan oleh beban mati dan beban hidup, kemudian digunakan untuk mendimensi penampang dari elemen struktur berdasarkan metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*) sesuai dengan standar desain yang berlaku.

Besarnya beban Gempa Nominal yang digunakan untuk perencanaan struktur ditentukan oleh tiga hal, yaitu

- Besarnya Gempa Rencana;
 - Tingkat daktilitas yang dimiliki struktur; dan
 - Nilai faktor tahanan lebih yang terkandung di dalam struktur.
- Berdasarkan pedoman gempa yang berlaku di Indonesia yaitu Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Rumah dan Gedung (SNI 03-1726-2002) dan Aplikasi SNI Gempa 1726:2012, besarnya beban gempa horisontal (V) yang bekerja pada struktur bangunan, ditentukan menurut persamaan :

$$V = C_s \cdot W = \frac{S_a \cdot I_e}{R} \cdot W$$

Dengan,

S_a = Spektrum respon percepatan desain (g);

I_e = Faktor keutamaan gempa;

R = Koefisien modifikasi respons;

W = Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang

direduksi (kN).

Besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk perhitungan W_t , ditentukan sebagai berikut;

- Perumahan / penghunian : rumah tinggal, asrama,

hotel, rumah sakit	= 0,30
<ul style="list-style-type: none"> • Gedung pendidikan : sekolah, ruang kuliah • Tempat pertemuan umum, tempat ibadah, bioskop, 	= 0,50
restoran, ruang dansa, ruang pertunjukan	= 0,50
<ul style="list-style-type: none"> • Gedung perkantoran : kantor, bank • Gedung perdagangan dan ruang penyimpanan, toko, 	= 0,30
toserba, pasar, gudang, ruang arsip, perpustakaan	= 0,80
<ul style="list-style-type: none"> • Tempat kendaraan : garasi, gedung parkir • Bangunan industri : pabrik, bengkel 	= 0,50 = 0,90

a. Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan (I-IV) dan Faktor Keutamaan (I_e)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 2.4 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I_e) menurut tabel 2.5.

Tabel 2.4 *Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa*

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan	I

- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan; rumah ruko dan kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/<i>mall</i> - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <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 <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori risiko 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori risiko 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 di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:	IV

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

Tabel 2.5 Faktor Keutamaan gempa (I_e)

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

Mengacu pada tabel 3.4 dan tabel 3.5 faktor keutamaan gempa untuk kategori gedung evakuasi vertikal untuk mitigasi tsunami masuk kedalam kategori risiko= **IV** dengan faktor keutamaan (I_e)= **1,50**.

b. Menentukan Kelas Situs (SA-SF)

Dalam perumusan Kriteria Desain Seismik (KDS) suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan tabel 3.6, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 3.6. Dalam hal ini, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 m, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/ijin keahlian yang menyiapkan laporan penyelidikan tanah berdasarkan kondisi getekniknya. Penetapan kelas situs *SA* dan kelas situs *SB* tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit fondasi dan permukaan batuan dasar.

Tabel 2.6 *Klasifikasi situs*

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	N_{ch}	\hat{s}_u (kPa)
<i>SA</i> (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
<i>SB</i> (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
<i>SC</i> (tanah keras, sangat padat)	350 sampai 750	>50	≥ 100

dan batuan lunak)			
<i>SD</i> (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
<i>SE</i> (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\hat{s}_u < 25$ kPa 		
<i>SF</i> (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$m dengan $\hat{s}_u < 50$ kPa 		

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

c. Menentukan Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1})

yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a S_S$$

$$S_{MI} = F_V S_I$$

Dengan,

S_S = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek;

S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Dan koefisien situs F_a dan F_V mengikuti tabel 3.7 dan tabel 3.8

Tabel 2.7 Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_S				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

- 1) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat Interpolasi linier
- 2) SS= Situs yang memerlukan Investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat pasal 6.10.1.

Tabel 2.8 Koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_S				
	$S_S \leq 0,1$	$S_S = 0,2$	$S_S = 0,3$	$S_S = 0,4$	$S_S \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

- 1) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat Interpolasi linier
- 2) SS= Situs yang memerlukan Investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat pasal 6.10.1.

d. Menentukan Kategori Desain Seismik (A-D)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.

Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1

detik, S_I , lebih besar atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{DI} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada tabel 3.9 atau 3.10, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T .

Apabila S_I lebih dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai tabel 3.9 saja, dimana berlaku semua ketentuan di bawah:

- 1) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan perioda fundamental struktur, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 adalah kurang dari $0,8 T_s$.
- 2) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s .
- 3) $C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_E}$, digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik, C_s ,
- 4) Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan di pasal 7.3.1 atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak

antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

Tabel 2.9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

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

Tabel 2.10 Katgori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,033 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

e. Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R , C_d , Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel 3.11. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal

yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam tabel 3.11. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 3.11 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antarlantai tingkat desain.

Setiap desain penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam tabel 3.11 dan persyaratan tambahan yang ditetapkan dalam pasal 7.14 (Persyaratan perancangan dan pendetailan bahan).

Tabel 2.11 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

(Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

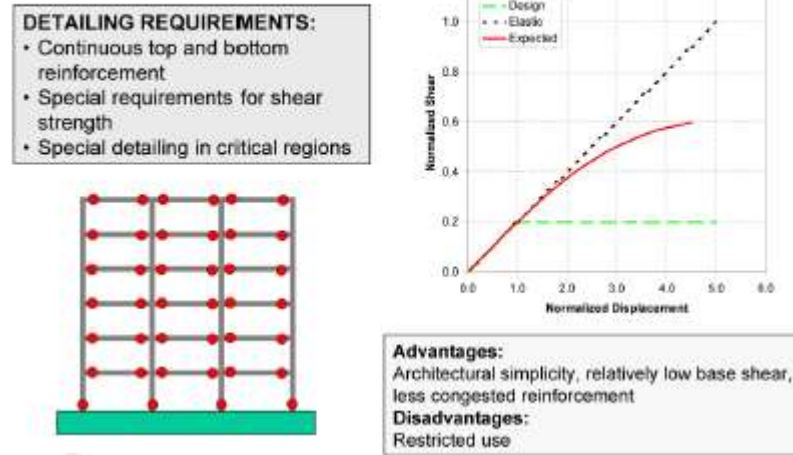
Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan Tinggi struktur $h_n(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^d
C.Sistem rangka pemikul								

momen								
(C.5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
(C.6). Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
(C.7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI

- 1) Faktor pembesaran defleksi, C_d , untuk penggunaan dalam pasal 7.8.6, 7.8.7 dan 7.9.2.
- 2) TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diiijinkan.
- 3) Lihat pasal 7.2.5.4 untuk penjelasan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang.
- 4) Lihat pasal 7.2.5.4 untuk sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.

Sistem penahan gaya seismik yang memenuhi batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur untuk Kategori Desain Seismik D yaitu **rangka beton bertulang pemikul momen khusus** (*Framing Type: Sway Intermediate*).

Intermediate Concrete Moment Frame



Gambar 2.7 Rangka beton bertulang pemikul momen menengah –
*Inelastic Respon*s

f. Batasan Periode Fundamental Struktur (T)

Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 3.11 dan periode fundamental pendekatan, (T_a). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur (T), diijinkan secara langsung menggunakan periode fundamental pendekatan, (T_a). Periode fundamental pendekatan, (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_r \cdot h_n^x$$

Dengan,

h_n adalah ketinggian struktur, dalam meter, di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 2.13.

Tabel 2.12 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

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

Tabel 2.13 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

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

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan T_a , dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan

momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi paling sedikit 3 m.

$$T_a = 0,1N$$

Dengan,

N = jumlah tingkat

Perioda fundamental struktur (T) yang digunakan:

Jika $T_c > C_u T_a$ gunakan $T = C_u T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u T_a$ gunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$ gunakan $T = T_a$

Dengan,

T_c = Perioda fundamental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur.

2.5.1 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Struktur Baja

Berdasarkan *SNI 03 - 1729 - 2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung* maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6 L + 0,5 (La \text{ atau } H)$
3. $1,2D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (\gamma L. L \text{ atau } 0,8W)$
4. $1,2D + 1,3 W + \gamma L. L + 0,5 (La \text{ atau } H)$
5. $1,2D \pm 1,0E + \gamma L. L$
6. $0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$

Keterangan:

- **D** : beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.
- **L** : beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- **La** : beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- **H** : beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- **W** : beban angin.
- **E** : beban gempa.

dengan,

$\gamma L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa.

Kekecualian : Faktor beban untuk L di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan 3, 4, dan 5 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah di mana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

2.6 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Pondasi

Dalam prosedur pendesainan pondasi pelat, distribusi tekanan sentuh di bawah dasar pondasi tentunya harus diketahui terlebih dahulu sebelum menghitung momen lentur, gaya geser, dan estimasi penurunan akibat pemampatan lapisan tanah di sekitar pondasi. Distribusi tekanan sentuh ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain eksentrisitas beban, besarnya gaya momen yang bekerja, kekakuan struktur pondasi, hubungan antara karakteristik tegangan-deformasi serta tingkat kekasaran dasar pondasi

Kombinasi pembebanan untuk perhitungan pondasi:

- Pembebanan Tetap : $DL + LL$
- Pembebanan Sementara : $1.2DL + 1.6LL$

:

Tabel 2.14 Nilai k_s

Jenis Tanah	k_s (kN/m ³)
Loose sand	4800 - 16000
Medium dense sand	9600 - 80000
Dense sand	64000 - 128000
Clayey medium dense sand	32000 - 80000
Silty medium dense sand	24000 - 48000
Clayey soil:	
$q_a < 200$ kPa	12000 - 24000
$200 < q_a < 800$ kPa	24000 - 48000
$q_a > 800$ kPa	> 48 000

Untuk pendekatan nilai k_s , Bowles (1997) menyarankan nilai k_s ditentukan dari kapasitas dukung ijin tanah (q_a) dengan rumus, $k_s = 40 \times SF \times q_a$; jika faktor aman (SF) diambil 3 maka nilai $k_s = 120 \times q_a$.

2.7 Acuan Awal Perencanaan

Menurut SNI 03-2847-2002 Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Untuk mempermudah pelaksanaan, sedapat mungkin ukuran kolom disamakan atau variasinya dibuat minimal dengan mutu beton dan jumlah tulangan yang diturunkan pada lantai yang lebih tinggi.

1. Ukuran balok beton

$$H = L/14 - L/12 \text{ (tanpa prestress), } L/24 \text{ (prestress) ; } B = H/2$$

Keterangan:

- H = Tinggi balok beton
- B = Lebar balok beton
- L = Panjang balok beton

2. Ukuran kolom beton

$$A_c = P_{tot} / 0,33.f_c$$

Keterangan:

A_c = Luas penampang kolom beton

P_{tot} = Luas Tributari Area x Jumlah Lantai x Factored load

3. Ukuran pelat lantai

Untuk beban tipikal kantor dan apartment sebagai berikut:

- Biasa : $t_p = L/35$
- Flat slab : $t_p = L/25$
- Prestressed : $t_p = L/35 - L/45$

sedang untuk beban besar seperti parkir, taman dan public diasumsikan 1,2x nya.

Keterangan:

t_p = Tebal pelat beton

L = Panjang pelat beton

4. Cost analysis

- Setiap disain harus diperiksa terhadap cost total struktur
- Pedoman nilai adalah sbb :

Volume beton = 0.25-0.4 m³ beton/m² lantai

Berat baja = 90-150 kg baja/m³ beton

5. Sistem Struktur

Ada 2 macam sistem struktur sebagai berikut:

- Sistem struktur pemikul beban gravitasi meliputi slab, balok dan kolom.

- Sistem struktur pemikul beban lateral meliputi portal daktail (balok-kolom) dan shearwall.

P-delta effect perlu ditinjau karena wall cukup langsing ($h > 40$ meter) dan jumlah lantai > 10 tingkat.

6. Pemilihan sistem struktur

Pemilihan sistem struktur disesuaikan dengan jumlah lantai dan disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.15 *Pemilihan Sistem Struktur*

Jumlah Lantai			
1 – 3 Lantai	4 – 20 Lantai	15 – 30 Lantai	> 30 Lantai
Frame Daktail	Balok - Kolom	Wall - Slab	Core + Frame
Balok - Kolom	Wall - Slab	Wall + Frame	Tube
Flat Slab	Flat Slab	Core + Frame	
	Braced Frame	Braced + Frame	

BAB III

PERENCANAAN

3.1 Perencanaan Struktur Atap

Atap merupakan bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin atau untuk keperluan perlindungan. Bentuk atap berpengaruh terhadap keindahan suatu bangunan dan pemilihan tipe atap hendaknya disesuaikan dengan iklim setempat, tampak yang dikehendaki oleh arsitek, biaya yang tersedia. Konstruksi rangka atap yang digunakan adalah rangka atap kuda – kuda. Rangka atap kuda – kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga berat sendiri dan sekaligus memberikan bentuk pada atap. Pada dasarnya konstruksi kuda – kuda terdiri dari rangkaian batang yang membentuk segitiga, dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan penutup atap, maka konstruksi kuda – kuda akan berbeda satu sama lain. Setiap susunan rangka batang haruslah merupakan satu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang bekerja padanya tanpa mengalami perubahan. Beban – beban tersebut antara lain beban hidup yang berasal dari berat pekerja, beban mati yang berasal dari berat kuda – kuda dan beban angin. Struktur rangka atap kuda – kuda direncanakan menggunakan

baja profil double siku, gording direncanakan menggunakan baja profil light lip channels, usuk dan reng direncanakan menggunakan kayu kelas kuat I dan genteng direncanakan menggunakan genteng beton.

3.1.1 Data Teknis Perencanaan Struktur Atap

- Bentang kuda – kuda (L) : 14 m
 - Tinggi kuda – kuda (h) : 4 m
 - Jarak kuda – kuda (Jk) : 2,5 m
 - Jarak gording (Jg) : 1,34 m
 - Jarak usuk (Ju) : 50 cm
 - Jarak reng (Jr) : 25 cm
 - Kemiringan atap (α) : 30°
 - Penutup atap : genteng beton
 - Berat genteng beton (Wgb) : 50 kg/m^2
 - Mutu baja profil : Bj 37
 - Tegangan baja (σ) : 1600 kg/cm^2
 - Modulus elastisitas baja (E) : $2,10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
 - Spesifikasi kuda – kuda
 - Kuda – kuda : 2L.70.70.7 dan 2L.60.60.6
- Profil baja 2L.70.70.7
- Berat (Wkk) : 7,38kg/m
 - $W_x = W_y$: $8,43 \text{ cm}^3$
 - $I_x = I_y$: $42,4 \text{ cm}^4$
 - $i_x = i_y$: 2,12 cm

Profil baja 2l.60.60.6

- Berat (W_{kk}) : 8,69 kg/m
- W_x = W_y : 8,41 cm³
- I_x = I_y : 34,9 cm⁴
- i_x = i_y : 1,78 cm

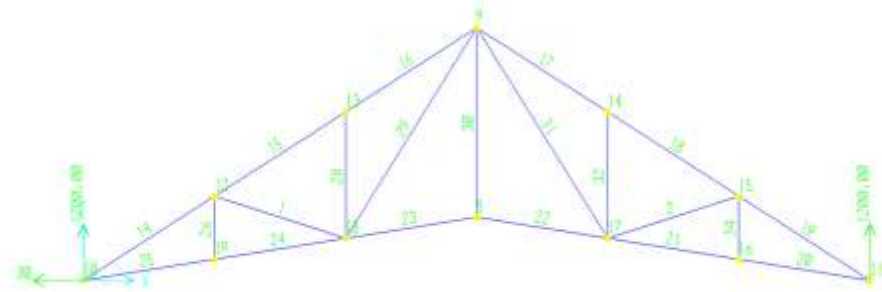
• Spesifikasi Gording

- Gording : C 125.50.20.4,5
- Berat (W_{gd}) : 8,32 kg/m
- W_x : 38,0 cm³
- W_y : 10,1 cm³
- I_x : 238 cm⁴
- I_y : 33,5 cm⁴
- i_x : 4,74 cm
- i_y : 1,78 cm

• Reng dan usuk : kayu kelas kuat I

- Tegangan lentur kayu (σ_{lt}) : 150 kg/cm² (kayu kelas kuat I)
- Modulus kenyal kayu (E) : 125000 kg/cm² (kayu kelas kuat I)
- Beban pekerja (P) : 100 kg
- Tekanan angin pegunungan (W_{ang}) : 25 kg/m²
- Berat plafon & penggantung (W_{pf}) : 18 kg/m²

Rencana kuda – kuda I



Gambar 3.1 Rencana Kuda - Kuda

3.1.2 Perencanaan Reng

1. Pembebanan reng

- Berat genteng beton (W_{gb}) : 50 kg/m^2
- Jarak reng (J_r) : 25 cm
- Jarak usuk (J_u) : 50 cm
- Kemiringan atap (α) : 30°

$$\begin{aligned}\text{Beban pada reng } (q_r) &= W_{gb} \cdot J_r \\ &= 50 \cdot 0,25 \\ &= 12,5 \text{ kg/m} \\ &= 12,5 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

2. Momen yang terjadi pada reng

- $M_x = 1/8 \cdot q_r \cdot \cos \alpha \cdot (J_u)^2$
 $= 1/8 \cdot 12,5 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,5^2$
 $= 0,338 \text{ kgm}$
 $= 33,8 \text{ kgcm}$

- $$\begin{aligned}
 M_y &= 1/8 \cdot q_r \cdot \sin \alpha \cdot (J_u)^2 \\
 &= 1/8 \cdot 12,5 \cdot \sin 30^\circ \cdot 0,5^2 \\
 &= 0,195 \text{ kgm} \\
 &= 19,5 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

3. Pendimensian reng

Dimensi reng dimisalkan $b = 2/3h$

b = lebar reng (cm)

h = tinggi reng (cm)

- $$\begin{aligned}
 W_x &= 1/6 \cdot b \cdot h^2 \\
 &= 1/6 \cdot 2/3h \cdot h^2 \\
 &= 1/9 h^3
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 W_y &= 1/6 \cdot b^2 \cdot h \\
 &= 1/6 \cdot (2/3h)^2 \cdot h \\
 &= 1/6 \cdot 4/9 h^2 \cdot h \\
 &= 2/27h^3
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \sigma_{lt} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\
 150 &= \frac{33,8}{\frac{1}{9}h^3} + \frac{19,5}{\frac{2}{27}h^3} \\
 150 &= \frac{304,2}{h^3} + \frac{263,25}{h^3} \\
 150 &= \frac{567,45}{h^3}
 \end{aligned}$$

$$h^3 = \frac{567,45}{150}$$

$$h^3 = 3,78$$

$$h = 1,56 \text{ cm}$$

$$h \approx 3 \text{ cm}$$

jadi tinggi reng (h) dipakai kayu ukuran 3 cm, maka:

$$b = 2/3h$$

$$b = 2/3 \cdot 3$$

$$b = 2 \text{ cm}$$

jadi dipakai reng dengan dimensi 2/3 cm

4. Kontrol lendutan pada reng

- $f_{ijin} = 1/200 \cdot Ju$
 $= 1/200 \cdot 50$
 $= 0,25 \text{ cm}$

- $I_x = 1/12 \cdot b \cdot h^3$
 $= 1/12 \cdot 2 \cdot 3^3$
 $= 4,5 \text{ cm}^4$

- $I_y = 1/12 \cdot b^3 \cdot h$
 $= 1/12 \cdot 2^3 \cdot 3$
 $= 2 \text{ cm}^4$

- $f_x = \frac{5 \cdot q_r \cdot \cos \alpha \cdot Ju^4}{384 \cdot E \cdot I_x}$
 $= \frac{5 \cdot 12,5 \cdot 10^{-2} \cdot \cos 30^0 \cdot 50^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 4,5}$

$$= 0,016 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } f_y &= \frac{5 \cdot q_r \cdot \sin \alpha \cdot J_u^4}{384 \cdot E \cdot I_y} \\ &= \frac{5 \cdot 12,5 \cdot 10^{-2} \cdot \sin 30^\circ \cdot 50^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 2} \end{aligned}$$

$$= 0,020 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } f_{\max} &= \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \\ &= \sqrt{(0,016)^2 + (0,020)^2} \\ &= 0,026 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat $f_{\max} \leq f_{\text{ijin}}$

$$0,026 \text{ cm} \leq 0,25 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol tegangan pada reng

$$\begin{aligned} \sigma_{ytb} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ &= \frac{33,8}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} + \frac{19,5}{\frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h} \\ &= \frac{33,8}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3^2} + \frac{19,5}{\frac{1}{6} \cdot 2^2 \cdot 3} \\ &= 11,27 + 9,75 \\ &= 21,02 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat $\sigma_{ytb} \leq \sigma_{lt}$

$$21,02 \text{ kg/cm}^2 \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi reng kayu dengan dimensi 2/3 cm aman dipakai

3.1.3 Perencanaan Usuk

1. Pembebanan usuk

- Berat genteng beton (Wgb) : 50 kg/m²
- Jarak usuk (Ju) : 50 cm
- Jarak gording (Jg) : 1,34 m
- Beban pekerja (P) : 100 kg
- Tekanan angin pegunungan (Wang) : 25 kg/m²
- Kemiringan atap (α) : 30°

$$\begin{aligned} \text{Beban pada usuk (q}_u\text{)} &= W_{gb} \cdot J_u \\ &= 50 \cdot 0,5 \\ &= 25 \text{ kg/m} \\ &= 25 \times 10^{-2} \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_x &= q_u \cdot \cos\alpha \\ &= 25 \cdot \cos 30^\circ \\ &= 21,65 \text{ kg/m} \\ &= 21,65 \times 10^{-2} \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_y &= q_u \cdot \sin\alpha \\ &= 25 \cdot \sin 30^\circ \end{aligned}$$

$$= 12,5 \text{ kg/m}$$

$$= 12,5 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

$$P_x = P \cdot \cos\alpha$$

$$= 100 \cdot \cos 30^\circ$$

$$= 86,602 \text{ kg}$$

$$P_y = P \cdot \sin\alpha$$

$$= 100 \cdot \sin 30^\circ$$

$$= 50 \text{ kg}$$

2. Momen yang terjadi pada usuk

a. Momen akibat beban mati

- $M_{x_{DL}} = 1/8 \cdot q_u \cdot \cos\alpha \cdot (Jg)^2$
 $= 1/8 \cdot 25 \cdot \cos 30^\circ \cdot (1,34)^2$
 $= 4,85 \text{ kgm}$
 $= 485 \text{ kgcm}$

- $M_{y_{DL}} = 1/8 \cdot q_u \cdot \sin\alpha \cdot (Jg)^2$
 $= 1/8 \cdot 25 \cdot \sin 30^\circ \cdot (1,34)^2$
 $= 2,81 \text{ kgm}$
 $= 281 \text{ kgcm}$

b. Momen akibat beban hidup karena beban pekerja

- $M_{x_{LL}} = 1/4 \cdot P \cdot \cos\alpha \cdot Jg$
 $= 1/4 \cdot 100 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,34$
 $= 29,01 \text{ kgm}$
 $= 2901 \text{ kgcm}$

- $$\begin{aligned}
 M_{yLL} &= \frac{1}{4} \cdot P \cdot \sin \alpha \cdot Jg \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 100 \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,34 \\
 &= 16,75 \text{ kgm} \\
 &= 1675 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

c. Momen akibat beban angin

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin tekan = $(+0,02\alpha - 0,4)$,
dimana $\alpha = 30^\circ$

- $$\begin{aligned}
 W_{atkn} &= (+0,02\alpha - 0,4) \cdot W_{ang} \cdot J_u \\
 &= ((+0,02 \cdot 30^\circ) - 0,4) \cdot 25 \cdot 0,5 \\
 &= + 2,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin tekan:

$$\begin{aligned}
 M_{atkn} &= \frac{1}{8} \cdot W_{atkn} \cdot (Jg)^2 \\
 &= \frac{1}{8} \cdot (+2,5) \cdot (1,34)^2 \\
 &= +0,56 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin hisap pada sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ = (-0,4)$

- $$\begin{aligned}
 W_{ahsp} &= (-0,4) \cdot W_{ang} \cdot J_u \\
 &= (-0,4) \cdot 25 \cdot 0,5 \\
 &= -5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin hisap:

$$M_{ahsp} = \frac{1}{8} \cdot W_{ahsp} \cdot (Jg)^2$$

$$= 1/8 \cdot (-5) \cdot (1,34)^2$$

$$= -1,12 \text{ kgm}$$

Tabel 3.1 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Usuk

Momen (M)	Momen Beban Mati (M_{DL})	Momen Beban Hidup (M_{LL})	Momen Beban Angin Tekan (M_{atkn})	Momen Beban Angin Hisap (M_{ahsp})	Momen Tetap ($M_{DL} + M_{LL}$)	Momen Sementara ($M_{DL} + M_{LL} + M_{atkn}$)
M_x (kgm)	4,85	29,01	+0,56	-1,12	33,86	34,42
M_y (kgm)	2,81	16,75	0	0	19,56	19,56

3. Pendimensian usuk

Dimensi usuk dimisalkan $b = 2/3h$

b = lebar usuk (cm)

h = tinggi usuk (cm)

- $W_x = 1/6 \cdot b \cdot h^2$
 $= 1/6 \cdot 2/3h \cdot h^2$
 $= 1/9 h^3$
- $W_y = 1/6 \cdot b^2 \cdot h$
 $= 1/6 \cdot (2/3h)^2 \cdot h$

$$= 1/6 \cdot 4/9 h^2 \cdot h$$

$$= 2/27h^3$$

$$\bullet \sigma_{lt} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

$$150 = \frac{3442}{\frac{1}{9}h^3} + \frac{1956}{\frac{2}{27}h^3}$$

$$150 = \frac{30978}{h^3} + \frac{26406}{h^3}$$

$$150 = \frac{57384}{h^3}$$

$$h^3 = \frac{57384}{150}$$

$$h^3 = 382,56$$

$$h = 7,25 \text{ cm}$$

$$h \approx 8 \text{ cm}$$

jadi tinggi reng (h) dipakai kayu ukuran 8 cm, maka:

$$b = 2/3h$$

$$b = 2/3 \cdot 8$$

$$b = 5,33 \text{ cm}$$

$$b \approx 6 \text{ cm}$$

jadi dipakai reng dengan dimensi 6/8 cm

4. Kontrol lendutan pada usuk

$$\bullet f_{ijin} = 1/200 \cdot Jg$$

$$= 1/200 \cdot 134$$

$$= 0,67 \text{ cm}$$

- $I_x = 1/12 \cdot b \cdot h^3$
 $= 1/12 \cdot 6 \cdot 8^3$
 $= 256 \text{ cm}^4$

- $I_y = 1/12 \cdot b^3 \cdot h$
 $= 1/12 \cdot 6^3 \cdot 8$
 $= 144 \text{ cm}^4$

- $f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot \cos \alpha \cdot J_g^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P_x \cdot \cos \alpha \cdot J_g^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$
 $= \frac{5 \cdot 21,65 \cdot 10^{-2} \cdot \cos 30^\circ \cdot 134^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 256} + \frac{86,602 \cdot \cos 30^\circ \cdot 134^3}{48 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 256}$
 $= 0,02 + 0,12$
 $= 0,14 \text{ cm}$

- $f_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot \sin \alpha \cdot J_g^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{P_y \cdot \sin \alpha \cdot J_g^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$
 $= \frac{5 \cdot 12,5 \cdot 10^{-2} \cdot \sin 30^\circ \cdot 134^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 144} + \frac{50 \cdot \sin 30^\circ \cdot 134^3}{48 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 144}$
 $= 0,01 + 0,1$
 $= 0,11 \text{ cm}$

- $f_{\max} = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$
 $= \sqrt{(0,14)^2 + (0,1)^2}$
 $= 0,24 \text{ cm}$

Syarat $f_{\max} \leq f_{ijin}$

$$0,24 \text{ cm} \leq 0,67 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol tegangan pada usuk

$$\begin{aligned} \sigma_{ytb} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ &= \frac{3442}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} + \frac{1956}{\frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h} \\ &= \frac{3442}{\frac{1}{6} \cdot 6 \cdot 8^2} + \frac{1956}{\frac{1}{6} \cdot 6^2 \cdot 8} \\ &= 53,78 + 40,75 \\ &= 94,53 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat $\sigma_{ytb} \leq \sigma_{it}$

$$94,53 \text{ kg/cm}^2 \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

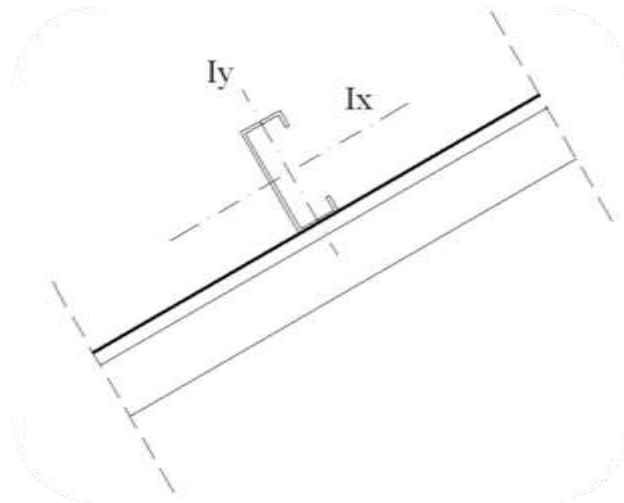
Jadi usuk kayu dengan dimensi 6/8 cm aman dipakai

3.1.4 Perencanaan Gording

1. Pembebanan gording

- Berat genteng beton (Wgb) : 50 kg/m²
- Jarak kuda – kuda (Jk) : 2,5 m
- Jarak gording (Jg) : 1,34 m
- Kemiringan atap (α) : 30°
- Spesifikasi Gording
 - Gording : C 125.50.20.4,5
 - Berat (Wgd) : 8,32 kg/m
 - Wx : 38,0 cm³
 - Wy : 10,1 cm³

- I_x : 238 cm⁴
- I_y : 33,5 cm⁴
- i_x : 4,74 cm
- i_y : 1,78 cm



Gambar 3.2 *Perencanaan Gording*

- Beban pada gording (q_{g1}) = $W_{gb} \cdot J_g$

$$= 50 \cdot 1,34$$

$$= 67 \text{ kg/m}$$

$$= 67 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$
- Beban pada gording (q_g) = $W_{gd} + q_{g1}$

$$= 8,32 + 67$$

$$= 75,32 \text{ kg/m}$$

$$= 75,32 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

- Beban braching (q_b) = $10\% \cdot q_g$
= $10\% \cdot 75,32$
= $7,53 \text{ kg/m}$
= $7,53 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$

- Beban total pada gording (q_{gtot}) = $q_g + q_b$
= $75,32 + 7,53$
= $82,85 \text{ kg/m}$
= $82,85 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$

- $q_x = q_{\text{gtot}} \cdot \cos \alpha$
= $82,85 \cdot \cos 30^\circ$
= $71,75 \text{ kg/m}$
= $71,75 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$

- $q_y = q_{\text{gtot}} \cdot \sin \alpha$
= $82,85 \cdot \sin 30^\circ$
= $41,42 \text{ kg/m}$
= $41,42 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$

- $P_x = P \cdot \cos \alpha$
= $100 \cdot \cos 30^\circ$
= $86,602 \text{ kg}$

- $P_y = P \cdot \sin \alpha$
= $100 \cdot \sin 30^\circ$
= 50 kg

2. Momen yang terjadi pada gording

a. Momen akibat beban mati

$$\begin{aligned} \bullet \quad M_{x_{DL}} &= 1/8 \cdot q_{\text{gtot}} \cdot \cos \alpha \cdot (Jk)^2 \\ &= 1/8 \cdot 82,85 \cdot \cos 30^\circ \cdot (2,5)^2 \\ &= 56,05 \text{ kgm} \\ &= 5605 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad M_{y_{DL}} &= 1/8 \cdot q_{\text{gtot}} \cdot \sin \alpha \cdot (Jk/2)^2 \\ &= 1/8 \cdot 82,85 \cdot \sin 30^\circ \cdot (2,5/2)^2 \\ &= 8,09 \text{ kgm} = 809 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

b. Momen akibat beban hidup karena beban pekerja

$$\begin{aligned} \bullet \quad M_{x_{LL}} &= 1/4 \cdot P \cdot \cos \alpha \cdot Jk \\ &= 1/4 \cdot 100 \cdot \cos 30^\circ \cdot 2,5 \\ &= 54,13 \text{ kgm} \\ &= 5413 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad M_{y_{LL}} &= 1/4 \cdot P \cdot \sin \alpha \cdot Jk/2 \\ &= 1/4 \cdot 100 \cdot \sin 30^\circ \cdot 2,5/2 \\ &= 15,62 \text{ kgm} \\ &= 15,62 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

c. Momen akibat beban angin

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin tekan = $(+0,02\alpha - 0,4)$,

dimana $\alpha = 30^\circ$

$$\begin{aligned} \bullet \quad W_{\text{atkn}} &= (+0,02\alpha - 0,4) \cdot W_{\text{ang}} \cdot Jg \\ &= ((+0,02 \cdot 30^\circ) - 0,4) \cdot 25 \cdot 1,34 \end{aligned}$$

$$= + 6,7 \text{ kgm}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin tekan:

$$\begin{aligned} M_{\text{atkn}} &= 1/8 \cdot W_{\text{atkn}} \cdot (Jk)^2 \\ &= 1/8 \cdot (+6,7) \cdot (2,5)^2 \\ &= +5,23 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin hisap pada sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ = (-0,4)$

- $$\begin{aligned} W_{\text{ahsp}} &= (-0,4) \cdot W_{\text{ang}} \cdot J_g \\ &= (-0,4) \cdot 25 \cdot 1,34 \\ &= -13,4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin hisap:

$$\begin{aligned} M_{\text{ahsp}} &= 1/8 \cdot W_{\text{ahsp}} \cdot (Jk)^2 \\ &= 1/8 \cdot (-13,4) \cdot (2,5)^2 \\ &= -10,46 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Tabel 3.2 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Gording

Momen (M)	Momen Beban Mati (M_{DL})	Momen Beban Hidup (M_{LL})	Momen Beban Angin Tekan (M_{atkn})	Momen Beban Angin Hisap (M_{ahsp})	Momen Tetap ($M_{DL} + M_{LL}$)	Momen Sementara ($M_{DL} + M_{LL} + M_{atkn}$)
M_x (kgm)	56,05	54,13	+5,23	-10,46	110,18	115,41
M_y (kgm)	8,09	15,62	0	0	23,71	23,71

3. Kontrol tegangan pada gording

$$\begin{aligned}\sigma_{ytb} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ &= \frac{11541}{38} + \frac{2371}{10,1} \\ &= 303,7 + 234,75 \\ &= 538,45 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Syarat $\sigma_{ytb} \leq \sigma_{tkn}$

$$538,45 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

4. Kontrol lendutan pada gording

Syarat – syarat lendutan maksimum berdasarkan PPBGGI 1987 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Syarat – Syarat Lendutan

No	Kondisi Pembebanan	Lendutan max
1	DL+LL	Jk/250
2	LL	Jk/500
3		25 mm

a. Check terhadap syarat 1

- $f_{ijin} = Jk/250$
 $= 250/250$
 $= 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f_x &= \frac{5 \cdot q_x \cdot Jk^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P_x \cdot Jk^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \\
 &= \frac{5 \cdot 95,57 \cdot 10^{-2} \cdot 250^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 238} + \frac{86,602 \cdot 250^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 238} \\
 &= 0,1 + 0,1 \\
 &= 0,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f_y &= \frac{5 \cdot q_y \cdot (Jk/2)^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{P_x \cdot (Jk/2)^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \\
 &= \frac{5 \cdot 55,18 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{250}{2}\right)^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 33,5} + \frac{50 \cdot \left(\frac{250}{2}\right)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 33,5} \\
 &= 0,02 + 0,03 \\
 &= 0,05 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f_{\max} &= \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \\
 &= \sqrt{(0,2)^2 + (0,05)^2} \\
 &= 0,25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Syarat $f_{\max} \leq f_{ijin}$

$$0,25 \text{ cm} \leq 1,8 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

b. Check terhadap syarat 2

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \delta_{ijin} &= Jk/500 \\
 &= 250/500 \\
 &= 0,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\bullet \quad \delta_x = \frac{P \cdot \sin \alpha \cdot (Jk/2)^2}{48 \cdot E \cdot I_y}$$

$$= \frac{100 \cdot \sin 30^{\circ} \cdot (250/2)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 33,5}$$

$$= 0,03 \text{ cm}$$

$$\bullet \delta_y = \frac{P \cdot \cos \alpha \cdot Jk^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

$$= \frac{100 \cdot \cos 30^{\circ} \cdot 250^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 238}$$

$$= 0,06 \text{ cm}$$

$$\bullet \delta_{\max} = \sqrt{(\delta_x)^2 + (\delta_y)^2}$$

$$= \sqrt{(0,03)^2 + (0,06)^2}$$

$$= 0,09 \text{ cm}$$

Syarat $\delta_{\max} \leq \delta_{\text{ijin}}$

$$0,09 \text{ cm} \leq 0,9 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

c. Check terhadap syarat 3

$$\delta_{\max} = \sqrt{(\delta_x)^2 + (\delta_y)^2}$$

$$= \sqrt{(0,03)^2 + (0,06)^2}$$

$$= 0,09 \text{ cm}$$

$$= 0,9 \text{ mm}$$

Syarat $\delta_{\max} \leq 25 \text{ mm}$

$$0,9 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Jadi baja profil light lip channels 125.50.20.4,5 memenuhi syarat tegangan dan lendutan maka baja profil light lip channels 125.50.20.4,5 dapat digunakan sebagai gording.

3.1.5 Perencanaan Pembebanan pada Kuda – Kuda

a. Analisa pembebanan akibat beban mati (DL) pada titik buhul

- Beban atap (q_a) = $J_g \cdot W_{gb} \cdot J_k$
 $= 1,34 \cdot 50 \cdot 2,5$
 $= 167,5 \text{ kg}$
- Beban gording (q_g) = $W_{gd} \cdot J_k$
 $= 8,32 \cdot 2,5$
 $= 20,8 \text{ kg}$
- Berat kuda – kuda asumsi (q_k) = $J_k \cdot \text{bentang kuda – kuda} \cdot 2W_{kk}$
 $= 2,5 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 7,38$
 $= 516,6 \text{ kgm}$
- Berat plafond & penggantung (q_{pf}) = $W_{pf} \cdot J_k$
 $= 18 \cdot 2,5$
 $= 45 \text{ kgm}$
- $q_{tot} = q_a + q_g + q_k + q_{pf}$
 $= 167,5 + 20,8 + 516,6 + 45$
 $= 749,9 \text{ kg}$
- Berat braching (q_b) = $10\% \cdot q_{tot}$

$$= 10\% \cdot 284,96$$

$$= 74,99 \text{ kg}$$

- Beban Mati (DL) $= q_{\text{tot}} + q_b$
 $= 749,9 + 74,99$
 $= 824,89 \text{ kg}$

b. Analisa pembebanan akibat beban hidup (LL) pada atap

Menurut PMI pasal 3.2.(3) beban hidup pada atap adalah 100 kg

$$\text{Beban hidup (LL)} = 100 \text{ kg}$$

$$= 1 \text{ KN}$$

c. Analisa pembebanan akibat tekanan angin (W)

Tekanan angin gunung (W_{ang}) = 25 kg/m^2 , menurut PMI 1970 pasal

4.3.b koefisien angin tekan dengan sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ = (+0,02\alpha - 0,4)$, dimana $\alpha = 30^\circ$

- Koefisien tekanan angin tekan (c_1) $= (+0,02\alpha - 0,4)$
 $= ((+0,02 \cdot 30^\circ) - 0,4)$
 $= 0,2$

- Angin tekan (W_{tkn}) $= W_{\text{ang}} \cdot c_1 \cdot J_g \cdot J_k$
 $= 25 \cdot 0,2 \cdot 1,34 \cdot 2,5$
 $= 16,75 \text{ kg}$

Proyeksi beban angin tekan (untuk data input SAP pada sudut 30°)

sebagai berikut:

- Arah x $= W_{\text{tkn}} \cdot \cos \alpha$
 $= 16,75 \cdot \cos 30^\circ$

$$= 14,50 \text{ kg}$$

- Arah z = $W_{tkn} \cdot \sin \alpha$
 $= 16,75 \cdot \sin 30^\circ$
 $= 8,38 \text{ kg}$

menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin hisap dengan sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ = (-0,4)$, dimana $\alpha = 30^\circ$

- Koefisien angin hisap (c_2) = -0,4
- Angin hisap (W_{hsp}) = $W_{ang} \cdot c_2 \cdot J_g \cdot J_k$
 $= 25 \cdot (-0,4) \cdot 1,34 \cdot 2,5$
 $= -33,5 \text{ kg}$

Proyeksi beban angin tekan (untuk data input SAP pada sudut 30°) sebagai berikut:

- Arah x = $W_{hsp} \cdot \cos \alpha$
 $= (-33,5) \cdot \cos 30^\circ$
 $= -29,01 \text{ kg}$
- Arah z = $W_{hsp} \cdot \sin \alpha$
 $= (-33,5) \cdot \sin 30^\circ$
 $= -16,75 \text{ kg}$

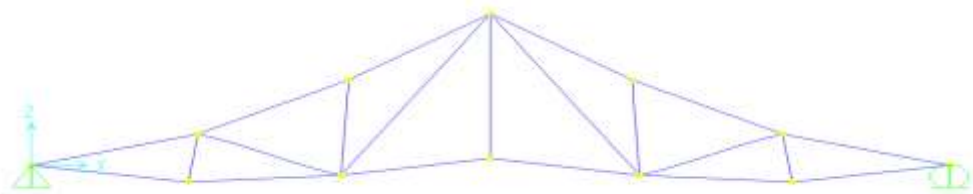
3.1.6 Perhitungan Mekanika

Perhitungan mekanika dilakukan untuk mengetahui reaksi pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda. Setelah mengetahui berat beban mati, beban hidup dan beban angin langkah selanjutnya adalah menganalisis

pembebanan melalui program SAP 2000 v10 (Structur Analysis Program), agar dapat mengetahui reaksi pembebanan yang terjadi dikuda – kuda, serta dapat mengetahui besarnya gaya batang. Hasil analisis perhitungan mekanika melalui SAP 2000 v10 (Structur Analysis Program) dapat dilihat dilampiran Tugas Akhir ini. Kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai berikut:

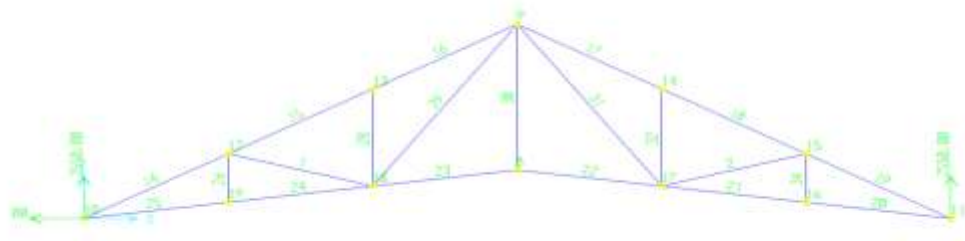
- DL + LL
- 1,2 DL + 1,4 LL
- 1,2 DL + 1,4 LL + 0,8 W

Berikut ini disajikan gambar hasil dari program SAP 2000 v10 pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda setelah di run.



Gambar 3.3. Hasil Analisis Run

Hasil reaksi pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda ditunjukkan pada gambar hasil dari program SAP 2000 v10 di bawah ini.



Gambar 3.4 *Reaksi Pembebanan yang Terjadi di Ra dan Rb*

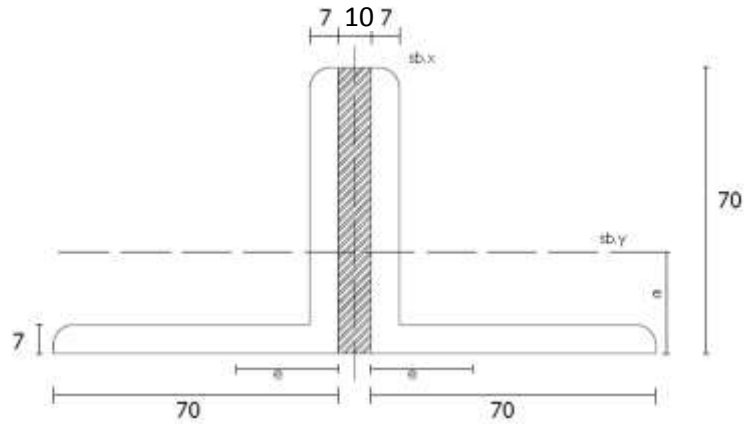
Perhitungan reaksi yang terjadi pada masing – masing tumpuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{DL \cdot \text{jumlah batang}}{2} \\
 &= \frac{(850 \cdot 6)}{2} \\
 &= 2550 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban mati (DL) pada perhitungan didapat beban mati sebesar 824,89 kg pada input SAP 2000 v10 beban mati dibulatkan menjadi 850 kg.

3.1.7 Perhitungan Profil dan Sambungan

A. Cek penampang profil 2L 70.70.7



Gambar 3.5 profil baja 2L 70.70.7

- P batang tarik : +8089,64 kg
- l_k batang tarik : 235,702 cm
- Mutu baja : Bj 37

a. Pendimensian batang tarik dipakai profil siku siku sama kaki 2L.70.70.7

dengan:

- A_n : 8,00 cm² (luas bersih)
- $i_x = i_y$: 2,12 cm

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{min}}$$

$$= \frac{235}{2,12} \leq 240$$

$$= 110,8 \leq 240 \text{ (OK)}$$

- ❖ Kontrol tegangan terhadap sumbu x dan y

$$\frac{P}{2 \cdot A_n} \leq 75\% \sigma$$

$$\frac{8089,64}{2 \cdot 8} \leq 75\% \cdot 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$505,61 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

b. Pendimensian batang tekan dipakai profil siku siku sama kaki 2L.70.70.7 dengan:

- P batang tekan : 9212.5 kg
- l_k batang tekan : 268.74 cm
- $i_x = i_y$: 2,21 cm
- λ_g : 111

$$i_{\min} = \frac{l_k}{\tau_g}$$

$$= \frac{268,74}{111}$$

$$= 2,42 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}}$$

$$= \frac{268,74}{2,42}$$

$$= 110$$

Syarat $\lambda < \lambda_g$

$$110 < 111 \quad (\text{OK})$$

❖ Kontrol tegangan terhadap sumbu x dan sumbu y

$\lambda = 110$ maka $\omega = 1,822$ (faktor tekuk (ω) untuk mutu baja 37 buku pedoman perencanaan bangunan baja untuk gedung).

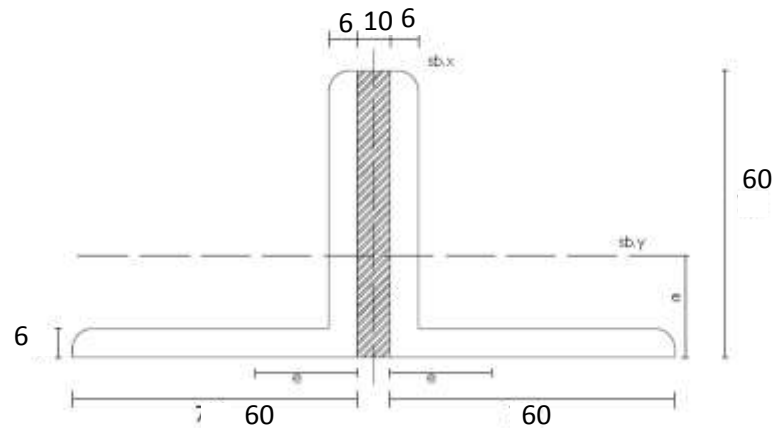
Syarat:

$$\omega \frac{P}{2 \cdot A_n} < \sigma$$

$$1,822 \cdot \frac{9212,5}{2 \cdot 8} < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$1049,1 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

B. Cek penampang profil 2L 60.60.6



Gambar 3.6 profil baja 2L 60.60.6

- P batang tarik : +2804.1 kg
- l_k batang tarik : 406,8 cm
- Mutu baja : Bj 37

a. Pendimensian batang tarik dipakai profil siku siku sama kaki 2L.60.60.6

dengan:

- A_n : $6,91 \text{ cm}^2$ (luas bersih)
- $i_x = i_y$: 1,82 cm

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{min}}$$

$$= \frac{406}{1,82} \leq 240$$

$$= 223 \leq 240 \quad (\text{OK})$$

❖ Kontrol tegangan terhadap sumbu x dan y

$$\frac{P}{2 \cdot A_n} \leq 75\% \sigma$$

$$\frac{2804,1}{2 \cdot 6,91} \leq 75\% \cdot 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$202,9 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 (\text{OK})$$

b. Pendimensian batang tekan dipakai profil siku siku sama kaki

2L.60.60.6 dengan:

- P batang tekan : - 1260,2kg
- l_k batang tekan : 200 cm
- $i_x = i_y$: 1,82 cm
- λ_g : 111

$$i_{min} = \frac{l_k}{\tau_g}$$

$$= \frac{200}{111}$$

$$= 1,80 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{min}}$$

$$= \frac{200}{180}$$

$$= 111$$

Syarat $\lambda < \lambda_g$

$$111 < 111 \quad (\text{OK})$$

❖ Kontrol tegangan terhadap sumbu x dan sumbu y

$\lambda = 110$ maka $\omega = 1,822$ (faktor tekuk (ω) untuk mutu baja 37 buku pedoman perencanaan bangunan baja untuk gedung).

Syarat:

$$\omega \frac{P}{2 \cdot A_n} < \sigma$$

$$1,822 \cdot \frac{1260,2}{2 \cdot 6,91} < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$166,14 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

C. Hitung sambungan baut

Diambil pada contoh pada batang 21 dengan gaya batang maksimum 4915,45 kg. baut akan di atur dalam 2 baris

Diketahui :

- Tebal plat = 10 mm
- Diameter baut = 16 mm

1) Menghitung kekuatan plat tengah

$$A_g = 10 \times 150 = 1500$$

$$A_n = [150 - 2 \cdot (16 + 3,2)] \cdot 10 = 1116 \text{ mm}$$

$$A_e = A_n$$

$$\text{Leleh} = \phi \cdot T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 240 \cdot 1500 = 324000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Fraktur} = \phi \cdot T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_g = 0,75 \cdot 370 \cdot 1116 = 309690 \text{ Nmm}$$

2) Tahanan geser baut

$r_1 = 0,5$ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$$\phi_f = 0,75$$

$M =$ jumlah bidang geser $= 2$

$f_u^b =$ tegangan tarik putus baut $= 825 \text{ MPa}$

$$R_n = \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times 0,25 \times \pi \times d^2 \times m$$

$$R_n = 0,75 \times 0,5 \times 825 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 2 = 124344 \text{ N} = 12434,4 \text{ kg}$$

3) Tahanan tumpu baut

$$R_n = 2,4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u$$

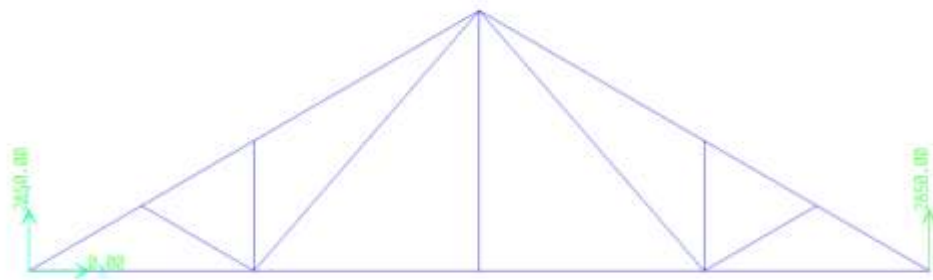
$$R_n = 2,4 \times 0,75 \times 16 \times 10 \times 370 = 106560 \text{ N} = 10656 \text{ kg}$$

4) Menentukan jumlah baut

Tahanan nominal baut dipilih yang ter kecil diantara tahanan geser dan tahanan tumpu baut $R_n = 106560 \text{ N}$

$$\text{Jumlah baut (n)} = 309690 / 106560 = 2,91 = 3 \text{ baut}$$

Rencana kuda – kuda II



Gambar 3.7 Rencana Kuda - Kuda

3.1.8 Perencanaan Reng

1. Pembebanan reng

- Berat genteng beton (W_{gb}) : 50 kg/m²
- Jarak reng (J_r) : 25 cm
- Jarak usuk (J_u) : 50 cm
- Kemiringan atap (α) : 30°

Beban pada reng (q_r) = 12,5 kg/m

$$= 12,5 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

2. Momen yang terjadi pada reng

- $M_x = 0,338 \text{ kgm}$
 $= 33,8 \text{ kgcm}$

- $M_y = 0,195 \text{ kgm}$
 $= 19,5 \text{ kgcm}$

3. Pendimensian reng

Dimensi reng dimisalkan $b = 2/3h$

b = lebar reng (cm)

h = tinggi reng (cm)

- $W_x = 1/6 \cdot b \cdot h^2$
 $= 1/6 \cdot 2/3h \cdot h^2$
 $= 1/9 h^3$
- $W_y = 1/6 \cdot b^2 \cdot h$
 $= 1/6 \cdot (2/3h)^2 \cdot h$
 $= 1/6 \cdot 4/9 h^2 \cdot h$
 $= 2/27h^3$
- $\sigma_{lt} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$
 $150 = \frac{33,8}{\frac{1}{9}h^3} + \frac{19,5}{\frac{2}{27}h^3}$
 $150 = \frac{304,2}{h^3} + \frac{263,25}{h^3}$
 $150 = \frac{567,45}{h^3}$

$$h^3 = \frac{567,45}{150}$$

$$h^3 = 3,78$$

$$h = 1,56 \text{ cm}$$

$$h \approx 3 \text{ cm}$$

jadi tinggi reng (h) dipakai kayu ukuran 3 cm, maka:

$$b = 2/3h$$

$$b = 2/3 \cdot 3$$

$$b = 2 \text{ cm}$$

jadi dipakai reng dengan dimensi 2/3 cm

4. Kontrol lendutan pada reng

- $f_{ijin} = 0,25 \text{ cm}$
- $I_x = 4,5 \text{ cm}^4$
- $I_y = 2 \text{ cm}^4$
- $f_x = 0,016 \text{ cm}$
- $f_y = 0,020 \text{ cm}$
- $f_{max} = 0,026 \text{ cm}$

Syarat $f_{max} \leq f_{ijin}$

$$0,026 \text{ cm} \leq 0,25 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol tegangan pada reng

$$\sigma_{ytb} = 21,02 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat $\sigma_{ytb} \leq \sigma_{lt}$

$$21,02 \text{ kg/cm}^2 \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi reng kayu dengan dimensi 2/3 cm aman dipakai

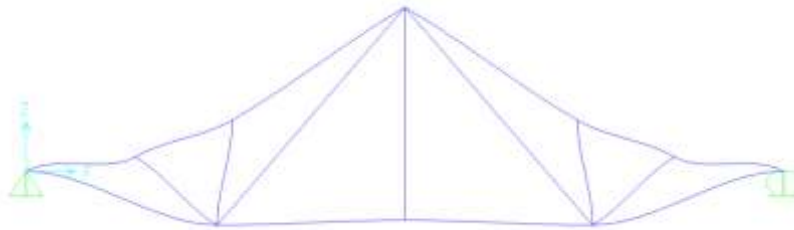
3.1.8 Perencanaan Pembebanan dan pendimensionian pada Usuk, Gording dan Kuda – Kuda profil 60.60.6 dan 50.50.5

- Perhitungan Mekanika

Perhitungan mekanika dilakukan untuk mengetahui reaksi pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda. Setelah mengetahui berat beban mati, beban hidup dan beban angin langkah selanjutnya adalah menganalisis pembebanan melalui program SAP 2000 v10 (Structur Analysis Program), agar dapat mengetahui reaksi pembebanan yang terjadi dikuda – kuda, serta dapat mengetahui besarnya gaya batang. Hasil analisis perhitungan mekanika melalui SAP 2000 v10 (Structur Analysis Program) dapat dilihat dilampiran Tugas Akhir ini. Kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai berikut:

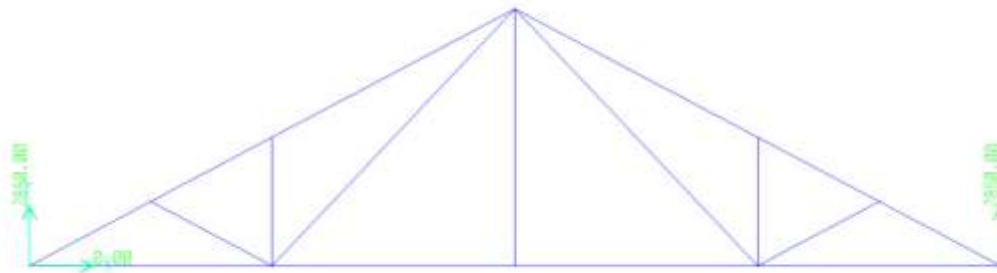
- DL + LL
- 1,2 DL + 1,4 LL
- 1,2 DL + 1,4 LL + 0,8 W

Berikut ini disajikan gambar hasil dari program SAP 2000 v10 pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda setelah di run.



Gambar 3.8 Hasil Analysis Run

Hasil reaksi pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda ditunjukkan pada gambar hasil dari program SAP 2000 v10 di bawah ini.



Gambar 3.9 Reaksi Pembebanan yang Terjadi di Ra dan Rb

Perhitungan reaksi yang terjadi pada masing – masing tumpuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{DL \cdot \text{jumlah batang}}{2} \\ &= \frac{(950 \cdot 6)}{2} \\ &= 2850 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban mati (DL) pada perhitungan didapat beban mati sebesar 916,84 kg pada input SAP 2000 v10 beban mati dibulatkan menjadi 950 kg.

Tabel 3.4 perencanaan Usuk, Gording, dan kuda – kuda 60.60.6 dan 50.50.5

RENCANA USUK			RENCANA GORDING			RENCANA KUDA - KUDA					
PEMBEBANAN			PEMBEBANAN			PEMBEBANAN			CEK PENAMPANG TARIK II		
Qu	25.00	Kg/cm	qg1	72.00	Kg/m	Qa	324.00	Kg	P tarik	1980.49	Kg
Qx	21.65	Kg/cm	qg	80.32	Kg/m	Qg	37.44	Kg	lk tarik	190.68	Cm
Qy	12.50	Kg/cm	qb	8.03	Kg/m	Qk	391.05	Kgm	An	6.91	
Px	86.60	Kg	qgtot	88.35	Kg/m	Qpf	81.00	Kgm	Λ		
Py	50.00	Kg	qx	76.52	Kg/m	Qtot	833.49	Kg	KONTROL TEGANGAN X DAN Y		
Wtkn	2.50	Kgcm	qy	44.18	Kg/m	Qb	83.35	Kg	143.31	<	1200
Whsp	-5.00	Kgcm	Px	86.60	Kg	DL	916.84	Kg	CEK PENAMPANG TEKAN II		
MOMEN			Py	50.00	Kg	c1	0.20		P tekan	1092.46	Kg
MxDL	5.61	Kgcm	Wtkn	7.20	Kg/m	Wtkn	32.40	Kg	lk tekan	72.13	Cm
myDL	3.24	Kgcm	Whsp	-14.40	Kg/m	c2	-0.40		Λg	111.00	
MxLL	31.18	Kgcm	MOMEN			Whsp	-64.80	Kg	imin	0.65	
MyLL	18.00	Kgcm	MxDL	193.68	Kgcm	CEK PENAMPANG TARIK I			Λ	111.00	
Mtkn	0.65	Kgm	MyDL	27.96	Kgcm	P tarik	2538.91	Kg	Syarat		
Mhsp	-1.30	Kgm	MxLL	97.43	Kgcm	lk tarik	125.00	Cm	λ < λg		(OK)
Mxt	37.44	Kgm	MyLL	28.13	Kgcm	An	6.91	Cm ²			
Myt	21.24	Kgm	Mtkn	18.23	Kgm	Λ	68.68	(OK)			
DIMENSI USUK			Mhsp	-36.45	Kgm	KONTROL SUMBU X DAN Y					
H	7.46	Cm	Mx	309.33	Kgm	183.71	<	1200			
h isi	8.00	Cm	My	56.08	Kgm	CEK PENAMPANG TEKAN I					
B	5.33	Cm	KONTROL TEGANGAN			P tekan	5873.20	Kg			
b isi	6.00	Cm	σytb	1369.28		lk tekan	72.13	Cm			
KONTROL LENDUT			σytb < σ			Λg	111.00				
f ijin	0.72	Cm	KONTROL LENDUT			Ω	1.82				
Ix	256.00	Cm ⁴	f ijin	1.80	cm	lmin	0.65				
Iy	144.00	Cm ⁴	fx	0.96	cm	Λ	111.00				
Fx	0.18	Cm	fy	0.38	cm	syarat					
Fy	0.11	Cm	fmax	1.04	cm	λ < λg		(OK)			
Fmax	0.21	Cm	fmax < f ijin		(OK)	KONTROL SUMBU X DAN Y					
fmax < f ijin		(OK)				774.31	<	1600			
KONTROL TEGANGAN			δ ijin	0.90	cm						
Σytb	102.74		Δx	0.17	cm						
σytb < σlt		(OK)	Δy	0.28	cm						
			δmax	0.32	cm						
			δmax < δ ijin		(OK)						
				25	mm						
			δmax < δ ijin		(OK)						

- Hitung sambungan baut

Diketahui :

- Tebal plat = 10 mm
- Diameter baut = 16 mm

1) Menghitung kekuatan plat tengah

$$A_g = 10 \times 150 = 1500$$

$$A_n = [150 - 2 \cdot (16 + 3,2)] \cdot 10 = 1116 \text{ mm}$$

$$A_e = A_n$$

$$\text{Leleh} = \phi \cdot T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 240 \cdot 1500 = 324000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Fraktur} = \phi \cdot T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_g = 0,75 \cdot 370 \cdot 1116 = 309690 \text{ Nmm}$$

2) Tahanan geser baut

$r_1 = 0,5$ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$$\phi_f = 0,75$$

$M =$ jumlah bidang geser = 2

$f_u^b =$ tegangan tarik putus baut = 825 MPa

$$R_n = \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times 0,25 \times \pi \times d^2 \times m$$

$$R_n = 0,75 \times 0,5 \times 825 \times 0,25 \times 3,14 \times 16^2 \times 2 = 124344 \text{ N} =$$

$$12434,4 \text{ kg}$$

3) Tahanan tumpu baut

$$R_n = 2,4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$R_n = 2,4 \times 0,75 \times 16 \times 10 \times 370 = 106560 \text{ N} = 10656 \text{ kg}$$

4) Menentukan jumlah baut

Tahanan nominal baut dipilih yang ter kecil diantara tahanan geser dan tahanan tumpu baut $R_n = 106560 \text{ N}$

Jumlah baut (n) = $309690 / 106560 = 2,91 = 3$ baut

3.2 Perencanaan Pelat Lantai

3.2.1 Data Teknis Perencanaan Pelat Lantai

- Mutu beton ($f'c$) : 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 240 Mpa
- Berat adukan semen per cm tebal : 21 kg/m^2
- Berat penutup lantai keramik : 24 kg/m^2
- Berat beton bertulang : 2400 kg/m^3
- Berat pasir kondisi lembab : 1850 kg/m^3
- Beban hidup untuk gedung kuliah : 250 kg/m^2









3.2.2 Pembebanan Pada Plat Lantai











a. Beban mati lantai dengan tebal 12 cm

- a) Berat sendiri plat lantai = $0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/cm}^3 = 288 \text{ kg/m}^3$
- b) Urugan pasir = $0,05 \times 1800 \text{ kg/m}^3 = 90 \text{ kg/m}^3$
- c) Spesi = $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^3$
- d) Ubin keramik = 24 kg/m^3
- e) Plafon pengantung = 18 kg/m^3
- f) Talang AC = 10 kg/m^3

- b. Beban mati lantai atap dag dengan ketebalan 10 cm
- a) Berat sendiri plat lantai = $0,10 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 240 \text{ kg/m}^3$
- b) Plafon pengantung = 18 kg/m^3
- c) Talang AC = 10 kg/m^3
- c. Beban hidup lantai ruang kuliah = 250 kg
- d. Beban hidup lantai atap dag = 100 kg
- e. Type Palat Lantai

Tabel 3.5 tabel type plat

TYPE PLAT	DIMENSI (M)	JENIS
A	2,50 x 3,50 x 0,12	
A1	2,50 x 3,50 x 0,12	
B	2,50 x 3,50 x 0,12	
B1	2,50 x 3,50 x 0,12	
C	4,00 x 3,50 x 0,12	
C1	4,00 x 3,50 x 0,12	
D	2,50 x 2,00 x 0,12	
E	4,00 x 3,50 x 0,12	

F	1,20 x 3,50 x 0,12	
G	1,20 x 1,20 x 0,12	
H	2,50 x 1,20 x 0,12	
I	2,50 x 1,20 x 0,12	
J	2,00 x 2,00 x 0,12	
K	2,00 x 3,50 x 0,12	
L	2,00 x 2,00 x 0,12	
M	1,50 x 1,50 x 0,12	
N	2,50 x 1,20 x 0,12	
O	4,00 x 1,20 x 0,12	

3.2.3 Perencanaan Palat Lantai

A. Pendimensionian plat lantai

Penentuan tebal pelat lantai mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002 Pasal 15.3.6, pelat lantai ditentukan dengan langkah sebagai berikut:

1) sisi balok induk arah x (Bix)

$$H = 550 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$L = 5000 \text{ mm}$$

Tebal pelat lantai = 120 mm

$$\alpha_{Biy1} = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} = \frac{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 550^3}{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 5000 \cdot 120^3} = 5,77$$

2) sisi balok induk arah y (Biy)

$$H = 700 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$L = 7000 \text{ mm}$$

Tebal pelat lantai = 120mm

$$\alpha_{Bix} = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} = \frac{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 650^3}{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 7000 \cdot 120^3} = 6.81$$

3) sisi balok anak arah x (Bax)

$$H = 450 \text{ mm}$$

$$B = 250 \text{ mm}$$

$$L = 5000 \text{ mm}$$

Tebal pelat lantai = 120mm

$$\alpha_{Bax} = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} = \frac{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 250 \cdot 450^3}{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 5000 \cdot 120^3} = 2.64$$

➤ rasio kekakuan rata-rata

$$\alpha_m = \frac{(\alpha_{Biy} \cdot 2) + \alpha_{Bix} + \alpha_{Bax}}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{(6.81 \cdot 2) + 5.77 + 2.64}{4} = 5.5$$

Berdasarkan peraturan SKSNI 03-2847-2002 Pasal 11.5.3.(3).(c)

Hal 66 mengatur tebal pelat lantai minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya tidak boleh kurang dari $h(\min)$, dimana tebal minimum pelat lantai dengan $\alpha_m \geq 2$ dihitung sebagai berikut :

$$h(\min) = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9 + 1.5}$$

$$h(\min) = \frac{5000(0.8 + \frac{240}{1500})}{36 + 9 + 1.5} = 80$$

$$h(\max) = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1500})}{36}$$

$$h(\text{max}) = \frac{5000(0.8 + \frac{240}{1500})}{36} = 133.3$$

Karena $\alpha_m \geq 2$ dan tidak boleh kurang dari $h(\text{min})$ serta tidak boleh kurang dari 90 mm, maka dipakai tebal pelat lantai 12 cm

4) Mencari ρ

$$\rho = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1.4}{240} = 0.0058$$

Untuk $f'c \leq 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240}$$

$$= 0.064$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \cdot \rho_b$$

$$= 0.75 \cdot 0.064$$

$$= 0.048$$

B. Pembebanan Plat Lantai

- Beban Mati

$W_{\text{Dtotsl}} = \text{beban plat} + \text{urugan pasir} + \text{spesi} + \text{ubin kramik} +$
 plafon penggantung + talang ac

$$W_{\text{Dtotsl}} = 288 + 90 + 63 + 24 + 18 + 10 = 493 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{Dtotal} = 240 + 18 + 10 = 268 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Hidup**

$$W_{gk} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

- **Beban Ultimed**

$$\begin{aligned} W_{u_{gk}} &= 1,2 W_D + 1,6 W_{gk} \\ &= (1,2 \cdot 268) + (1,6 \cdot 250) \\ &= 991,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{u_{atap}} &= 1,2 W_D + 1,6 W_{atap} \\ &= (1,2 \cdot 268) + (1,6 \cdot 100) \\ &= 481,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Plat Momen

1. Untuk pelat lantai bersimbol huruf A

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) $l_y/l_x = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $$\begin{aligned} m_{lx} &= 0,057 \cdot W_u \cdot l_x^2 \\ &= 0,057 \cdot 9,91 \cdot 2,5^2 \\ &= 3,53 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} m_{ly} &= 0,023 \cdot W_u \cdot l_y^2 \\ &= 0,023 \cdot 9,91 \cdot 3,5^2 \\ &= 2,79 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1,76 \text{ KNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1,39 \text{ KNm}$

2. Untuk pelat lantai bersimbol huruf A1

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,052 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,052 \cdot 9.91 \cdot 2.5^2$
 $= 3,22 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,023 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,023 \cdot 9.91 \cdot 3.5^2$
 $= 2,79 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1,61 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1,40 \text{ KNm}$

3. Untuk pelat lantai bersimbol B

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,052 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,052 \cdot 9,91 \cdot 2,5^2$$

$$= 3,15 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,023 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,023 \cdot 9,91 \cdot 3,5^2$$

$$= 2,79 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1,70 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1,40 \text{ kNm}$

4. Untuk pelat lantai bersimbol huruf B1

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon)

pada $l_y/l_x = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,058 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,058 \cdot 9,91 \cdot 2,5^2$$

$$= 3,59 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,034 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,034 \cdot 9,91 \cdot 3,5^2$$

$$= 4,13 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1,80 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 2,06 \text{ kNm}$

5. Untuk pelat atap bersimbol huruf C

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku

Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai

berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,039 \cdot 9.91 \cdot 4^2$
 $= 6,18 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,031 \cdot 9.91 \cdot 3,5^2$
 $= 3,76 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 3,09 \text{ KNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1,88 \text{ KNm}$

6. Pelat atap bersimbol huruf C1

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 5^2$
 $= 7,43 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 3.5^2$
 $= 3,64 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 3,94 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1.82 \text{ kNm}$

7. Untuk pelat lantai bersimbol huruf D

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 2,5^2$
 $= 1,85 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 2^2$
 $= 1,18 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0,93 \text{ KNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0,59 \text{ KNm}$

8. Untuk pelat lantai bersimbol huruf E

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,039 \cdot 9.91 \cdot 4^2$
 $= 6,18 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,031 \cdot 9.91 \cdot 3,5^2$
 $= 3,76 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 3,09 \text{ KNm}$

- $m_{ly} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1,88 \text{ KNm}$

9. Untuk pelat lantai bersimbol F

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 2,9$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,083 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,083 \cdot 9.91 \cdot 1.2^2$
 $= 1.18 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = 0,019 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,019 \cdot 9.91 \cdot 3.5^2$
 $= 2.31 \text{ kNm}$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.59 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1.15 \text{ KNm}$

10. Untuk pelat lantai bersimbol huruf G

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,039 \cdot 9.91 \cdot 1,2^2$
 $= 0.56 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,031 \cdot 9,91 \cdot 1,2^2$$

$$= 0,44 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0,29 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0,22 \text{ kNm}$

11. Untuk pelat atap bersimbol huruf H

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,083 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,083 \cdot 9,91 \cdot 2,5^2$
 $= 5,14 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = 0,019 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,019 \cdot 9,91 \cdot 1,2^2$
 $= 0,27 \text{ kNm}$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 2,57 \text{ KNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0,135 \text{ KNm}$

12. Pelat atap bersimbol huruf I

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,039 \cdot 9.91 \cdot 2.5^2$
 $= 2,15 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,031 \cdot 9.91 \cdot 1.2^2$
 $= 0.44 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1.21 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.22 \text{ kNm}$

13. Untuk pelat lantai bersimbol huruf J

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,025 \cdot 9.91 \cdot 2^2$
 $= 0.99 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,025 \cdot 9.91 \cdot 2^2$
 $= 0.99 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.5 \text{ KNm}$

- $m_{ly} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.5 \text{ KNm}$

14. Untuk pelat lantai bersimbol K

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1.75$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,061 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,061 \cdot 10,49 \cdot 2^2$
 $= 2.42 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = 0,022 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,022 \cdot 10,49 \cdot 3.5^2$
 $= 2.67 \text{ kNm}$

- $m_{lx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1.21 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1.33 \text{ kNm}$

15. Untuk pelat lantai bersimbol huruf L

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,025 \cdot 9.91 \cdot 2^2$
 $= 0.99 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,025 \cdot 9.91 \cdot 2^2$

$$= 0.99 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.5 \text{ kNm}$

$$m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.5 \text{ kNm}$$

16. Untuk pelat atap bersimbol huruf M

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 1.5^2$
 $= 0.67 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 1.5^2$
 $= 0.67 \text{ kNm}$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.33 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.33 \text{ kNm}$

17. Pelat atap bersimbol huruf N

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 2.5^2$

$$= 1.86 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 1.2^2$
 $= 0.43 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.93 \text{ kNm}$
 $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.21 \text{ kNm}$

18. Pelat atap bersimbol huruf O

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 4^2$
 $= 4.75 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 9.91 \cdot 1.2^2$
 $= 0.43 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 2.38 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.21 \text{ kNm}$

D. Hitung tulangan

Tebal pelat $h = 120$ mm. Penutup beton menurut table 3 ($\phi < 16$ mm): $\rho = 40$ mm Diameter tulangan utama yang diperkirakan dalam arah -x $\phi 10$ mm dan dalam arah-y $\phi 8$ mm.

- Tinggi efektif d dalam arah-x adalah

$$d = h \text{ min} - \rho - \frac{1}{2} \phi$$

$$d_x = 120 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 75 \text{ mm}$$

- Tinggi efektif d dalam arah-y adalah

$$d = h \text{ min} - \rho - \phi_x - \frac{1}{2} \phi_y$$

$$d_y = 120 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8 = 66 \text{ mm}$$

- Momen lapangan dalam arah-x A :

$$m_{ix} = 3,53 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{3,53 \cdot 10^{-2}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,075^2}$$

$$= 0,0029$$

$$\rho \text{ min} = 0,0058 \text{ mm (table 7)}$$

$$\rho \text{ mak} = 0,045 \text{ mm}$$

$$\rho \text{ min} > \rho < \rho \text{ mak}$$

$$A_{s1x} = \rho \cdot b \cdot d \cdot 10^6 = 0,0058 \times 1,0 \times 0,075 \times 10^6$$

$$= 435 \text{ mm}^2 (4.35 \text{ cm}^2)$$

- momen lapangan dalam arah-y :

$$m_{iy} = 2.79 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d x^2} \\ &= \frac{2,79 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,066^2} \\ &= 0,0030 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0058 \text{ mm (table 7)}$$

$$\rho_{\max} = 0,045 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$

Ditetapkan sebagai :

$$\begin{aligned} A_{sly} &= \rho \cdot b d \cdot 10^6 = 0,0058 \times 1,0 \times 0,066 \times 10^6 \\ &= 382 \text{ mm}^2 \text{ (} 3,82 \text{ cm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

- momen jepit tak terduga dalam arah-x :

$$m_{tix} = 1,76 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d x^2} \\ &= \frac{1,76 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,075^2} \\ &= 0,0014 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ mm}$$

$$\rho_{\max} = 0,045 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned} A_{stix} &= \rho_{\min} \cdot b d \cdot 10^6 = 0,0025 \times 1,0 \times 0,075 \times 10^6 \\ &= 188 \text{ mm}^2 \text{ (} 1,88 \text{ cm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

- momen jepit tak terduga dalam arah-y :

$$m_{tiy} = 1,34 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$
$$= \frac{1,34 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,066^2}$$

$$= 0,0015$$

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$\rho_{\max} = 0,045$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$












$$A_{stiy} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d \cdot 10^6 = 0,0025 \times 1,0 \times 0,066 \times 10^6$$
$$= 165 \text{ mm}^2 (1,65 \text{ cm}^2)$$







Tabel 3.6 Rekapitulasi perhitungan tulangan arah x dan y

Type	Mx	My	Mtix	Mtiy	ρ_x	ρ_y	ρ_{tix}	ρ_{tiy}	Aslx	Asly	Tulangan x	Tulangan y	Astix	Astiy	Tulangan tix	Tulangan tiy
A	3.53	2.79	1.76	1.39	0.0029	0.0030	0.0014	0.0015	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
A1	3.22	2.79	1.61	1.40	0.0027	0.0030	0.0013	0.0015	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
B	3.15	2.79	1.70	1.40	0.0026	0.0030	0.0014	0.0015	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
B1	3.59	4.13	1.80	2.06	0.0030	0.0044	0.0015	0.0022	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
C	6.18	3.76	3.09	1.88	0.0051	0.0040	0.0025	0.0020	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.91	1.65	$\phi 6 - 125$	$\phi 6 - 175$
C1	7.43	3.64	3.94	1.82	0.0061	0.0039	0.0032	0.0019	4.59	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	2.43	1.65	$\phi 6 - 100$	$\phi 6 - 175$
D	1.85	1.18	0.93	0.59	0.0015	0.0013	0.0008	0.0006	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
E	6.18	3.76	3.09	1.88	0.0051	0.0040	0.0025	0.0020	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.91	1.65	$\phi 6 - 125$	$\phi 6 - 175$
F	1.18	2.31	0.59	1.15	0.0010	0.0025	0.0005	0.0012	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
G	0.56	0.44	0.29	0.22	0.0005	0.0005	0.0002	0.0002	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
H	5.41	0.27	2.57	0.14	0.0045	0.0003	0.0021	0.0001	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
I	2.15	0.44	1.21	0.22	0.0018	0.0005	0.0010	0.0002	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
J	0.99	0.99	0.50	0.50	0.0008	0.0011	0.0004	0.0005	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
K	2.42	2.67	1.21	1.33	0.0020	0.0028	0.0010	0.0014	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
L	0.99	0.99	0.50	0.50	0.0008	0.0011	0.0004	0.0005	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
M	0.67	0.67	0.33	0.33	0.0006	0.0007	0.0003	0.0004	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
N	1.86	0.34	0.93	0.21	0.0015	0.0004	0.0008	0.0002	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$
O	4.75	0.43	2.38	0.21	0.0039	0.0005	0.0020	0.0002	4.35	3.82	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 200$	1.88	1.65	$\phi 6 - 150$	$\phi 6 - 175$

E. Menghiung atap dag

Tabel 3.7 *tabel type plat*

TYPE PLAT	DIMENSI (M)	JENIS
A	2,50 x 3,50 x 0,10	
A1	2,50 x 3,50 x 0,10	
B	2,50 x 3,50 x 0,10	
B1	2,50 x 3,50 x 0,10	
C	4,00 x 3,50 x 0,10	
C1	4,00 x 3,50 x 0,10	
E	4,00 x 3,50 x 0,10	
F	1,20 x 3,50 x 0,10	
G	1,20 x 1,20 x 0,10	
H	2,50 x 1,20 x 0,10	
I	2,50 x 1,20 x 0,10	

J	2,00 x 2,00 x 0,10	
K	2,00 x 3,50 x 0,10	
L	2,00 x 2,00 x 0,10	
M	1,50 x 1,50 x 0,10	
N	2,50 x 1,20 x 0,10	
O	4,00 x 1,20 x 0,10	

Penentuan tebal pelat lantai mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002 Pasal 15.3.6, pelat lantai ditentukan dengan langkah sebagai berikut:

1) sisi balok induk arah x (Bix)

$$H = 550 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$L = 5000 \text{ mm}$$

Tebal pelat lantai = 120 mm

$$\alpha_{Biy1} = \frac{E_{cb} \cdot i_b}{E_{cp} \cdot I_p} = \frac{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 550^3}{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 5000 \cdot 120^3} = 5,77$$

2) sisi balok induk arah y (Biy)

$$\begin{aligned}
 H &= 650 \text{ mm} \\
 B &= 300 \text{ mm} \\
 L &= 7000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat lantai = 120mm

$$\alpha_{Bix} = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} = \frac{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 650^3}{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 7000 \cdot 120^3} = 6.81$$

3) sisi balok anak arah x (Bax)

$$\begin{aligned}
 H &= 450 \text{ mm} \\
 B &= 250 \text{ mm} \\
 L &= 5000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat lantai = 120mm

$$\alpha_{Bax} = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} = \frac{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 250 \cdot 450^3}{4700 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{1}{12} \cdot 5000 \cdot 120^3} = 2.64$$

➤ rasio kekakuan rata-rata

$$\alpha_m = \frac{(\alpha_{Biy} \cdot 2) + \alpha_{Bix} + \alpha_{Bax}}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{(6.81 \cdot 2) + 5.77 + 2.64}{4} = 5.5$$

Berdasarkan peraturan SKSNI 03-2847-2002 Pasal 11.5.3.(3).(c)

Hal 66 mengatur tebal pelat lantai minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya tidak boleh kurang dari $h(\min)$, dimana tebal minimum pelat lantai dengan $\alpha_m \geq 2$ dihitung sebagai berikut :

$$h(\min) = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9 + 1.5}$$

$$h(\min) = \frac{5000(0.8 + \frac{240}{1500})}{36 + 9 + 1.5} = 80$$

$$h(\max) = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1500})}{36}$$

$$h(\max) = \frac{5000(0.8 + \frac{240}{1500})}{36} = 133.3$$

Karena $\alpha_m \geq 2$ dan tidak boleh kurang dari $h(\min)$ serta tidak boleh kurang dari 90 mm, maka dipakai tebal pelat lantai 10 cm

4) Mencari ρ

$$\rho = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho = \frac{1.4}{240} = 0.0058$$

Untuk $f_c \leq 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240}$$

$$= 0.064$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_b$$

$$= 0.75 \cdot 0.064$$

$$= 0,048$$

F. Perhitungan Plat Momen

1. Untuk pelat lantai bersimbol huruf A

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) $l_y/l_x = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,057 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,057 \cdot 4.81 \cdot 2,5^2$
 $= 1.71 \text{ kNm}$

- $m_{ly} = 0,023 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,023 \cdot 4.81 \cdot 3,5^2$
 $= 1.35 \text{ kNm}$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.86 \text{ KNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.68 \text{ KNm}$

2. Untuk pelat lantai bersimbol huruf A1

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,052 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,052 \cdot 4.81 \cdot 2.5^2$$

$$= 1.56 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,023 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,023 \cdot 4.81 \cdot 3.5^2$$

$$= 1.35 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.78 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.68 \text{ KNm}$

3. Untuk pelat lantai bersimbol B

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,052 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,052 \cdot 4.81 \cdot 2.5^2$$

$$= 1.56 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,023 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,023 \cdot 4.81 \cdot 3.5^2$$

$$= 1.35 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.78 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.68 \text{ KNm}$

4. Untuk pelat lantai bersimbol huruf B1

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1,4$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,058 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,058 \cdot 4.81 \cdot 2,5^2$$

$$= 1.74 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,034 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,034 \cdot 4.81 \cdot 3,5^2$$

$$= 2.00 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.87 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 1.00 \text{ kNm}$

5. Untuk pelat atap bersimbol huruf C

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,039 \cdot 4.81 \cdot 4^2$$

$$= 3.00 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,031 \cdot 4.81 \cdot 3,5^2$$

$$= 1.83 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1.50 \text{ KNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.91 \text{ KNm}$

6. Pelat atap bersimbol huruf C1

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 5^2$
 $= 3.60 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 3.5^2$
 $= 1.76 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1.80 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.88 \text{ kNm}$

7. Untuk pelat lantai bersimbol huruf E

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,039 \cdot 4.81 \cdot 4^2$
 $= 3.00 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,031 \cdot 4.81 \cdot 3,5^2$
 $= 1.83 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1.50 \text{ KNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.91 \text{ KNm}$

8. Untuk pelat lantai bersimbol F

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 2,9$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,083 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,083 \cdot 4.81 \cdot 1.2^2$
 $= 0.57 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,019 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,019 \cdot 4.81 \cdot 3.5^2$
 $= 1.12 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.59 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.29 \text{ kNm}$

9. Untuk pelat lantai bersimbol huruf G

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,039 \cdot 4.81 \cdot 1,2^2$
 $= 0.27 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,031 \cdot 4.81 \cdot 1,2^2$
 $= 0.21 \text{ kNm}$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.13 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.10 \text{ kNm}$

10. Untuk pelat atap bersimbol huruf H

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,083 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,083 \cdot 4.81 \cdot 2.5^2$
 $= 2.49 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,019 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,019 \cdot 4.81 \cdot 1.2^2$
 $= 0.13 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1.25 \text{ KNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.06 \text{ KNm}$

11. Pelat atap bersimbol huruf I

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,039 \cdot 4.81 \cdot 2.5^2$$

$$= 1.17 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,031 \cdot 4.81 \cdot 1.2^2$$

$$= 0.21 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.59 \text{ kNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.10 \text{ kNm}$

12. Untuk pelat lantai bersimbol huruf J

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$= 0,025 \cdot 4.81 \cdot 2^2$$

$$= 0.49 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_y^2$

$$= 0,025 \cdot 4.81 \cdot 2^2$$

$$= 0.49 \text{ kNm}$$

- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.24 \text{ KNm}$

- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.24 \text{ KNm}$

13. Untuk pelat lantai bersimbol K

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1.75$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,061 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,061 \cdot 4.81 \cdot 2^2$
 $= 1.17 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,022 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,022 \cdot 4.81 \cdot 3.5^2$
 $= 1.30 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.59 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.65 \text{ kNm}$

14. Untuk pelat lantai bersimbol huruf L

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,025 \cdot 4.81 \cdot 2^2$
 $= 0.48 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,025 \cdot 4.81 \cdot 2^2$
 $= 0.48 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.24 \text{ kNm}$
 $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.24 \text{ kNm}$

15. Untuk pelat atap bersimbol huruf M

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 1.5^2$
 $= 0.32 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 1.5^2$
 $= 0.32 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.16 \text{ KNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.16 \text{ KNm}$

16. Pelat atap bersimbol huruf N

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 2.5^2$
 $= 0.90 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 1.2^2$
 $= 0.21 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 0.45 \text{ kNm}$
 $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.10 \text{ kNm}$

17. Pelat atap bersimbol huruf O

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_{y1}/l_{x2} = 1$ didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_x^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 4^2$
 $= 2.31 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,030 \cdot W_u \cdot l_y^2$
 $= 0,030 \cdot 4.81 \cdot 1.2^2$
 $= 0.20 \text{ kNm}$
- $m_{lx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx} = 1.15 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly} = 0.10 \text{ kNm}$

G. Hitung tulangan

Tebal pelat $h = 100 \text{ mm}$. Penutup beton menurut table 3 ($\phi < 16 \text{ mm}$): $\rho = 40 \text{ mm}$ Diameter tulangan utama yang diperkirakan dalam arah -x $\phi 10 \text{ mm}$ dan dalam arah-y $\phi 8 \text{ mm}$.

- Tinggi efektif d dalam arah-x adalah
 $d = h \text{ min} - \rho - \frac{1}{2} \phi$
 $d_x = 100 - 40 - \frac{1}{2} 10 = 55 \text{ mm}$
- Tinggi efektif d dalam arah-y adalah
 $d = h \text{ min} - \rho - \phi_x - \frac{1}{2} \phi_y$
 $d_y = 100 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 8 = 46 \text{ mm}$
- Momen lapangan dalam arah-x A :

$$m_{ix} = 1.71 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0.9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1.71 \cdot 10^{-3}}{0.9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0.055^2}$$

$$= 0.0026$$

$$\rho_{\min} = 0.0058 \text{ mm (table 7)}$$

$$\rho_{\max} = 0.037 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$

$$A_{sIx} = \rho \cdot b \cdot d \cdot 10^6 = 0.0058 \times 1.0 \times 0.055 \times 10^6$$

$$= 319 \text{ mm}^2 \text{ (3.19 cm}^2\text{)}$$

- momen lapangan dalam arah-y :

$$m_{iy} = 1.35 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0.9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1.35 \cdot 10^{-3}}{0.9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0.046^2}$$

$$= 0.0030$$

$$\rho_{\min} = 0.0058 \text{ mm}$$

$$\rho_{\max} = 0.037 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$

Ditetapkan sebagai :

$$A_{sIy} = \rho \cdot b \cdot d \cdot 10^6 = 0.0058 \times 1.0 \times 0.046 \times 10^6$$

$$= 267 \text{ mm}^2 \text{ (} 2.67 \text{ cm}^2 \text{)}$$

- momen jepit tak terduga dalam arah-x :

$$m_{\text{fix}} = 0.86 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0.9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{0.86 \cdot 10^{-3}}{0.9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0.055^2}$$

$$= 0.0013$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0025 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.037 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho < \rho_{\text{mak}}$$

$$A_{\text{stix}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \cdot 10^6 = 0.0025 \times 1.0 \times 0.055 \times 10^6$$

$$= 138 \text{ mm}^2 \text{ (} 1.38 \text{ cm}^2 \text{)}$$

- momen jepit tak terduga dalam arah-y :

$$m_{\text{tiy}} = 0.68 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0.9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{0.68 \cdot 10^{-3}}{0.9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0.046^2}$$

$$= 0.0015$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0025 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0.037 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho < \rho_{\text{mak}}$$

$$\begin{aligned} A_{stiy} &= \rho_{min} \cdot b \cdot d \cdot 10^6 &= 0,0025 \times 1,0 \times 0,046 \times 10^6 \\ & &= 115 \text{ mm}^2 (1,15 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

Tabel 3.8 Rekapitulasi perhitungan tulangan arah x dan y

Type	Mx	My	Mtix	Mtiy	ρ_x	ρ_y	ρ_{tix}	ρ_{tiy}	Aslx	Asly	Tulangan x	Tulangan y	Astix	Astiy	Tulangan tix	Tulangan tiy
A	1.71	1.35	0.86	0.68	0.0026	0.0030	0.0013	0.0015	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
A1	1.56	1.35	0.78	0.68	0.0024	0.0030	0.0012	0.0015	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
B	1.56	1.35	0.78	0.68	0.0024	0.0030	0.0012	0.0015	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
B1	1.74	2.00	0.87	1.00	0.0027	0.0044	0.0013	0.0022	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
C	3.00	1.83	1.50	0.91	0.0046	0.0040	0.0023	0.0020	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.26	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
C1	3.60	1.76	1.80	0.88	0.0055	0.0039	0.0028	0.0019	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.52	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
D	1.85	1.18	0.93	0.59	0.0028	0.0026	0.0014	0.0013	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
E	3.00	1.83	1.50	0.91	0.0046	0.0040	0.0023	0.0020	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.26	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
F	0.57	1.12	0.59	0.29	0.0009	0.0025	0.0009	0.0006	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
G	0.27	0.21	0.13	0.10	0.0004	0.0005	0.0002	0.0002	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
H	2.49	0.13	1.25	0.06	0.0038	0.0003	0.0019	0.0001	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
I	1.17	0.21	0.59	0.10	0.0018	0.0005	0.0009	0.0002	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
J	0.49	0.49	0.24	0.24	0.0007	0.0011	0.0004	0.0005	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
K	1.17	1.30	0.59	0.65	0.0018	0.0028	0.0009	0.0014	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
L	0.48	0.48	0.24	0.24	0.0007	0.0011	0.0004	0.0005	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
M	0.32	0.32	0.16	0.16	0.0005	0.0007	0.0002	0.0004	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
N	0.90	0.21	0.45	0.10	0.0014	0.0005	0.0007	0.0002	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$
O	2.31	0.20	1.15	0.10	0.0035	0.0004	0.0018	0.0002	3.19	2.67	$\phi 8 - 150$	$\phi 8 - 175$	1.38	1.15	$\phi 6 - 200$	$\phi 6 - 225$

3.3 Perencanaan Tangga

Transportasi vertikal pada sebuah gedung bertingkat sangatlah penting, karena berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai lainnya pada sebuah bangunan gedung. Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang terdiri dari 5 lantai maka transportasi vertikal direncanakan menggunakan tangga yang berupa tangga pelat. Dalam perencanaan tangga gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang digunakan cara perhitungan manual. Semua anak tangga harus dibuat bentuk dan ukuran yang seragam, dan untuk memberi kenyamanan bagi yang turun dan naik tangga perlu diperhatikan lebar dan tinggi anak tangga. Rumus untuk anak tangga : $2t + l = 60$ s/d 65 cm.

Keterangan:

- t : tinggi anak tangga (tinggi tanjakan = optrede)
- l : lebar anak tangga (lebar injakan = antrede)

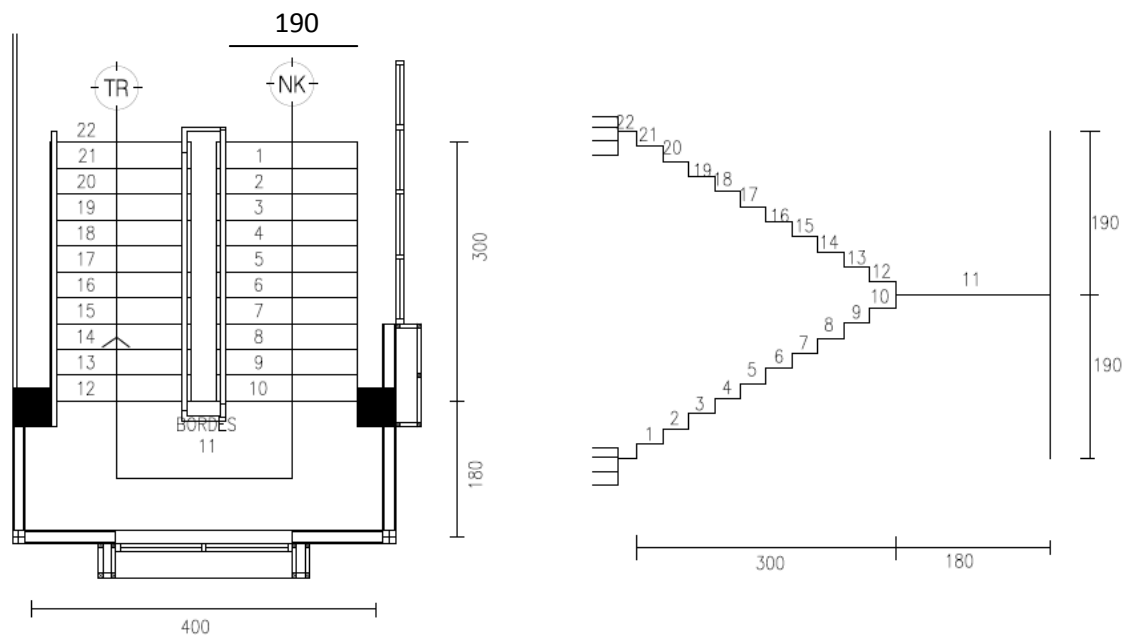
rumus tersebut didasarkan pada:

- Satu langkah arah datar antara 60 s/d 65 cm.
- Untuk melangkah naik perlu tenaga 2 kali lebih besar daripada melangkah datar.

Lebar dan tinggi anak tangga sangat menentukan kenyamanan, yang naik tidak cepat lelah dan yang turun tidak mudah tergelincir.

3.3.1 Data Teknis Perencanaan Tangga

- Mutu beton ($f'c$) : 30 Mpa
- Mutu baja tulangan (f_y) : 240 Mpa
- Tinggi tanjakan/optrede (o) : 17,5 cm
- Lebar tanjakan/antrede (a) : 30 cm
- Lebar bordes (l_b) : 180 cm
- Tinggi ruangan (tr) : 380 cm
- Panjang Tangga (pt) : 300 cm
- Tinggi dasar sampe bordes : 190 cm
- Tebal selimut beton (p) : 2 cm
- Tebal keramik max (hk) : 1 cm
- Tebal spesi (hs) : 2 cm



Gambar 3.10 rencana tangga

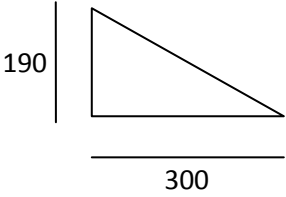
3.3.2 Perencanaan Tangga

- Syarat $2 \cdot t + l = 60$ s/d 65

$$\begin{aligned} 2 \cdot t + l &= (2 \cdot 17,5) + 30 \\ &= 65 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Jumlah anak tangga $= \frac{tr}{a}$
 $= \frac{380}{17,5}$
 $= 21,71 \approx 22$ buah

- Jumlah Anak tangga 1 $= \frac{pt}{a}$
 $= \frac{300}{30}$
 $= 10$

- Kemiringan tangga (α) $= \arctan \cdot \frac{tt}{pt}$
 $= \arctan \cdot \frac{190}{300}$
 $= 32,35^\circ$
 $\approx 32^\circ$

1. Menentukan tebal pelat

- a. Tebal pelat rencana = $10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$
- b. Tebal pelat bordes = $10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$

c. Luas satu anak tangga =

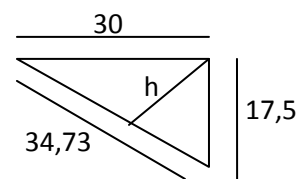
$$\frac{1}{2} \cdot O \cdot A = \frac{1}{2} \cdot 17.5 \times 30 = 261.5 \text{ cm}^2$$

d. Panjang miring segitiga anak tangga (a) =

$$\sqrt{A^2 + o^2} = \sqrt{30^2 + 17.5^2} = 34.73 \text{ cm}$$

e. Tebal rata-rata anak tangga (h) = $0.5 \times l \times o/a = 0.5 \times 30 \times$

$$17.5 / 34.73 = 7.56 \text{ cm}$$



f. Tebal pelat rata-rata (t) = tebal rencana + h = 10 + 7.56 =

$$19.56 \text{ cm}$$

g. Lebar tangga (L) = 480 cm = 4800 mm

Tebal pelat tangga dan pelat bordes dipakai 17.56 cm dengan lebar tanjakan 30 cm dan tinggi tanjakan 17,5 cm.

2. Pembebanan tangga

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 diperoleh:

- Berat beton bertulang (Bb) : 2400 kg/m³
- Berat penutup lantai keramik (Wk) : 24 kg/m²
- Berat adukan semen per cm tebal (Ws) : 21 kg/m²
- Beban hidup untuk tangga : 300 kg/m²

a. Beban tangga

1. Beban mati (W_D)

- Beban pelat tangga (W_p) = h . Bb

$$= 0,17 \cdot 24$$

$$= 4,2 \text{ kN/m}^2$$

- Beban reling tangga perkiraan (W_r) = 0,15 kN/m²

- Total beban mati (W_D) = $W_p + W_k + W_s + W_r$

$$= 4,2 + 0,24 + 0,21 + 0,15$$

$$= 4,8 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban hidup (W_L) = 3 kN/m²

3. Beban ultimed (W_{ut}) = $1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L$

$$= (1,2 \cdot 4,8) + (1,6 \cdot 3)$$

$$= 10,56 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban bordes

1. Beban mati (W_D)

- Beban pelat tangga (W_p) = $h \cdot B_b$

$$= 0,17 \cdot 24$$

$$= 4,2 \text{ kN/m}^2$$

- Total beban mati (W_D) = $W_p + W_k + W_s$

$$= 4,2 + 0,24 + 0,21$$

$$= 4,65 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban hidup (W_L) = 3 kN/m²

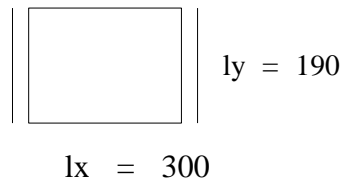
3. Beban ultimed (W_{ub}) = $1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L$

$$= (1,2 \cdot 4,65) + (1,6 \cdot 3)$$

$$= 10,38 \text{ kN/m}^2$$

3. Perhitungan momen

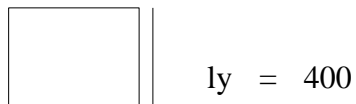
a. Untuk pelat tangga



Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 1$ didapatkan momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,024 \cdot Wut \cdot l_x^2$
 $= 0,024 \cdot 10,56 \cdot 3^2$
 $= 2,28 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,033 \cdot Wut \cdot l_x^2$
 $= 0,033 \cdot 10,56 \cdot 3^2$
 $= 3,13 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,069 \cdot Wut \cdot l_x^2$
 $= 0,069 \cdot 10,56 \cdot 3^2$
 $= 6,56 \text{ kNm}$
- $m_{ix} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 2,28$
 $= 1,14 \text{ kNm}$

b. Untuk pelat bordes



$$l_x = 185 \text{ cm}$$

Momen – momen di tentukan sesuai dengan table 14 (buku Gideon) pada $l_y/l_x = 2,16$ didapatkan momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,058 \cdot Wub \cdot l_x^2$
 $= 0,058 \cdot 10,38 \cdot 1,85^2$
 $= 2,06 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,015 \cdot Wub \cdot l_x^2$
 $= 0,015 \cdot 10,38 \cdot 1,85^2$
 $= 0,53 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,082 \cdot Wub \cdot l_x^2$
 $= 0,082 \cdot 10,38 \cdot 1,85^2$
 $= 2,91 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,053 \cdot Wub \cdot l_x^2$
 $= 0,053 \cdot 10,38 \cdot 1,85^2$
 $= 1,88 \text{ kNm}$

Keterangan :

- m_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah x
- m_{ly} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah y

- m_{tx} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah x
- m_{ty} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah y
- m_{ix} = momen jepit tak terduga per meter lebar diarah x

4. Perhitungan tulangan

Tebal pelat (h) = 175 mm, penutup beton menurut tabel 3 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” ($\phi_D < 36$ mm) : selimut beton (p) = 20 mm, diameter tulangan utama diperkirakan $\phi_D = 12$ mm pada dua arah.

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

$$\begin{aligned} d_x &= h - p - \frac{1}{2} \phi_D \\ &= 175 - 20 - (\frac{1}{2} \times 12) \\ &= 149 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

$$\begin{aligned} d_y &= h - p - \phi_{Dx} - \frac{1}{2} \phi_{Dy} \\ &= 175 - 20 - 12 - (\frac{1}{2} \times 12) \\ &= 137 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk $\rho_{min} = \frac{1.4}{240} = 0.0058$

Untuk $f'c \leq 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0,85$

- $$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600+240} \\ &= 0,064 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,064 \\ &= 0,048\end{aligned}$$

a. Untuk pelat tangga

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,28 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2} \\ &= \frac{2,28 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,149^2} \\ &= 0,0005\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0058 > 0,0005 < 0,045$

maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0058$

$$\begin{aligned}A_{slx} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6 \\ &= 0,0058 \cdot 1 \cdot 0,149 \cdot 10^6 \\ &= 864 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 3,13 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{3,13 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,137^2} \\ &= 0,0008\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0058 > 0,0008 < 0,045$

maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0058$

$$\begin{aligned}A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6 \\ &= 0,0058 \cdot 1 \cdot 0,137 \cdot 10^6 \\ &= 795 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 6,56 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{6,56 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,137^2} \\ &= 0,0016\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0058 > 0,0016 < 0,045$

maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0058$

$$\begin{aligned}A_{sty} &= \rho \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6 \\ &= 0,0058 \cdot 1 \cdot 0,137 \cdot 10^6 \\ &= 795 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah x

$$m_{tix} = 1,14 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{1,14 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,149^2}\end{aligned}$$

$$= 0,0002$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$\begin{aligned} A_{stix} &= \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6 \\ &= 0,0002 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6 \\ &= 35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Untuk pelat bordes

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,06 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{2,06 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,149^2} \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0058 > 0,0004 < 0,045$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0058$

$$\begin{aligned} A_{slx} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6 \\ &= 0,0058 \cdot 1 \cdot 0,149 \cdot 10^6 \\ &= 864 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,53 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,53 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,137^2}$$

$$= 0,0001$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0058 > 0,0001 < 0,045$

maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0058$

$$\begin{aligned} A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6 \\ &= 0,0058 \cdot 1 \cdot 0,137 \cdot 10^6 \\ &= 795 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 2,91 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{2,91 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,149^2} \end{aligned}$$

$$= 0,0006$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0058 > 0,0006 < 0,045$

maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0058$

$$\begin{aligned} A_{stx} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6 \\ &= 0,0058 \cdot 1 \cdot 0,149 \cdot 10^6 \\ &= 864 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 1,88 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{1,88 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,137^2}$$

$$= 0,0005$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0058 > 0,0005 < 0,045$

maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0058$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0058 \cdot 1 \cdot 0,137 \cdot 10^6$$

$$= 795 \text{ mm}^2$$

5. Pemilihan tulangan

Pemilihan tulangan untuk pelat tangga dan bordes disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.9 Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

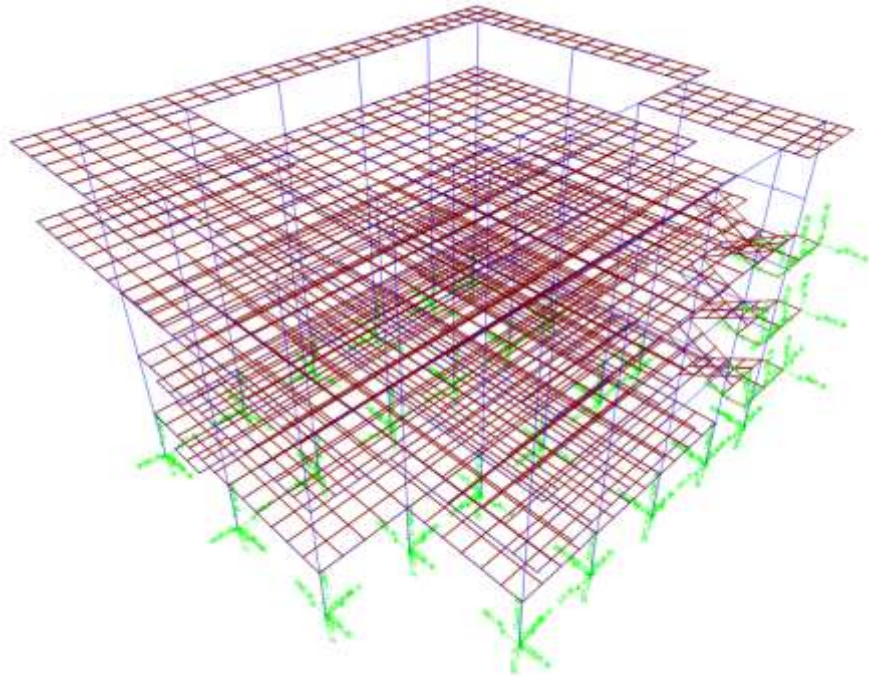
Pelat Lantai	M	Mu (kNm)	ρ_{\min}	P	As (mm ²)	Tulangan
Untuk pelat tangga	m_{lx}	2,28	0,0058	0,0005	864	Φ12 – 125
	m_{ly}	3,13		0,0008	795	Φ12 – 150
	m_{ty}	6,56		0,0016	864	Φ12 – 125
	m_{tix}	1,14	-	0,0001	35	Φ12 - 250
Untuk pelat bordes	m_{lx}	2,06	0,0058	0,0004	864	Φ12 - 125
	m_{ly}	0,53		0,0001	795	Φ12 - 150
	m_{tx}	2,91		0,0006	864	Φ12 - 125
	m_{ty}	1,88		0,0005	795	Φ12 - 150

6. Pemeriksaan lebar retak

Untuk f_y 240 Mpa tidak memerlukan pemeriksaan lebar retak.

3.4 Perencanaan Portal

Perencanaan portal terdiri dari perencanaan balok sloof, balok induk, balok anak, dan kolom. Pembebanan portal meliputi beban mati (berat sendiri balok, berat sendiri kolom, berat sendiri pelat lantai dan berat dinding yang bekerja di atas balok) , beban hidup (berasal dari fungsi bangunan tersebut dan ditentukan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983) dan beban gempa (perencanaan beban gempa berdasarkan pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung SNI 03 – 1726 – 2012). Perencanaan portal dibantu program SAP 2000 v10. Permodelan struktur lantai basement sampai lantai 4 gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dapat dilihat pada gambar SAP v10 seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.11 Permodelan Struktur Gedung Dekanat Fakultas Teknik

3.4.1 Data Teknis Perencanaan Portal

- Mutu beton ($f'c$) : 30 Mpa
- Mutu tulangan baja (f_y) :
- F_y 2400 kg/cm^2 atau U24 (tulangan polos) untuk diameter < diameter 10
- F_y 4000 kg/cm^2 atau U40 (tulangan deform/ulir) untuk diameter > diameter 10
- Berat beton bertulang (B_b) : 2400 kg/m^3
- Berat penutup lantai keramik (W_k) : 24 kg/m^2
- Berat adukan semen per cm tebal (W_s) : 21 kg/m^2
- Berat pasir kondisi lembab : 1850 kg/m^3
- Berat plafon & penggantung (W_{pf}) : 18 kg/m^2
- Tebal pelat lantai (h_{pelat}) : 12 cm

- Tebal pelat tangga : 17,5 cm
- Tinggi lantai : 14.4 m
- Basemant : 3,00 m
- Lantai 1 : 3,80 m
- Lantai 2 : 3,80 m
- Lantai 3 : 3,80 m
- Lantai 4 : 4,60 m
- Tinggi bangunan (hb) : 18,80 m
- Beban hidup untuk gedung kuliah : 250 kg/m²
- Berdasarkan pedoman gempa yang berlaku di Indonesia yaitu Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Rumah dan Gedung (SNI 03-1726-2002) dan Aplikasi SNI Gempa 1726:2012, besarnya beban gempa horisontal (V) yang bekerja pada struktur bangunan, ditentukan menurut persamaan :

$$V = C_s \cdot W = \frac{S_a \cdot I_e}{R} \cdot W$$

Dengan,

S_a = Spektrum respon percepatan desain (g);

I_e = Faktor keutamaan gempa;

R = Koefisien modifikasi respons;

W = Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang direduksi (kN).

- Besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk perhitungan W_t , ditentukan sebagai berikut;
 1. Perumahan / penghunian : rumah tinggal, asrama,

- hotel, rumah sakit = 0,30
- 2. Gedung pendidikan : sekolah, ruang kuliah = 0,50
- 3. Tempat pertemuan umum, tempat ibadah, bioskop,
restoran, ruang dansa, ruang pertunjukan = 0,50
- 4. Gedung perkantoran : kantor, bank = 0,30
- 5. Gedung perdagangan dan ruang penyimpanan, toko,
- 6. toserba, pasar, gudang, ruang arsip, perpustakaan = 0,80
- 7. Tempat kendaraan : garasi, gedung parkir = 0,50
- 8. Bangunan industri : pabrik, bengkel = 0,90
- Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan (I-IV) dan Faktor Keutamaan (I_e)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 3.10 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I_e) menurut tabel 3.11.

Tabel 3.10 *Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa*

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan; rumah ruko dan kantor	II

<ul style="list-style-type: none"> - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/<i>mall</i> - Bangunan industri - Fasilitas manufaktor - Pabrik 	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <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 <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori risiko 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktor, 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 di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas 	IV

lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. - Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	
--	--

Tabel 3.11 Faktor Keutamaan gempa (I_e)

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

Mengacu pada tabel 3.10 dan tabel 3.11 faktor keutamaan gempa untuk kategori gedung evakuasi vertikal untuk mitigasi tsunami masuk kedalam kategori risiko= **IV** dengan faktor keutamaan (I_e)= **1,50**.

- KDS tanah pada daerah Fakultas Teknik = Tanah Sedang
- Menentukan Kategori Desain Seismik (A-D)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.

Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar

atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainya, S_{Ds} dan S_{DI} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada tabel 3.12 atau 3.13, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T .

Apabila S_I lebih dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai tabel 3.12 saja, dimana berlaku semua ketentuan di bawah:

- 1) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan perioda fundamental struktur, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 adalah kurang dari $0,8 T_s$.
- 2) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s .
- 3) $C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e}$, digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik, C_s ,
- 4) Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan di pasal 7.3.1 atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

Tabel 3.12 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

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

Tabel 3.13 Katgori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{DI}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,033 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Berdasarkan kategori risikonya dan parameter spektrum respon desain ditetapkan Kategori Desain Seismik **D**.

- Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R , C_d , Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel 3.14. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai

dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam tabel 3.14. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 3.14 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antarlantai tingkat desain.

Setiap desain penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam tabel 3.14 dan persyaratan tambahan yang ditetapkan dalam pasal 7.14 (Persyaratan perancangan dan pendetailan bahan).

Tabel 3.14 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa
(Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

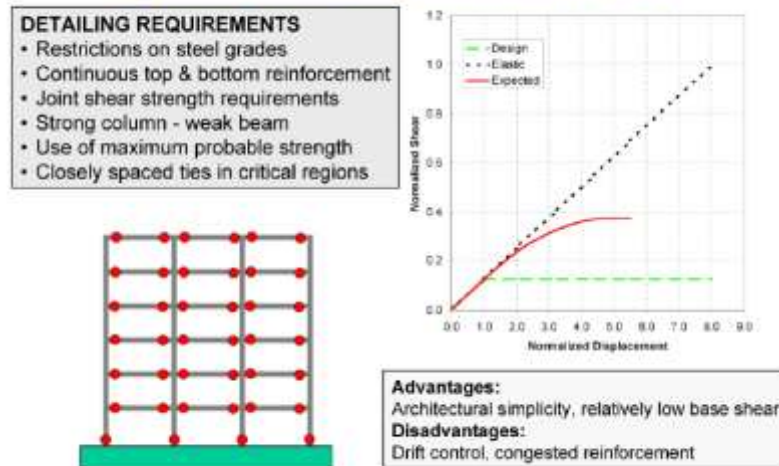
Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan Tinggi struktur $h_n(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^d
C.Sistem rangka pemikul momen								
(C.5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB

(C.6). Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
(C.7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI

- 1) Faktor pembesaran defleksi, C_d , untuk penggunaan dalam pasal 7.8.6, 7.8.7 dan 7.9.2.
- 2) TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diijinkan.
- 3) Lihat pasal 7.2.5.4 untuk penjelasan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang.
- 4) Lihat pasal 7.2.5.4 untuk sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.

Sistem penahan gaya seismik yang memenuhi batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur untuk Kategori Desain Seismik D yaitu **rangka beton bertulang pemikul momen khusus** (*Framing Type: Sway Special*).

Special Concrete Moment Frame



Gambar 3.12 Rangka beton bertulang pemikul momen menengah –
Inelastic Respons

3.4.2 Kombinasi Pembebanan Portal

Kombinasi pembebanan yang ditinjau dalam analisis program SAP 2000 v10 sebagai berikut:

Kombinasi pembebanan tetap

- $U = 1,2 DL + 1,6LL$
- $U = 1,4D$
- $U = 1,2 DL + 0,5LL + EQ_x + 0,3 EQ_y$
- $U = 1,2 DL + 0,5LL + 0,3 EQ_x + EQ_y$

Keterangan:

- DL : beban mati
- LL : beban hidup
- EQ_x : beban gempa arah x

- E_{Qy} : beban gempa arah y

3.4.3 Massa Struktur Portal

1. Beban pada Basemant

a) beban mati

- Berat kolom K1 (W_{k_1}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb
 $= 22 . 0,55 . 0,55 . 3,00 . 2400$
 $= 47916 \text{ kg}$
- Berat kolom K2 (W_{k_2}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb
 $= 1 . 0,70 . 0,70 . 3,00 . 2400$
 $= 3528 \text{ kg}$
- Berat balok TB (W_b) = panjang balok . b . h . Bb
 $= 210 . 0,30 . 0,50 . 2400$
 $= 75600 \text{ kg}$
- Berat dinding tinggi 3,00 m (W_d) = pjng dinding. brt dinding . t
 $= 85 . 250 . 3,00$
 $= 63750 \text{ kg}$
- Berat tangga (W_t) = tebal pelat tangga . luas tangga . Bb
 $= 0,175 . 12,92 . 2400$
 $= 5426,4 \text{ kg}$
- Berat pasir (W_{ps}) = tebal pasir . luas lantai . berat pasir lembab
 $= 0,10 . 469 . 1850$
 $= 86765 \text{ kg}$

- Berat spesi (W_s) = luas lantai . W_s
= $496 \cdot 21 = 10416$ kg

$$\begin{aligned} \text{Total beban mati (WD)} &= W_{k_1} + W_{k_2} + W_b + W_d + W_t + W_{ps} + W_s \\ &= 47916 + 3528 + 75600 + 63750 + \\ &\quad 5426,4 + 86765 + 10416 \\ &= 293401,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup (W_L) = luas lantai . beban hidup
= $496 \cdot 400$
= 198400 kg

c. Beban rencana atau ultimed (W_u) = 1,2 DL + 1,6 LL

$$\begin{aligned} &= (1,2 \times 293401,4) + (1,6 \times 198400) \\ &= 669521,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Beban pada lantai 1

a. Beban mati

- Berat kolom K1 (W_{k_1}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb
= $22 \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 3,80 \cdot 2400$
= 60693.6 kg

- Berat kolom K2 (W_{k_2}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb
= $1 \cdot 0,70 \cdot 0,70 \cdot 3,80 \cdot 2400$
= 4468,8 kg

- Berat balok BI-1 (W_{b_1}) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 119 \cdot 0,30 \cdot 0,70 \cdot 2400$$

$$= 59976 \text{ kg}$$

- Berat balok BI-2 (W_{b_2}) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 87 \cdot 0,30 \cdot 0,55 \cdot 2400$$

$$= 34452 \text{ kg}$$
- Berat balok BA1 (W_{ba_1}) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 67 \cdot 0,25 \cdot 0,45 \cdot 2400$$

$$= 18090 \text{ kg}$$
- Berat balok BA2 (W_{ba_2}) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 77 \cdot 0,20 \cdot 0,30 \cdot 2400$$

$$= 11088 \text{ kg}$$
- Berat pelat lantai (W_{pt}) = h_{pelat} . luas lantai . Bb

$$= 0,12 \cdot 496 \cdot 2400$$

$$= 142848 \text{ kg}$$
- Berat dinding tinggi 3,80m (W_d) = pjng dinding. brt dinding . t

$$= 190 \cdot 250 \cdot 3,80$$

$$= 180500 \text{ kg}$$
- Berat tangga (W_t) = tebal pelat tangga . luas tangga . Bb

$$= 0,175 \cdot 12,92 \cdot 2400$$

$$= 5426,4 \text{ kg}$$
- Berat plafon (W_p) = luas langit – langit . Wpf

$$= 471 \cdot 18$$

$$= 8478 \text{ kg}$$

- Berat keramik (W_k) = luas lantai . W_k
 $= 496 \cdot 24 = 11904 \text{ kg}$

- Berat spesi (W_s) = luas lantai . W_s
 $= 496 \cdot 21$
 $= 10416 \text{ kg}$

Total beban mati (W_D) = $W_{k1} + W_{k2} + W_{b1} + W_{b2} + W_{ba1}$
 $+ W_{ba2} + W_{pt} + W_{d1} + W_{d2} + W_t + W_p + W_k + W_s$
 $= 60693,6 + 4468,8 + 55692 + 34452 + 18090 +$
 $11088 + 142848 + 180500 + 5426,4 + 8478 + 11904$
 $+ 10416 = 544056,8 \text{ kg}$

b. Beban hidup

- Beban hidup (W_L) = luas lantai . beban hidup
 $= 496 \cdot 250$
 $= 124000 \text{ kg}$

c. Beban rencana (W_u) = $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
 $= (1,2 \cdot 544056,8) + (1,6 \cdot 124000)$
 $= 851268,16 \text{ kg}$

3. Beban pada lantai 2

a. Beban mati

- Berat kolom K1 (W_{k1}) = jumlah kolom . $b \cdot h \cdot t \cdot B_b$
 $= 22 \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 3,80 \cdot 2400$
 $= 60693,6 \text{ kg}$

- Berat kolom K2 (W_{k_2}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb
= 1 . 0,70 . 0,70 . 3,80 . 2400
= 4468,8 kg
- Berat balok BI-2 (W_{b_2}) = panjang balok . b . h . Bb
= 87 . 0,30 . 0,55 . 2400
= 34452 kg
- Berat balok BA1 ($W_{b_{a_1}}$) = panjang balok . b . h . Bb
= 67 . 0,25 . 0,45 . 2400
= 18090 kg
- Berat balok BA2 ($W_{b_{a_2}}$) = panjang balok . b . h . Bb
= 77 . 0,20 . 0,30 . 2400 = 11088 kg
- Berat pelat lantai (W_{pt}) = h_{pelat} . luas lantai . Bb
= 0,12 . 496 . 2400
= 142848 kg
- Berat dinding tinggi 3,80m (W_d) = pjng dinding. brt dinding . t
= 190 . 250 . 3,80
= 180500 kg
- Berat tangga (W_t) = tebal pelat tangga . luas tangga . Bb
= 0,175 . 12,92 . 2400
= 5426,4 kg
- Berat plafon (W_p) = luas langit – langit . W_{pf}
= 471 . 18 = 8478 kg
- Berat keramik (W_k) = luas lantai . W_k

$$= 496 \cdot 24 = 11904 \text{ kg}$$

- Berat spesi (Ws) = luas lantai . Ws

$$= 496 \cdot 21$$

$$= 10416 \text{ kg}$$

$$\text{Total beban mati (WD)} = Wk_1 + Wk_2 + Wb_1 + Wb_2 + Wba_1$$

$$+ Wba_2 + Wpt + Wd1 + Wd2 + Wt + Wp + Wk + Ws$$

$$= 60693.6 + 4468,8 + 55692 + 34452 + 18090 +$$

$$11088 + 142848 + 180500 + 5426,4 + 8478 + 11904$$

$$+ 10416$$

$$= 544056.2 \text{ kg}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup (WL) = luas lantai . beban hidup

$$= 496 \cdot 250$$

$$= 124000 \text{ kg}$$

c. Beban rencana (Wu) = 1,2 DL + 1,6 LL

$$= (1,2 \cdot 544056,8) + (1,6 \cdot 124000)$$

$$= 851268,16 \text{ kg}$$

4. Beban pada lantai 3

a. Beban mati

- Berat kolom K1 (Wk₁) = jumlah kolom . b . h . t . Bb

$$= 22 \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 3,80 \cdot 2400$$

$$= 60693.6 \text{ kg}$$

- Berat kolom K2 (W_{k_2}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb
= 1 . 0,70 . 0,70 . 3,80 . 2400
= 4468,8 kg
- Berat balok BA1 (W_{ba_1}) = panjang balok . b . h . Bb
= 67 . 0,25 . 0,45 . 2400
= 18090 kg
- Berat balok BI-2 (W_{b_2}) = panjang balok . b . h . Bb
= 87 . 0,30 . 0,55 . 2400
= 34452 kg
- Berat balok BA1 (W_{ba_1}) = panjang balok . b . h . Bb
= 67 . 0,25 . 0,45 . 2400 = 18090 kg
- Berat balok BA2 (W_{ba_2}) = panjang balok . b . h . Bb
= 77 . 0,20 . 0,30 . 2400
= 11088 kg
- Berat pelat lantai (W_{pt}) = h_{pelat} . luas lantai . Bb
= 0,12 . 496 . 2400
= 142848 kg
- Berat dinding tinggi 3,80m (W_d) = pjng dinding. brt dinding . t
= 190 . 250 . 3,80
= 180500 kg
- Berat tangga (W_t) = tebal pelat tangga . luas tangga . Bb
= 0,175 . 12,92 . 2400
= 5426,4 kg

- Berat plafon (W_p) = luas langit – langit . W_{pf}

$$= 471 \cdot 18 = 8478 \text{ kg}$$

- Berat keramik (W_k) = luas lantai . W_k

$$= 496 \cdot 24$$

$$= 11904 \text{ kg}$$

- Berat spesi (W_s) = luas lantai . W_s

$$= 496 \cdot 21$$

$$= 10416 \text{ kg}$$

$$\text{Total beban mati (WD)} = W_{k_1} + W_{k_2} + W_{b_1} + W_{b_2} + W_{b_{a_1}}$$

$$+ W_{b_{a_2}} + W_{pt} + W_{d_1} + W_{d_2} + W_t + W_p + W_k + W_s$$

$$= 60693.6 + 4468,8 + 55692 + 34452 + 18090 +$$

$$11088 + 142848 + 180500 + 5426,4 + 8478 + 11904$$

$$+ 10416$$

$$= 544056.2 \text{ kg}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup (W_L) = luas lantai . beban hidup

$$= 496 \cdot 250$$

$$= 124000 \text{ kg}$$

d. Beban rencana (W_u) = 1,2 DL + 1,6 LL

$$= (1,2 \cdot 544056,8) + (1,6 \cdot 124000)$$

$$= 851268,16 \text{ kg}$$

5. Beban pada lantai 4

a. Beban mati

- Berat kolom K2 (W_{k_2})
= jumlah kolom . b . h . t . Bb
= 20 . 0,70 . 0,70 . 4,60 . 2400
= 108192 kg
- Berat balok BI-1 (W_{b_1})
= panjang balok . b . h . Bb
= 119 . 0,30 . 0,70 . 2400
= 59976 kg
- Berat balok BI-2 (W_{b_2})
= panjang balok . b . h . Bb
= 87 . 0,30 . 0,55 . 2400
= 34452 kg
- Berat balok BA1 ($W_{b_{a_1}}$)
= panjang balok . b . h . Bb
= 67 . 0,25 . 0,45 . 2400
= 18090 kg
- Berat balok BA2 ($W_{b_{a_2}}$)
= panjang balok . b . h . Bb
= 77 . 0,20 . 0,30 . 2400
= 11088 kg
- Berat pelat lantai (W_{pt})
= h_{pelat} . luas lantai . Bb
= 0,12 . 598 . 2400
= 172224 kg
- Berat dinding tinggi 4,60 m (W_d)
= pjng dinding. brt dinding . t
= 140 . 250 . 4,60
= 161000 kg
- Berat tangga (W_t)
= tebal pelat tangga . luas tangga . Bb

$$= 0,175 \cdot 12,92 \cdot 2400$$

$$= 5426,4 \text{ kg}$$

- Berat plafon (W_p) = luas langit – langit . W_{pf}
 $= 598 \cdot 18 = 10764 \text{ kg}$

- Berat keramik (W_k) = luas lantai . W_k
 $= 598 \cdot 24 = 14352 \text{ kg}$

- Berat spesi (W_s) = luas lantai . W_s
 $= 598 \cdot 21$
 $= 12558 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Total beban mati (WD)} &= W_{k_2} + W_{b_1} + W_{b_2} + W_{b_{a_1}} \\ &+ W_{b_{a_2}} + W_{pt} + W_{d1} + W_{d2} + W_t + W_p + W_k + W_s \\ &= 108192 + 59976 + 34452 + 18090 + 11088 + \\ &172224 + 161000 + 5426,4 + 10764 + 14352 + 12558 \\ &= 608122,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup (W_L) = luas lantai . beban hidup
 $= 598 \cdot 250$
 $= 149500 \text{ kg}$

c. Beban rencana (W_u) = 1,2 DL + 1,6 LL

$$\begin{aligned} &= (1,2 \cdot 608122,4) + (1,6 \cdot 149500) \\ &= 968946,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.4.4 Perencanaan Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur. Pendimensian kolom gedung Dekanat Fakultas Teknik direncanakan sesuai dengan *SNI 03-2847-2002 Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*:

Dimensi kolom sebagai berikut:

Tabel 3.15 dimensi kolom

No	Nama Kolom	Lebar balok (b) Cm	Tinggi balok (h) cm
1	K1	55	55
2	K2	70	70

Untuk memudahkan perhitungan, dalam mencari kebutuhan tulangan kolom dibantu program SAP 2000 v10 sebagai berikut:

1. Kolom K1

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 3929 mm²

Maka tulangan yang dipakai 8 buah tulangan deform diameter 25 mm.

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 956 mm²/mm. Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 150 mm (ϕ 10-150) dengan luas 1048 mm²/mm
- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 1410 mm²/mm. Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (ϕ 10-100) dengan luasan 1571 mm²/mm .

2. Kolom K2

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 4900 mm²
Maka tulangan yang dipakai 10 buah tulangan deform diameter 25 mm (10 D25) dengan luas 4906 mm².
- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat dan lemah) = 1097 mm²/mm. Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 125 mm (ϕ 10-125) dengan luas 1257 mm²/mm.

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat dan lemah) = $1797 \text{ mm}^2/\text{mm}$. Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm ($\phi 10-75$) dengan luas $2095 \text{ mm}^2/\text{mm}$.

3.4.5 Perencanaan Balok

Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban. Agar stabilitas terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut karena tegangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulangan baja tarik saja. Pendimensian balok gedung Dekanat Fakultas Teknik direncanakan sesuai dengan *SNI 03-2847-2002 Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*:

Tabel 3.16 Dimensi Balok

No	Nama Balok	Lebar Balok (b) Cm	Tinggi Balok (h) Cm
1	BI	40	80
2	BI-1	30	70
3	BI-2	30	55
4	BA-1	25	45

5	BA-2	20	30
6	BL-1	25	65
7	BLK	35	65
8	BAK	20	45

Untuk memudahkan perhitungan, dalam mencari kebutuhan tulangan balok dibantu program SAP 2000 v10 dengan luas tulangan sebagai berikut:

1. Balok BI

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea = 1501 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1702 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 6 D 19 dengan luasan 1702 mm²

2. FBot Area = 981 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1135 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4 D 19 dengan luasan 1135 mm²

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 469 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 1061 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1135 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4 D 19 dengan luasan 1135 mm²

c. Tulangan sengkang

Sengkang pada tumpuan dan lapanagn = 0,119 cm²

Maka digunakan sengkang D10 – 125 dengan luasan 0,126 cm²

2. Balok BI-1-30 x 70

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea = 2160 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 8 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 2269 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 8 D 19 dengan luasan 2269 mm²

2. FBot Area = 1030 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1135 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 4 D 19 dengan luasan 1135 mm²

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 585 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm²

2. FBot Area = 1370 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 5 D 19 dengan luasan 1418 mm²

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan = 0,127 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 10 - 100$ dengan luas 0,157 cm² pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan = 0,060 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 10 - 200$ dengan luas 0,078 cm² pada daerah tumpuan.

3. Balok BI-1-30 x 55

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea = 1168 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1418 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 5 D 19 dengan luasan 1135 mm²

2. FBot Area = 566 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm²

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 366 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 816 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm²

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan = 0,077 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 125$ dengan luas 0,080 cm² pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan = 0,034 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas 0,050 cm² pada daerah tumpuan.

4. Balok BA-1-25 x 45

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea = 877 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1135 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4 D 19 dengan luasan 1135 mm²

2. FBot Area = 423 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 277 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 706 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm²

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan $= 0,050 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas $0,050 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan $= 0,022 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas $0,050 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan

5. Balok BA-2-20 x 30

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea $= 1005 \text{ mm}^2$ (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1135 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 4 D 19 dengan luasan 1135 mm^2

2. FBot Area $= 203 \text{ mm}^2$ (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm^2

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea $= 203 \text{ mm}^2$ (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 598 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm²

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan = 0,049 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas 0,050 cm² pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan = 0,050 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas 0,050 cm² pada daerah tumpuan

6. Balok BL-1-25 x 65

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea = 622 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm²

2. FBot Area = 407 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 133 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 534 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \end{aligned}$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm^2

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan $= 0,103 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 10 - 150$ dengan luas $0,104 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan $= 0,082 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 10 - 175$ dengan luas $0,089 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan

7. Balok BLK-35 x 65

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea $= 2511 \text{ mm}^2$ (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 9 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 2553 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 9 D 19 dengan luasan 2553 mm^2

2. FBot Area $= 1193 \text{ mm}^2$ (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1419 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 5 D 19 dengan luasan 1419 mm^2

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 2511 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 9 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 2553 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 9 D 19 dengan luasan 2553 mm²

2. FBot Area = 1193 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1419 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 5 D 19 dengan luasan 1419 mm²

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan = 0,316 cm²

Maka digunakan tulangan 4d ϕ 10 – 75 dengan luas 0,41 cm² pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan = 0,303 cm²

Maka digunakan tulangan 4d ϕ 10 – 100 dengan luas 0,31 cm² pada daerah tumpuan

8. Balok BAK-20 x 45

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea = 571 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 3 D 19 dengan luasan 851 mm²

2. FBot Area = 289 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 529 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 289 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm^2

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan $= 0,079 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 10 - 175$ dengan luas $0,089 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan $= 0,065 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 10 - 200$ dengan luas $0,078 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan

9. Balok TB-30 x 50

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea $= 486 \text{ mm}^2$ (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm^2

2. FBot Area $= 299 \text{ mm}^2$ (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm^2

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 149 mm^2 (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm^2

2. FBot Area = 299 mm^2 (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm^2

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan = $0,027 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas $0,050 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan = $0,00 \text{ cm}^2$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas $0,050 \text{ cm}^2$ pada daerah tumpuan

10. Balok RB-30 x 55

a. Tulangan pada tumpuan

1. FTopArea = 538 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 312 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

b. Tulangan pada lapangan

1. FTopArea = 108 mm² (dari analisa struktur)

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

2. FBot Area = 341 mm² (dari analisa struktur)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan 2 D 19 dengan luasan 567 mm²

c. Tulangan sengkang

1. Sengkang pada tumpuan = 0,047 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas 0,050 cm² pada daerah tumpuan.

2. Sengkang pada lapangan = 0,030 cm²

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$ dengan luas 0,050 cm² pada daerah tumpuan

Tabel 3.17 Rekap Penulangan Kolom

NAMA	POSISI	DIAMETER
K1-55 x 55	Tulangan	8D25
	major shear	$\phi 10-150$
	minor shear	$\phi 10-100$
K2- 70 x 70	Tulangan	10D25
	major shear	$\phi 10-125$
	minor shear	$\phi 10 - 75$

Tabel 3.18 Rekap Penulangan Balok

NAMA	POSISI	TOP AREA	BATTOM AREA
BI 40 X 80	Tumpuan	6D19	4D19
	Lapangan	2D19	4D19
	Sengkang T L	D10-125	D10-175
BI-1-30 X 70	Tumpuan	8D19	4D19
	Lapangan	3D19	5D19
	Sengkang T L	φ10-100	φ10-200
BI-2-30 X 55	Tumpuan	5D19	3D19
	Lapangan	2D19	3D19
	Sengkang T L	φ8-125	φ8-200
BA-1-25 X 45	Tumpuan	4d19	2D19
	Lapangan	2D19	3D19
	Sengkang T L	φ8-200	φ8-200
BA-2-20 X 30	Tumpuan	4D19	2D19
	Lapangan	2D19	3D19
	Sengkang T L	φ8-200	φ8-200
BL - 25 X 65	Tumpuan	3D19	2D19
	Lapangan	2D19	3D19
	Sengkang T L	φ10-150	φ10-175
BLK 35 X 65	Tumpuan	9D19	5D19
	Lapangan	9D19	5D19
	Sengkang T L	4d φ10-75	4d φ10-100
BAK 20 X 45	Tumpuan	3D19	2D19
	Lapangan	2D19	2D19
	Sengkang T L	φ10-175	φ10-200
TB 30 x 50	Tumpuan	2D19	2D19
	Lapangan	2D19	2D19
	Sengkang	φ8-200	φ8-200
RB 30 x 55	Tumpuan	2D19	2D19
	Lapangan	2D19	2D19
	Sengkang	φ8-200	φ8-200

3.5 Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lainnya di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti: tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, selain itu tidak boleh terjadi penurunan level melebihi batas yang diijinkan. Perencanaan pondasi gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang direncanakan menggunakan pondasi plat. Hal ini didasarkan dari hasil sondir yang menunjukkan bahwa kedalaman tanah keras rata-rata berada pada kedalaman 4.20 m. MT dengan nilai q_c berkisar $50 \text{ kg/cm}^2 - 250 \text{ kg/cm}^2$.

Tabel 3.19 Hasil Data Sondir Tanah

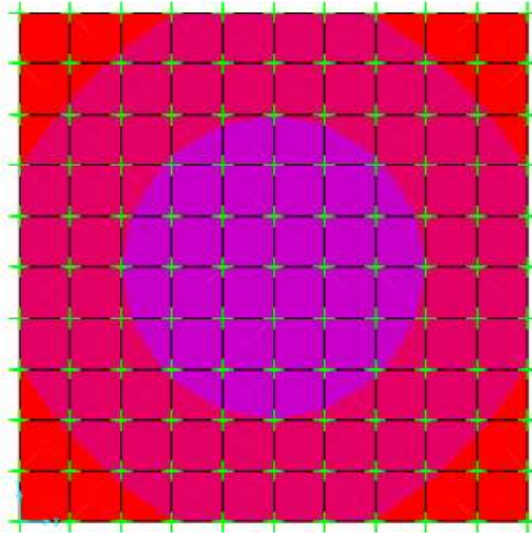
HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)						
PROYEK	: Pembangunan Dekanat FT					
TITIK	: S2					
SONDIR	: S2					
LOKASI	: Sebelah Timur Masjid Salman A					
TANGGAL	: 22 september 2014					
KEDALAMAN (m)	BACAAN q_c (kg/cm^2)	BACAAN $q_c + f_s$ (kg/cm^2)	f_s (kg/cm^2)	$f_s \times 20$ cm ($\text{kg/cm}'$)	T_f ($\text{kg/cm}'$)	R_f f_s/q_c (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	50	55	0,33	6,67	6,67	0,67
0,40	25	30	0,33	6,67	13,33	1,33
0,60	25	30	0,33	6,67	20,00	1,33
0,80	25	27	0,13	2,67	22,67	0,53

1,00	22	23	0,07	1,33	24,00	0,30
1,20	20	21	0,07	1,33	25,33	0,33
1,40	29	30	0,07	1,33	26,67	0,23
1,60	20	27	0,47	9,33	36,00	2,33
1,80	29	39	0,67	13,33	49,33	2,30
2,00	20	30	0,67	13,33	62,67	3,33
2,20	20	30	0,67	13,33	76,00	3,33
2,40	20	25	0,33	6,67	82,67	1,67
2,60	20	23	0,20	4,00	86,67	1,00
2,80	20	22	0,13	2,67	89,33	0,67
3,00	100	120	1,33	26,67	116,00	1,33
3,20	160	200	2,67	53,33	169,33	1,67
3,40	80	140	4,00	80,00	249,33	5,00
3,60	160	190	2,00	40,00	289,33	1,25
3,80	200	225	1,67	33,33	322,67	0,83
4,00	225	250	1,67	33,33	356,00	0,74
4,20	250	280	2,00	40,00	396,00	0,80
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH UNNES						

3.5.1 Data Teknis Perencanaan Pondasi untuk Struktur

- Jenis Tanah : Sand to Silty Sand
- $q_{c_{max}}$ (perlawanan ujung sondir) : 250 kg/cm^2
- $T_{f_{max}}$ (total friction sondir) : 396 kg/cm
- Mutu beton : K 350 (f_c 29,05 Mpa)
- Jenis pondasi : Pelat
- q_a : $q_c / 40 = 6.25 \text{ kg/cm}^2$
: $6.25 \times 96 = 600 \text{ KN/m}^2$
- Tebal plat : 50 cm
- k_s : $SF \times 40 \times q_a$
 $3 \times 40 \times 600 = 72000 \text{ KN/m}^3$

1. Check penurunan pondasi



Gambar 3.13 Hasil Analisa Struktur mode penurunan

Berdasarkan hasil analisis struktur besarnya penurunan (s) pada titik pusat pondasi pelat setempat untuk kombinasi DL+LL adalah $-0,006$ m, sehingga reaksi subgrade yang terjadi adalah

$$\sigma = k_s \cdot s = 72000 \times 0,007 = 576 \text{ kN/m}^2 < q_a (= 600 \text{ kN/m}^2)$$

(AMAN).

2. Perhitungan Tulangan

a) Dimensi kolom ($B' \times L'$) = 550×550 mm, tebal pelat (t_h) = 500 mm, diameter tulangan $\phi 10$ mm, selimut beton (c_v) = 50 mm, mutu beton ($f'c$) = 29.05 MPa, digunakan tulangan polos dengan mutu baja (f_y) = 240 Mpa

b) $d = t_h - c_v - \frac{1}{2} D = 500 - 50 - 5 = 445$ mm

c) Untuk $\rho_{\min} = \frac{1.4}{240} = 0.0058$

$$d) R1 = 0.85 \cdot f_c = 0.85 \cdot 29.05 = 24.69 \text{ Mpa}$$

e) Untuk $f_c \leq 30 \text{ Mpa}$ maka $\beta_1 = 0,85$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 29,05 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600+240} \\ &= 0,062 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f) \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,062 \\ &= 0,0468 \end{aligned}$$

$$g) M_u = 1123625.5 \text{ N}$$

$$h) M_n = 1123625.5 \text{ N} / 0.8 = 1404531.875 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} i) K &= \frac{M_n}{B \cdot d^2 \cdot R1} \\ &= \frac{1404531.875}{2000 \cdot 445^2 \cdot 24,69} \\ &= 0,000143 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} j) F &= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot K)} \\ &= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 0,000143)} \\ &= 0,000145 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k) F_{\max} &= \frac{\beta_1 \cdot 4500}{6000 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 4500}{6000 + 240} \end{aligned}$$

$$= 0,612$$

Karena $F \leq F_{\max}$

$0,000145 \leq 0,612$ maka dipakai tulangan tunggal

$$\begin{aligned} \text{l) } A_s &= \frac{F \cdot b \cdot d \cdot R_1}{f_y} \\ &= \frac{0,000145 \cdot 2000 \cdot 445 \cdot 24,69}{240} \end{aligned}$$

$$= 6.64 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= A_s / b \cdot d \\ &= 6.64 / 2000 \cdot 445 \\ &= 0.0000149 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ (nilai } \rho_{\min} \text{ untuk pelat)}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \rho_{\min} \cdot B \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 2000 \cdot 445 \\ &= 3194.87 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Digunakan D16} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= 3194.87 / 200,96 \\ &= 13,83 = 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan} = 2000 / 14 = 200 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan D16 – 200

$$A_s \text{ yang timbul} = 14 \times 200,96 = 3194.87 \text{ mm}^2$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai D16-200.

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,15\% \cdot B \cdot d \\ &= 0,15\% \cdot 2000 \cdot 445 = 1335 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{atas}}} \text{ Digunakan D14} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 14^2 \\ &= 153,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= 1335 / 153,86 \\ &= 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan} = 2000 / 9 = 222 \text{ mm}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai D14 – 225.

3. Perhitungan tulangan geser

a) Check geser pons

$$\begin{aligned} 1. V_c &= (1+2/\beta_c) \times (1/6 \times \sqrt{f_c}) \times b_o \times d \\ &= (1+ 2/1) \times (1/6 \times \sqrt{29.05} \times (2000 \times 4) \times 445 \\ &= 9593853 \text{ Nmm} \\ &= 9593,853 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. V_c &= (\alpha \times d / b_o + 2) \times (1/12 \times \sqrt{f_c}) \times b_o \times d \\ &= (40 \times 445 / 8 + 2) \times (1/12 \times \sqrt{29.05}) \times 8000 \times 445 \\ &= 3556831 \text{ Nmm} \\ &= 3556,831 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. V_c &= (1/3 \times \sqrt{f_c}) \times b_o \times d \\ &= (1/3 \times \sqrt{29.05}) \times 8000 \times 445 \\ &= 6395902 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$= 6395,02 \text{ KN}$$

4. Check $V_u < \phi V_c$

$$= 2304 \text{ KN} < 9593,853 \text{ KN (OK)}$$

$$= 2304 \text{ KN} < 3556,831 \text{ KN (OK)}$$

$$= 2304 \text{ KN} < 6395,902 \text{ KN (OK)}$$

b. Check geser lentur

$$1. V_c = (1/6 \times \sqrt{f_c}) \times b \times d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{29.05} \times 10 \times 2000 \times 445$$

$$= 7994877 \text{ Nmm}$$

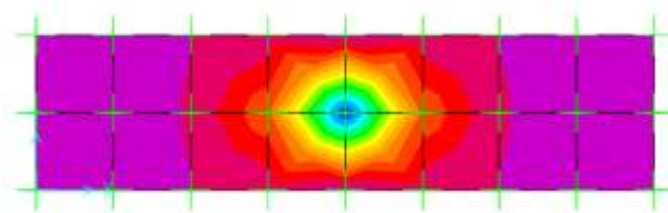
$$= 7994,877 \text{ KN}$$

2. Check $V_u < \phi V_c$

$$= 2304 \text{ KN} < 7994,877 \text{ KN (OK)}$$

Tetapi tetap digunakan tulangan geser D12-200

1. Check penurunan pondasi tangga



Gambar 3.14 Hasil Analisa Struktur mode M 22

Berdasarkan hasil analisis struktur besarnya penurunan (s) pada titik pusat pondasi pelat setempat untuk kombinasi DL+LL adalah -0,003 m, sehingga reaksi subgrade yang terjadi adalah $\sigma = k_s \cdot s = 72000 \times 0,001 = 72 \text{ kN/m}^2 < q_a (= 250 \text{ kN/m}^2)$ (**AMAN**).

2. Perhitungan Tulangan

a) $d = th - cv - \frac{1}{2} D = 300 - 50 - 5 = 245 \text{ mm}$

b) Untuk $\rho_{\min} = \frac{1.4}{240} = 0.0058$

c) $R1 = 0.85 \cdot fc = 0.85 \cdot 29.05 = 24.69 \text{ Mpa}$

d) Untuk $fc \leq 30 \text{ Mpa}$ maka $\beta_1 = 0.85$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0.85 \cdot fc \cdot \beta_1}{fy} \cdot \frac{600}{600+fy} \\ &= \frac{0.85 \cdot 29.05 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600+240} \\ &= 0.062\end{aligned}$$

e) $\rho_{\max} = 0.75 \cdot \rho_b$
 $= 0.75 \cdot 0.062$
 $= 0.0468$

f) $Mu = 19781 \text{ N}$

g) $Mn = 19781 \text{ N} / 0.8 = 24726.25 \text{ N}$

h) $K = \frac{Mn}{B \cdot d^2 \cdot R1}$
 $= \frac{24726.25}{500 \cdot 245^2 \cdot 24.69}$
 $= 0.000033$

i) $F = 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot K)}$
 $= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 0.000033)}$
 $= 0.000035$

$$\begin{aligned}
 \text{j) } F_{\max} &= \frac{\beta_1 \cdot 4500}{6000 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 4500}{6000 + 240} \\
 &= 0,613
 \end{aligned}$$

Karena $F \leq F_{\max}$

$0,000035 \leq 0,613$ maka dipakai tulangan tunggal

$$\begin{aligned}
 \text{k) } A_s &= \frac{F \cdot b \cdot d \cdot R_1}{f_y} \\
 &= \frac{0,000033 \cdot 500 \cdot 245 \cdot 24.69}{240} \\
 &= 0,421 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= A_s / b \cdot d \\
 &= 0,42 / 500 \cdot 245 \\
 &= 0,0000034
 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$

$\rho_{\min} = 0,0025$ (nilai ρ_{\min} untuk pelat)

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= \rho_{\min} \cdot B \cdot d \\
 &= 0,0025 \cdot 500 \cdot 245 \\
 &= 714,58 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $A_s < A_{s_{\min}}$ maka dipakai $A_{s_{\min}}$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan } \phi 12 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2
 \end{aligned}$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = 714.58 / 113,04$$

$$= 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = 500 / 6 = 100 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan $\phi 12 - 100$

$$\text{As yang timbul} = 6 \times 113,04 = 714.58 \text{ mm}^2$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai $\phi 12 - 100$.

$$\text{As}^{\prime} = 0,15\% \cdot B \cdot d$$

$$= 0,15\% \cdot 500 \cdot 245$$

$$= 183.75 \text{ mm}^2$$

$$\text{As}_{\text{atas}} \text{ Digunakan } \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2$$

$$= 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = 183.75 / 78.5$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = 500 / 2 = 225 \text{ mm}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai $\phi 10 - 225$.

3. Perhitungan tulangan geser

a) Check geser pons

$$1. V_c = (1+2/\beta_c) \times (1/6 \times \sqrt{f_c}) \times b_o \times d$$

$$= (1+ 2/1) \times (1/6 \times \sqrt{29.05} \times (2 \times (500+2000))) \times 245$$

$$= 3301,256 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
2. \quad V_c &= (\alpha \times d / b_o + 2) \times (1/12 \times \sqrt{f_c}) \times b_o \times d \\
&= (40 \times 245 / 5000 + 2) \times (1/12 \times \sqrt{29.05}) \times 5000 \times 245 \\
&= 1077,979 \text{ KN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \quad V_c &= (1/3 \times \sqrt{f_c}) \times b_o \times d \\
&= (1/3 \times \sqrt{29.05}) \times 5000 \times 245 \\
&= 22000,837 \text{ KN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
4. \quad \text{Check } V_u &< \phi V_c \\
&= 18 \text{ KN} < 3301,256 \text{ KN (OK)} \\
&= 18 \text{ KN} < 1077,979 \text{ KN (OK)} \\
&= 18 \text{ KN} < 22000,837 \text{ KN (OK)}
\end{aligned}$$

c. Check geser lentur

$$\begin{aligned}
1. \quad V_c &= (1/6 \times \sqrt{f_c}) \times b \times d \\
&= 1/6 \times \sqrt{29.05} \times 10 \times 500 \times 245 \\
&= 1100,418 \text{ KN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2. \quad \text{Check } V_u &< \phi V_c \\
&= 18 \text{ KN} < 1100,418 \text{ KN (OK)}
\end{aligned}$$

Tetapi tetap digunakan tulangan geser $\phi 10-200$

BAB VI

PENUTUP

6.1 Simpulan

1. Pembangunan gedung dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dilatar belakangi, kurangnya sarana fasilitas penunjang pendidikan.
2. Pembangunan gedung dekanat Fakultas Teknik ini direncanakan dapat menahan beban mati, beban hidup dan beban gempa.
3. Pondasi gedung dekanat Fakultas Teknik ini menggunakan metode pondasi plat fleksibel dimana pondasi ini berdimensi 2 m x 2 m dan menggunakan mutu beton K350
4. Mutu beton gedung dekanat Fakultas Teknik ini balok, kolom, pelat lantai dan tangga direncanakan menggunakan mutu beton K 300, dan mutu tulangan baja untuk diameter < diameter 10 Fy 2400 kg/cm² atau U24 (tulangan polos) sedangkan untuk diameter > diameter 10 Fy 3900 kg/cm² atau U39 (tulangan deform/ulir)
5. Dimensi kolom gedung dekanat Fakultas Teknik untuk K1 dimensinya 55 x 55 cm sedangkan K2 dimensinya 70 x 70 cm, dan K3 dimensinya 40 x 40 melalui program SAP 2000 v10 dengan dimensi tersebut sudah aman.
6. Dimensi balok gedung dekanat Fakultas Teknik ini melalui program SAP 2000 v10 dimensi balok BI- 40 x 80, BI-1-30x70, BA-1-25x45, BA-2-

20x30, BL-25x65, BLK-35x65, BAK-20x45, TB-30x50 dan RB-30x55 aman.

7. Mutu baja menggunakan mutu baja Bj 37.

6.2 Saran

1. Pembangunan sebuah gedung harus sesuai dengan prosesnya dan kejadian dilapangan harus sesuai dengan apa yang kita rencanakan.
2. Letak geografis Negara Indonesia yang berada pada jalur ring of fire dan pertemuan antara lempeng bumi sehingga Negara ini sering terjadi gempa oleh karena itu bangunan juga harus di desain mampu menahan gempa yang terjadi dilokasi pembangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Departement Pekerjaan Umum. 2007. *Pedoman Teknis Pembangunan Gedung Negara*.

Tricahyo, Hanggoro. 2007. *Handout Rekayasa Pondasi 1 Pondasi plat fleksible*

Cvis, W. C dan Gideon H. Kusuma. 2005. *Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.