

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN 8 LANTAI DI KAWASAN GAJAH MUNGKUR KOTA SEMARANG

Diajukan untuk melengkapi persyaratan menempuh Ujian Akhir
Program Strata Satu (S-1) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil
Universitas Semarang



Disusun Oleh :

**ANDRE DWI OKTAFIYANTO
ABDUL MUNTOLIB**

**NIM : C.131.19.0046
NIM : C.131.19.0047**

**YAYASAN ALUMNI UNIVERSITAS DIPONEGORO
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEMARANG
2023**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN 8
LANTAI DI KAWASAN GAJAH MUNGKUR KOTA
SEMARANG**


Disusun Oleh :

**ANDRE DWI OKTAFIYANTO
ABDUL MUNTOLIB**

**NIM : C.131.19.0046
NIM : C.131.19.0047**


Tugas akhir ini telah diterima
Sebagai salah satu persyaratan menempuh ujian akhir
Semarang 2023

Diperiksa
Dosen Pembimbing Utama
Tugas Akhir


Hani Purwanti, S.T., M.T.
NIS. 06557003102204




Diperiksa
Dosen Pembimbing Pendamping
Tugas Akhir


Nur Fithriani Fatma Cholida, S.T., M.T.
NIS. 06557003102224

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Universitas Semarang

Mengetahui,
Kajur S-1 Teknik Sipil


Ngudi Hari Crista, S.T., M.T.
NIS. 06557003102148



BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR

Pada hari ini Senin, tanggal 21 Agustus 2023 bertempat di Fakultas Teknik, telah dilaksanakan Ujian TA Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Semarang Periode Semester Genap Tahun Akademik 2022/2023.

Nama Mahasiswa : **ABDUL MUNTOLIB**
N I M : **C.131.19.0047**
Fakultas : **Teknik**
Program Studi : **S1 Teknik Sipil**
Judul TA : **Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang**
Judul KP : **Proyek Pembangunan Gedung UKM Tower Ruang Kelas dan Laboratorium Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang**

Dengan Hasil :

NO	NAMA PENGUJI	JABATAN	NILAI	TANDA TANGAN
1	HANI PURWANTI, S.T., M.T.	Ketua Penguji	80	
2	NUR FITHRIANI FATMA CHOLIDA, S.T., M.T.	Anggota Penguji	85	
Total Nilai				

Nilai Angka :

Nilai Huruf :

Keterangan :

Lulus / Tidak Lulus

Mengetahui,
Wakil Dekan

Ferry Firmawan, S.T., M.T., Ph.D.
NIS. 0557003102268

Semarang, 21 Agustus 2023
Ka. Progdil S1 Teknik Sipil

Ngudi Hari Crista, S.T., M.T.
NIS. 06557003102148

ABSTRAK

Pembangunan gedung perkantoran bertingkat memerlukan perencanaan struktural yang cermat guna menjamin keselamatan, daya tahan, dan fungsionalitasnya. Penelitian ini menyajikan perancangan dan analisis struktur beton bertulang dari gedung perkantoran 8 lantai di kawasan Gajah Mungkur, Kota Semarang.

Metodologi penelitian mencakup telaah literatur yang komprehensif, investigasi geoteknik yang mendalam, dan analisis struktural menggunakan perangkat lunak standar industri. Data geoteknik dari lokasi penelitian dianalisis untuk mengidentifikasi sifat tanah, yang berperan penting dalam perancangan pondasi dan analisis gempa.

Selain itu, pertimbangan keberlanjutan dan lingkungan juga diintegrasikan dalam perancangan struktur. Penggunaan bahan secara efisien dan praktik konstruksi yang berkelanjutan menjadi prioritas guna mengurangi dampak lingkungan dari gedung ini.

Sebagai kesimpulan, penelitian ini memberikan wawasan berharga dalam perencanaan dan desain struktur beton bertulang untuk gedung perkantoran bertingkat. Sistem struktural yang diusulkan untuk gedung perkantoran 8 lantai di kawasan Gajah Mungkur menggambarkan pendekatan yang tangguh dan berkelanjutan dalam praktik konstruksi modern. Temuan dari penelitian ini dapat membimbing proyek-proyek masa depan dalam konteks yang serupa, mendorong praktik konstruksi yang lebih aman, tangguh, dan sadar lingkungan.

Kata kunci : *beton bertulang; perancangan struktural; gedung perkantoran*

ABSTRACT

The construction of multi-story office buildings requires meticulous structural planning to ensure safety, durability, and functionality. This study presents the structural design and analysis of an 8-story reinforced concrete office building in the Gajah Mungkur area of Semarang City.

The research methodology encompasses a comprehensive literature review, detailed geotechnical investigation, and advanced structural analysis using industry-standard software. Geotechnical data from the site was examined to ascertain soil properties, which played a crucial role in foundation design and seismic analysis.

Furthermore, sustainability and environmental considerations were integrated into the structural design. Efficient use of materials and sustainable construction practices were prioritized to reduce the building's environmental footprint.

In conclusion, this research contributes valuable insights into the planning and design of reinforced concrete structures for multi-story office buildings. The proposed structural system for the 8-story office building in the Gajah Mungkur area exemplifies a robust and sustainable approach to modern construction practices. The findings of this study can guide future projects in similar contexts, promoting safer, more resilient, and environmentally conscious construction practices.

Keyword : reinforced concrete; structural design; office building



USM

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan akan ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah kamu berharap

(Qs. Al-Insyiroh : 6-8)

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.

(Qs. Al-Baqarah : 286)

Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah tenang dan sabar.

(Umar bin khattab)



USM

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai Di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Program Strata Satu (S-1) Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tugas akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. **Bapak Dr. Supari, ST., MT.**, selaku Rektor Universitas Semarang
2. **Bapak Dr. Purwanto, ST., MT.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Semarang.
3. **Bapak Ngudi Hari Crista, ST., MT.**, selaku Ketua Jurusan, Teknik Sipil, Universitas Semarang.
4. **Ibu Hani Purwanti, S.T., MT.**, selaku Dosen Pembimbing Pertama.
5. **Ibu Nur Fithriani Fatma Cholida, S.T., MT.**, selaku Dosen Pembimbing Kedua.
6. **Seluruh Staf Pengajaran dan Staf Tata Usaha** Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Semarang.
7. Kakak Tingkat dan teman – teman mahasiswa Universitas Semarang di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil.
8. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang sangat banyak membantunya kelancaran dan penyelesaian penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis tetapi juga bagi para pembacanya.

Semarang, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iiiv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Judul Tugas Akhir	1
1.2 Bidang Ilmu	1
1.3 Latar Belakang	1
1.4 Rumusan dan Batasan Masalah	2
1.4.1 Rumusan Masalah	2
1.4.2 Batasan Masalah	3
1.5 Maksud, Tujuan dan Manfaat Perencanaan	3
1.5.1 Maksud Perencanaan	3
1.5.2 Tujuan Perencanaan	3
1.5.3 Manfaat Perencanaan	4
1.6 Lokasi Perencanaan Proyek.....	4
1.7 Sistematika Penyusunan	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tinjauan Umum.....	6
2.1.1 Struktur Atas	7
2.1.2 Struktur Bawah.....	8
2.2 Pedoman Perencanaan	8
2.3 Mutu bahan.....	8
2.4 Konsep Perencanaan Gedung	8
2.4.1 Desain Terhadap Beban Lateral.....	8
2.4.2 Analisis Struktur Terhadap Gempa	9
2.4.3 Ketidak beraturan horizontal	10

2.4.4 Ketidakberaturan vertikal	12
2.5 Perencanaan Struktur Bangunan.....	14
2.5.1 Pembebanan	14
2.5.2 Perencanaan Beban.....	36
2.5.3 Faktor Reduksi Kekuatan Bahan.....	37
2.6 Perencanaan Struktur.....	37
2.6.1. Struktur Atas (<i>Upper Structure</i>).....	37
2.6.2 Struktur Bawah (<i>Sub Structure</i>).....	65
BAB III : METODOLOGI	75
3.1 Uraian Umum	75
3.2 Pengumpulan Data	75
3.2.1 Data Teknis	75
3.2.2 Data Non Teknis	76
3.3 Metode Analisis	78
3.4 Rencana Teknis Pelaksanaan Studi.....	79
3.4.1 Tahap Pelaksanaan Studi	79
3.4.2 Bagan Alir.....	79
3.4.3 Metode Penelitian	80
BAB IV : PERHITUNGAN STRUKTUR	82
4.1 Perencanaan Atap	82
4.2 Pedoman Perhitungan Atap.....	82
4.3 Perhitungan Atap	83
4.3.1 Perhitungan Gording.....	84
4.3.2 Kombinasi Pembebanan Gording	89
4.3.4 Perhitungan <i>Trackstang</i>	94
4.3.5 Perencanaan Kuda – kuda.....	95
4.3.6 Pembebanan Kuda – Kuda.....	96
4.3.6 Input Data pada Program SAP.....	100
4.3.7 Data Perhitungan Baut Kuda – kuda.....	102
4.3.8 Data Perhitungan Profil Kuda – Kuda	105
4.4 Perhitungan Tulangan Pelat Atap	118
4.5 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai.....	129
4.6 Perhitungan Struktur Portal Balok Dan Kolom	140
4.6.1 Data Teknis Portal.....	140

4.6.2 Menentukan Syarat Batas dan Panjang Bentang	141
4.6.3 Menentukan Dimensi	141
4.6.4 Pembebanan Portal.....	141
4.7 Perhitungan Beban Gempa	148
4.7.1 Pedoman Perencanaan Gempa.....	148
4.7.2 Perencanaan Beban Gempa.....	148
4.7.3 Penentuan Berat, Massa dan Lokasi Titik Berat Tiap Lantai	161
4.7.4 Distribusi Beban Gempa Analisis Respon Dinamik.....	167
4.7.5 Analisis Respon Dinamik Jumlah Ragam / Partisipasi Massa	168
4.7.6 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai (Tory Drift).....	170
4.7.7 Penentuan Momen pada Portal	175
4.8 Hubungan Balok Dan Kolom	189
4.9 Perhitungan Struktur Tangga.....	189
4.9.1 Perencanaan Pembebanan Tangga	189
4.9.2 Analisa Gaya dalam Pelat Tangga dan Pelat Bordes	195
4.9.3 Perhitungan Penulangan Pelat Bordes	197
4.10 Perhitungan Konstruksi Pondasi.....	200
4.10.1 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang	201
4.10.2 Cek terhadap kekuatan bahan tiang pancang	204
4.10.3 Jumlah tiang yang dibutuhkan dalam desain.....	204
4.10.4 Distribusi beban kolom ke masing-masing tiang	205
4.10.5 Menghitung Tinggi Pile Cap dan penulangannya	208
BAB V : PENUTUP.....	200
5.1 Kesimpulan	200
5.2 Saran	201
DAFTAR PUSTAKA	203
DAFTAR LAMPIRAN	205

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Poryek	4
Gambar 2. 1 Ketidak beraturan horizontal	12
Gambar 2. 2 Ketidak beraturan horizontal	14
Gambar 2. 3 Percepatan Periode pendek S_s (0,2 detik).....	22
Gambar 2. 4 Percepatan Periode S_1 (1 detik).....	22
Gambar 2. 5 Peta Transisi Periode Panjang TL	23
Gambar 2. 6 Spectrum Respons Design	30
Gambar 2. 7 Gaya Insersia Akibat Getaran Tanah pada Benda Kaku	36
Gambar 2. 8 Gaya Kerja Pada Gording	39
Gambar 2. 9 Gaya Yang Bekerja Pada Beban Hidup.....	40
Gambar 2. 10 Gaya Yang Bekerja Pada Beban Angin.....	40
Gambar 2. 11 Ikatan Angin	42
Gambar 2. 12 Prinsip Desain Pelat.....	45
Gambar 2. 13 Bagian Pelat yang Diperhitungkan untuk Balok	46
Gambar 2. 14 Beban Pelat dengan Sistem Amplop.....	49
Gambar 2. 15 Penulangan Pada Balok	50
Gambar 2. 16 Pemasangan Tulangan Pokok Balok	52
Gambar 2. 17 Bidang Momen dan Bidang Lintang Akibat Gaya Geser.....	53
Gambar 2. 18 Diagram Gaya Geser.....	54
Gambar 2. 19 Resultante gaya yang bekerja di sepanjang “y”	54
Gambar 2. 20 Jenis Kolom Beton Bertulang	59
Gambar 2. 21 Panjang Efektif Kolom Tumpuan Jepit dan Sendi	60
Gambar 2. 22 Kurva Alinyemen untuk Portal Tak Bergoyang dan Portal Bergoyang	60
Gambar 2. 23 Jenis Sengkang Pengikat.....	64
Gambar 2. 24 Tegangan Kontak Akibat Beban Aksial	66
Gambar 3. 1 Bagan Metodologi Penyusunan Tgas Akhir	80
Gambar 4. 1 Kuda-kuda Bentang 11,3m	83
Gambar 4. 2 Denah atap	83
Gambar 4. 3 Gording (prodil CNP 150.65.20.3,2).....	84
Gambar 4. 4 Pemodelan Beban Mati.....	85
Gambar 4. 5 Pembebanan Beban Mati	86
Gambar 4. 6 Pemodelan Beban Hidup	87
Gambar 4. 7 Pembebanan Beban Hidup.....	87
Gambar 4. 8 Pemodelan Beban Angin	88
Gambar 4. 9 Pembebanan Beban Angin.....	89
Gambar 4. 10 Mutu Baja	96
Gambar 4. 11 Input Beban Mati	97
Gambar 4. 12 Display Beban Mati Total.....	97
Gambar 4. 13 Input Beban Hidup.....	98

Gambar 4. 14 Input Beban Hidup.....	98
Gambar 4. 15 Input Beban Angin Tekan.....	99
Gambar 4. 16 Input Beban Angin Hisap	99
Gambar 4. 17 Display Beban Angin.....	100
Gambar 4. 18 Frame Properties	100
Gambar 4. 19 Material Property Data	101
Gambar 4. 20 Define Load Patterns	101
Gambar 4. 21 Beban Kombinasi 3	102
Gambar 4. 22 Kuda-kuda Bentang 11,3m	102
Gambar 4. 23 Diagram Fir Frame Objek Right.....	103
Gambar 4. 24 Diagram For Frame Objek Left	103
Gambar 4. 25 Diagram For Frame Objek Left	105
Gambar 4. 26 Profil IWF	106
Gambar 4. 27 Diagram For Frame Objek Rifht.....	108
Gambar 4. 28 Profil IWF 200.100.5,5.8.....	108
Gambar 4. 29 Pemodelan jarak baut.....	110
Gambar 4. 30 Pemodelan Letak Baut.....	112
Gambar 4. 31 Pemodelan Sambungan Puncak Rafter.....	113
Gambar 4. 32 Pemodelan Sambungan Rafter dan Kolom.....	115
Gambar 4. 33 Pemodelan Plat Landasan	116
Gambar 4. 34 Perspektif Rangka Portal Struktur Beton.....	140
Gambar 4. 35 Beban Mati Pelat Lantai	142
Gambar 4. 36 Beban Mati Pelat Atap.....	143
Gambar 4. 37 Beban Hidup Pelat Lantai.....	144
Gambar 4. 38 Beban Hidup Pelat Atap	145
Gambar 4. 39 Beban Kuda – kuda.....	146
Gambar 4. 40 Beban Kuda – kuda Ditransfer ke Kolom	147
Gambar 4. 41 Beban Dinding pada Balok.....	147
Gambar 4. 42 Nilai S_s dan S_1 Respon Spektra.....	151
Gambar 4. 43 Peta Parameter S_s Wilayah Indonesia.....	152
Gambar 4. 44 Peta Parameter S_1 Wilayah Indonesia.....	152
Gambar 4. 45 Spektrum Respons Desain SNI 03-1726-2019.....	160
Gambar 4. 46 Penentuan Pusat Massa Lantai 8	162
Gambar 4. 47 Gambar 4.61 Spektrum Respons Gempa Desain.....	164
Gambar 4. 48 Spektrum Respons Desain	164
Gambar 4. 49 Gambar 4.63 <i>Input Data Respons Spektrum</i>	167
Gambar 4. 50 Gambar 4.64 <i>Structure Output Analysis</i>	169
Gambar 4. 51 <i>Structure Output Analysis Joint Displacements</i>	170
Gambar 4. 52 Penentuan Antar Simpangan	171
Gambar 4. 53 <i>Structure Output Analysis Element forces</i>	177
Gambar 4. 54 Detail Penulangan Kolom.....	182
Gambar 4. 55 Detail Penulangan Balok	188
Gambar 4. 56 <i>Tampak Atas Tangga</i>	190

Gambar 4. 57 Gambar 52.Potongan Tangga.....	191
Gambar 4. 58 Dimensi Tangga.....	193
Gambar 4. 59 Momen M_{11} (momen arah X) Tangga dan Bordes.....	195
Gambar 4. 60 Momen M_{22} (momen arah Y) Tangga dan Bordes.....	196
Gambar 4. 61 Gambar 55.Tebal Efektif pada plat tangga.....	197
Gambar 4. 62 Data Tanah.....	202
Gambar 4. 63 Rencana Pondasi model 1	205
Gambar 4. 64 Gambar 4.70 Rencana Pondasi model 2	206
Gambar 4. 65 Rencana Pondasi model 3	207
Gambar 4. 66 Rencana Pondasi model 4	208
Gambar 4. 67 Rencana Pile Cape 1	209
Gambar 4. 68 Geser Pons	210



USM

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketidak beraturan horizontal pada struktur	10
Tabel 2. 2 Ketidak beraturan vertikal pada struktur	13
Tabel 2. 3 Berat sendiri material konstruksi.....	15
Tabel 2. 4 Berat sendiri komponen gedung.....	16
Tabel 2. 5 Beban hidup pada lantai gedung.....	18
Tabel 2. 6 Beban hidup pada struktur.....	20
Tabel 2. 7 Koefisien angin untuk atap pelana	20
Tabel 2. 8 Kategori risiko bangunan gedung dan nin gedung untuk gempa	24
Tabel 2. 9 Faktor Keutamaan Gempa.....	25
Tabel 2. 10 Hubungan Klasifikasi Situs dengan Parameter Tanah	27
Tabel 2. 11 Koefisien Situs (F_a).....	28
Tabel 2. 12 Koefisien Situs (F_v).....	28
Tabel 2. 13 Koefisien Batas Atas Periode	30
Tabel 2. 14 Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	31
Tabel 2. 15 Kategori Desain Seismik Parameter Respons Percepatan Periode Pendek.....	31
Tabel 2. 16 Kategori Desain Seismik Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik.....	32
Tabel 2. 17 Faktor R, CD dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Seismik.....	32
Tabel 2. 18 Kekuatan Nominal Pengekangan dan Bagian Berulir, ksi (Mpa)	43
Tabel 2. 19 Tinggi minimum balok non parategang	49
Tabel 2. 20 Momen Inersia Elemen Struktur	61
Tabel 4. 1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	148
Tabel 4. 2 Faktor Keutamaan Gempa.....	149
Tabel 4. 3 Nilai Penetrasi Standar Rata-rata (N).....	153
Tabel 4. 4 Hubungan Klasifikasi Situs dengan Parameter Tanah	154
Tabel 4. 5 Tabel 4.9 Koefisien Situs (F_a)	156
Tabel 4. 6 Tabel 4.10 Koefisien Situs (F_v)	156
Tabel 4. 7 Nilai Hasil Tes Penetrasi Standar Rata – Rata (N).....	157
Tabel 4. 8 Koefisien Batas Atas Periode	159
Tabel 4. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	159
Tabel 4. 10 Spektrum Respons Desain Kantor Dinas Kesehatan dan	161
Tabel 4. 11 Kategori Desain Seismik Parameter Respons Percepatan Periode Pendek....	163
Tabel 4. 12 Kategori Desain Seismik Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik....	163
Tabel 4. 13 Tabel 4.17 Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	165
Tabel 4. 14 Simpangan Antara Lantai Ijin,	170
Tabel 4. 15 Hasil Pemeriksaan Simpangan antar Lantai arah X	173
Tabel 4. 16 Hasil Pemeriksaan Simpangan antar Lantai arah Y	175
Tabel 4. 17 Kombinasi Beban	176
Tabel 4. 18 Pengecekan Strong Column Weak Beam (SCWB).....	189
Tabel 4. 19 Hasil Output Pelat Tangga dan Bordes pada SAP2000.....	197

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Judul Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang.

1.2 Bidang Ilmu

Teknik Sipil (Struktur Gedung).

1.3 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin modern ini menuntut adanya masyarakat yang berkualitas. Untuk itu Universitas Semarang berusaha untuk mencetak mahasiswa berkualitas yang mampu bersaing di dunia industri yang begitu ketat dan menjadi masyarakat yang berkualitas. Tugas Akhir merupakan salah satu mata kuliah yang wajib di tempuh seluruh Mahasiswa untuk menyelesaikan tahap semester akhir pada perguruan tinggi program studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Semarang.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu cara untuk mencetak mahasiswa berkualitas. Berbekal dari materi yang didapat selama perkuliahan serta pengalaman yang didapat saat Kerja Praktek (KP) dan Kuliah Kerja Lapangan (KKL). Dengan adanya pengalaman tersebut diharapkan Mahasiswa mampu merencanakan suatu konstruksi gedung dengan benar sesuai dengan ilmu yang didapat selama mengikuti perkuliahan. Untuk itu dalam menyusun Tugas Akhir ini diperlukan penyusunan proposal untuk kemudian disetujui dan disahkan sehingga dapat menjadi arahan dan pedoman penyusunan Laporan Tugas Akhir.

Judul Tugas Akhir yang dipilih Penulis Berjudul Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang. Kota Semarang menjadi bagian dari sebuah kawasan dinamis yaitu menjadi ibu kota Provinsi Jawa Tengah, memiliki banyak potensi untuk meningkatkan kesejahteraan rakyatnya. Bukan hanya sektor perdagangan, berbagai macam sektor diantaranya bidang pariwisata, dan

industri dapat memacu pertumbuhan ekonomi daerah. Untuk mengelola potensi daerah, meningkatkan potensi masyarakat sangat penting demi kelancarannya.

Perkembangan dunia perindustrian yang semakin cepat, menuntut pihak perusahaan untuk memperluas pembangunan tempat industri. Pembangunan gedung perkantoran berguna untuk menunjang aktifitas industri dalam hal penanganan sistem informasi, melindungi aset dan harta, serta memajemen kegiatan industri. Kantor yang nyaman bagi penghuninya, memberikan nilai tambah dalam melaksanakan tugas-tugas kantor. Sehingga gedung perkantoran perlu direncanakan dengan tata ruang yang baik, dilengkapi fasilitas penunjang seperti ruang arsip, ruang kerja, kantin dan ruang penunjang lainnya. Selain itu juga diperlukan adanya perencanaan struktur gedung yang matang sehingga bangunan mampu berdiri kokoh, tahan gempa serta memenuhi standar SNI dan sesuai dengan tujuan/fungsi penggunaannya tanpa mengesampingkan estetika/keindahan bangunan. Selain itu perencanaan yang matang akan menghindari terjadinya kegagalan bangunan atau kegagalan konstruksi.

Dalam Laporan Tugas Akhir ini, penyusun menguraikan tentang struktur bawah dan struktur atas gedung. Tetapi penyusun tetap mendapat intisari bangunan, seperti konstruksi struktur beton dan pondasi serta bentuk dan estetika bangunan.

1.4 Rumusan dan Batasan Masalah

1.4.1 Rumusan Masalah

Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang adalah merencanakan suatu struktur gedung bertingkat yaitu struktur atas yang terdiri dari atap, plat, balok, dan kolom serta struktur bawah berupa pondasi yang memenuhi faktor aman dan sesuai dengan standar SNI dengan tetap memperhatikan estetika gedung.

Dengan kemajuan dan perkembangan teknologi di bidang pembangunan, maka proyek ini direncanakan sesuai standar pembangunan gedung dengan mempertimbangkan aspek arsitektural, fungsional, kestabilan struktur, ekonomi dan kemudahan dalam pelaksanaan, sehingga gedung dapat memenuhi kebutuhan fasilitas Perkantoran sesuai fungsi yang diharapkan pihak yang terkait dalam pembangunan.

1.4.2 Batasan Masalah

Perencanaan gedung dalam laporan Tugas Akhir ini, penyusun memiliki Batasan masalah berupa struktur utama saja yang akan diuraikan lebih lanjut. Maka, permasalahan yang terjadi pada struktur penunjang hanya dibahas secukupnya saja. Pembahasan yang dimaksud berupa tahap pra-desain, perencanaan dan konstruksi (Analisa dan perhitungan struktur).

1.5 Maksud, Tujuan dan Manfaat Perencanaan

1.5.1 Maksud Perencanaan

Maksud dari Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang adalah untuk memenuhi kebutuhan fasilitas perkantoran yang berada di Kota Semarang. Gedung Perkantoran 8 Lantai ini merupakan tempat melaksanakan aktivitas perekonomian sehingga diperlukan sarana dan prasarana untuk menunjangnya.

1.5.2 Tujuan Perencanaan

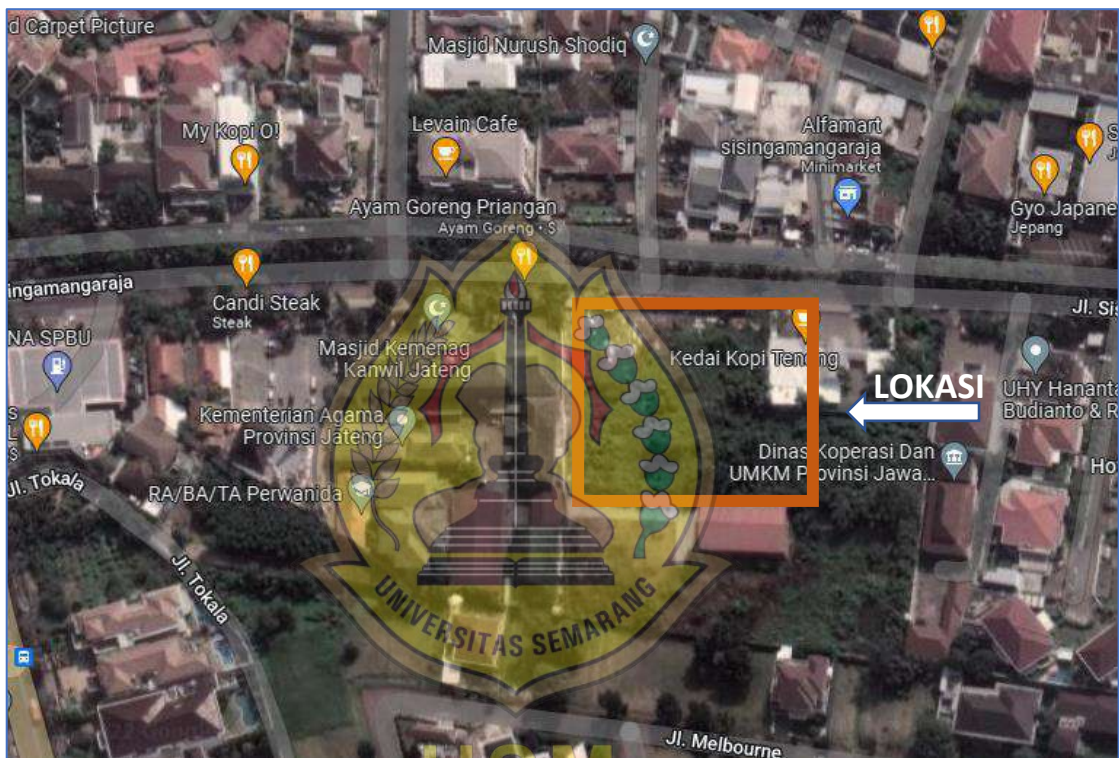
Tujuan Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur:

- a. Merencanakan gedung 8 lantai untuk memenuhi kebutuhan fasilitas perkantoran yang ada di Kota Semarang.
- b. Merencanakan gedung 8 lantai tahan gempa.
- c. Merencanakan struktur bawah gedung 8 lantai yang sesuai dengan peraturan SNI.
- d. Merencanakan struktur atas gedung 8 lantai yang sesuai dengan peraturan SNI.

1.5.3 Manfaat Perencanaan

Sedangkan manfaat dari perencanaan ini adalah mengetahui perhitungan serta pendimensian struktur gedung 8 lantai yang memenuhi syarat SNI dan tahan gempa.

1.6 Lokasi Perencanaan Proyek



Sumber : Google Maps

Gambar 1. 1 Lokasi Poryek

1.7 Sistematika Penyusunan

Sistematika pembahasan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pembahasan mengenai Judul Tugas Akhir, Bidang Ilmu, Latar Belakang, Perumusan dan Batasan Masalah, Maksud, Tujuan dan Manfaat Perencanaan, Lokasi Proyek, serta Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan mengenai landasan teori berdasarkan studi pustaka. Mencakup tinjauan umum, aspek-aspek perencanaan dan perancangan analisis pembebanan struktur yang merupakan landasan teori yang digunakan sebagai dasar teoritis untuk analisis selanjutnya.

BAB III METODOLOGI

Berisi mengenai pendekatan metode yang digunakan dalam analisis studi, dan metodologi yang digunakan dalam Tugas Akhir. Metodologi yang digunakan meliputi pengumpulan data metode analisis dan perumusan masalah.

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR

Pada bab ini berisi uraian tentang perhitungan struktur atas meliputi: struktur atap, struktur pelat, struktur balok dan kolom dengan perhitungan gempa serta struktur bawah yaitu pondasi

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi Kesimpulan dan Saran yang bisa diberikan dari hasil Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai Terletak di Gajah Mungkur Kota Semarang.



USM

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Bangunan adalah bagian fisik dari suatu proyek konstruksi yang digabungkan dengan tempat tinggalnya, sebagian atau seluruhnya terletak di atas tanah atau air, yang berfungsi sebagai tempat kegiatan yang meliputi perumahan atau tempat tinggal, keagamaan, komersial, sosial, budaya, ataupun khusus.

Struktur bangunan adalah bagian dari sebuah sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban yang diakibatkan oleh adanya bangunan di atas tanah. Struktur bangunan memberikan kekuatan dan kekakuan yang diperlukan untuk mencegah bangunan mengalami keruntuhan. Perencanaan struktur bangunan gedung harus memenuhi syarat keandalan bangunan gedung seperti yang disebutkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, yaitu:

1. Struktur Bangunan Gedung

Setiap bangunan gedung, strukturnya harus direncanakan dan dilaksanakan agar kuat, kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan keselamatan (*safety*), serta memenuhi persyaratan kelayakan (*serviceability*) selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan gedung, lokasi, keawetan dan kemungkinan pelaksanaan konstruksinya.

2. Pembebanan pada Bangunan Gedung

Analisis struktur harus dilakukan untuk memeriksa respon struktur terhadap beban-beban yang mungkin bekerja selama umur kelayakan struktur, termasuk beban tetap, beban sementara dan beban khusus.

3. Struktur Atas Bangunan Gedung

Perencanaan konstruksi beton dan baja harus mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku, salah satunya yaitu SNI 03-2847-2019 dan SNI 03-1729-2020, masing-masing merupakan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung dan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.

4. Struktur Bawah Bangunan Gedung

Perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi dilakukan sesuai teori mekanika tanah yang baku dan lazim dalam praktek, berdasarkan parameter tanah yang ditemukan dari penyelidikan tanah dengan memperhatikan nilai tipikal dan korelasi tipikal dengan parameter tanah yang lain.

Dalam proses perencanaan dibutuhkan pendekatan terhadap beberapa aspek yaitu; aspek arsitektural, aspek lingkungan, dan kemudahan dalam pelaksanaan serta efisiensi biaya yang diperlukan tanpa mengurangi mutu bangunan tersebut supaya fungsi utama bangunan setelah selesai dapat tercapai. Analisa perencanaan pada suatu konstruksi bangunan meliputi struktur bagian atas dan struktur bagian bawah adapun penjelasannya dibawah ini:

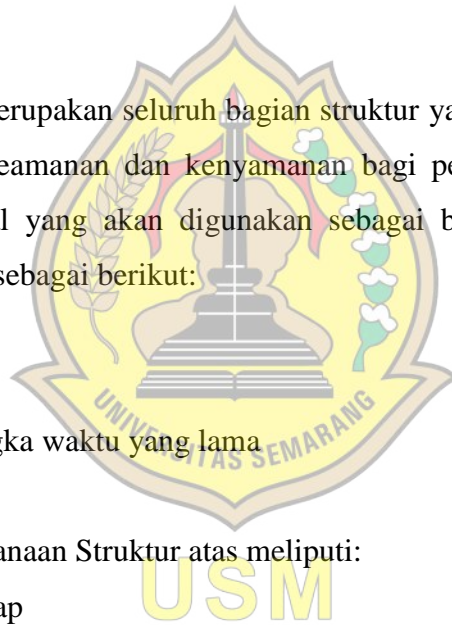
2.1.1 Struktur Atas

Struktur atas merupakan seluruh bagian struktur yang terletak diatas muka tanah yang menjamin keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya. Sehingga dalam pemilihan material yang akan digunakan sebagai bahan bangunan harus sesuai dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Tahan api
- b. Kuat dan kokoh
- c. Awet untuk jangka waktu yang lama
- d. Ekonomis

Adapun perencanaan Struktur atas meliputi:

- a. Perhitungan Atap
- b. Perhitungan Pelat
- c. Perhitungan Balok
- d. Perhitungan Kolom
- e. Perhitungan Tangga



2.1.2 Struktur Bawah

Struktur atas merupakan seluruh bagian struktur yang terletak dibawah muka tanah yang mampu menerima beban struktur atas yang kemudian disalurkan ketanah. Perencanaan struktur bawah ini meliputi:

- a. Perhitungan Sloof
- b. Perhitungan pondasi

2.2 Pedoman Perencanaan

Pada perencanaan struktur gedung bertingkat harus berpedoman pada syarat-syarat dan ketentuan yang berlaku. Adapun syarat-syarat yang dimaksud harus berpedoman pada aturan Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai perencanaan gedung dan buku pedoman lainnya yang sesuai untuk dapat digunakan sebagai acuan. Adapun beberapa landasan yang dimaksud, sebagai berikut:

- a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2019
- b. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 1729-2020
- c. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2019
- d. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 1727 2020)
- e. Peraturan Pemerintah PP 16 Tahun 2021
- f. Peraturan-peraturan lain yang relevan

2.3 Mutu bahan

Mutu bahan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung tersebut yaitu beton $f'c=29$ MPa baik pada struktur atas maupun struktur bawah. Dengan bahan pendukung baja tulangan menggunakan mutu baja $f_y = 420$ MPa (tulangan pokok) dan $f_y = 280$ MPa (tulangan sengkang). Sedangkan untuk perencanaan kuda-kuda baja menggunakan bahan dengan jenis baja Bj PS S400.

2.4 Konsep Perencanaan Gedung

Konsep perencanaan gedung merupakan dasar teori perencanaan dan perhitungan struktur, yang meliputi desain terhadap beban lateral (gempa) dan metode analisis struktur yang digunakan. Dalam hal ini gedung didesain mampu menahan gempa.

2.4.1 Desain Terhadap Beban Lateral

Kestabilan lateral dapat dicapai jika elemen–elemen vertikal dan horizontal struktur didesain sedemikian sehingga mampu memikul beban lateral. Mekanisme dasar untuk menjamin kestabilan lateral diperoleh dengan menggunakan hubungan

kaku untuk memperoleh bidang geser kaku yang dapat memikul beban lateral. Untuk tujuan analisis, gaya lateral tiap lantai dihitung sebagai berikut (SNI 1726: 2019):

$$F_x = 0,01.W_x$$

Dimana :

F_x = gaya lateral rencana yang diaplikasikan pada lantai x

W_x = bagian beban mati total seluruh struktur yang bekerja pada lantai x.

2.4.2 Analisis Struktur Terhadap Gempa

Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian struktur gedung yang berada di atas permukaan tanah dan Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah permukaan. (SNI 1726-2019):

1. Persyaratan dasar.

Prosedur analisis dan desain seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya seperti yang ditetapkan dalam pasal ini. Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gerak tanah desain harus diasumsikan terjadi di sepanjang setiap arah horizontal struktur bangunan gedung.

2. Desain elemen struktur, desain sambungan dan batasan deformasi.

Komponen/elemen struktur individu termasuk yang bukan merupakan bagian sistem penahan gaya gempa harus disediakan dengan kekuatan yang cukup untuk menahan geser, gaya aksial dan momen yang ditentukan sesuai dengan tata cara ini, dan sambungan-sambungan harus mampu mengembangkan kekuatan komponen/elemen struktur yang disambung. Deformasi struktur tidak boleh melebihi batasan yang ditetapkan pada saat struktur dikenakan beban gempa.

3. Lintasan beban yang menerus dan keterhubungan.

Lintasan-lintasan beban yang menerus dengan kekakuan dan kekuatan yang memadai harus disediakan untuk mentranfer semua gaya dan titik pembebanan hingga titik akhir penumpuan. Semua bagian struktur antara join

pemisah harus terhubung untuk membentuk lintasan menerus ke sistem penahan gaya gempa, dan sambungan harus mampu menyalurkan gaya gempa yang ditimbulkan oleh bagian-bagian yang terhubung.

4. Sambungan ke tumpuan

Sambungan pengaman untuk menahan gaya horizontal yang berkerja paralel terhadap elemen struktur harus disediakan untuk setiap balok, girder langsung keelemen tumpuannya atau ke pelat yang di desain bekerja sebagai diafragma, maka elemen tumpuan elemen struktur harus juga dihubungkan pada diafragma itu. Sambungan harus mempunyai kuat desain minimum sebesar 5% dari reaksi beban mati ditambah beban hidup.

5. Desain pondasi

Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Sifat dinamis gaya, gerak tanah yang diharapkan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas disipasi energi struktur dan properti dinamis tanah harus disertakan dalam penentuan kriteria pondasi. Pada gedung tanpa basemen, taraf penjepitan lateral stuktur atas dapat dianggap terjadi pada muka tanah atau lantai dasar.

Struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai beraturan atau tidak beraturan. Struktur yang tidak memenuhi ketentuan diatas ditetapkan sebagai gedung tidak beraturan berdasarkan konfigurasi horizontal dan vertikal bangunan gedung.

2.4.3 Ketidak beraturan horizontal

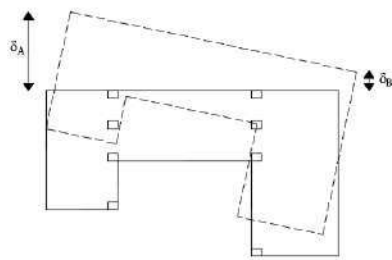
Struktur bangunan gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidak beraturan seperti yang terdaftar dalam Tabel 1 harus dianggap mempunyai ketidak beraturan struktur horizontal. Struktur-struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik sebagaimana yang terdaftar dalam Tabel 1 harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel.

Tabel 2. 1 Ketidak beraturan horizontal pada struktur

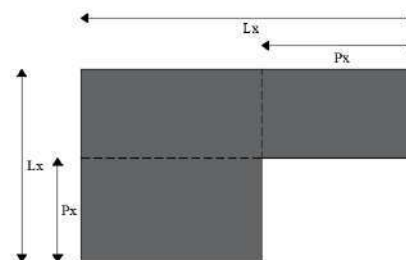
	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakteraturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga	0 0	D, E dan F B, C, D, E dan F

	dengan $A_x=1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	0 0 Tabel 16 0	C, D, E dan F C, D, E dan F D, E dan F B, C, D, E dan F
1b.	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x=1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	0 0 0 0 0 0 Tabel 16 0	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	0 Tabel 16	D, E dan F D, E dan F
3.	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	0 Tabel 16	D, E dan F D, E dan F
4.	Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	0 0 0 Tabel 16 0	B, C, D, E dan F D, E dan F B, C, D, E dan F D, E dan F B, C, D, E dan F
5.	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	0 0 Tabel 16 0	C, D, E dan F B, C, D, E dan F D, E dan F B, C, D, E dan F

Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.



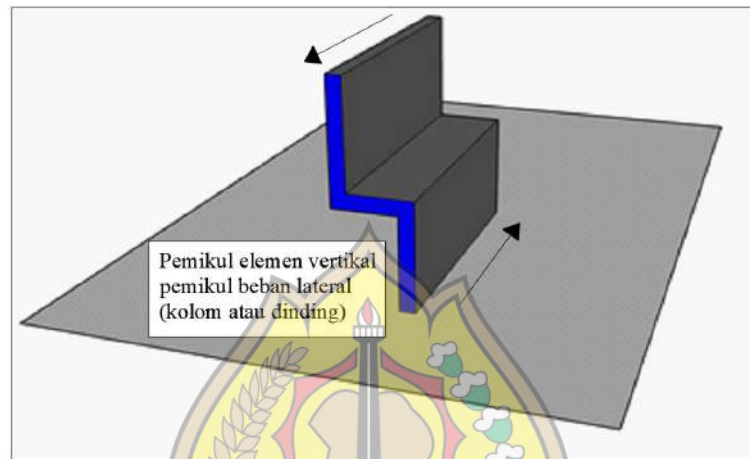
(a) Ketidakberaturan 1a dan 1b



(b) Ketidakberaturan 2



(c) Ketidakberaturan 3



(d) Ketidakberaturan 4



(e) Ketidakberaturan 5

Gambar 2. 1 Ketidak beraturan horizontal

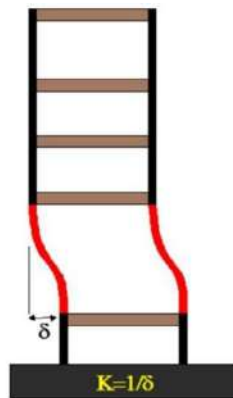
2.4.4 Ketidakberaturan vertikal

Struktur bangunan gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti dalam Tabel 2 harus dianggap mempunyai ketidakberaturan vertikal. Struktur dirancang untuk kategori desain seismik sebagaimana terdaftar Tabel 2 harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel itu.

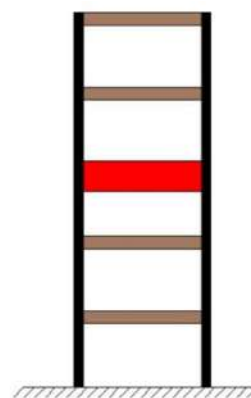
Tabel 2. 2 Ketidak beraturan vertikal pada struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 16	D, E dan F
1b.	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	0 Tabel 16	E dan F D, E dan F
2.	Ketidakteraturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E dan F
3.	Ketidakteraturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat di dekatnya.	Tabel 16	D, E dan F
4.	Ketidakteraturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	0 0 Tabel 16	B, C, D, E dan F D, E dan F D, E dan F
5a.	Ketidakteraturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	0 Tabel 16	E dan F D, E dan F
5b.	Ketidakteraturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	0 0 Tabel 16	D, E dan F B dan C D, E dan F

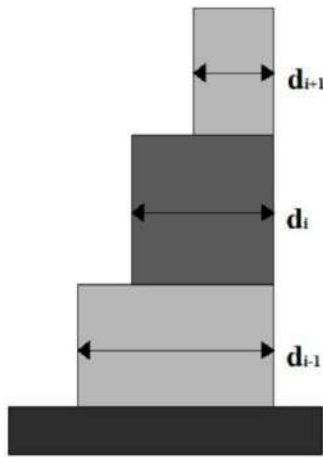
Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.



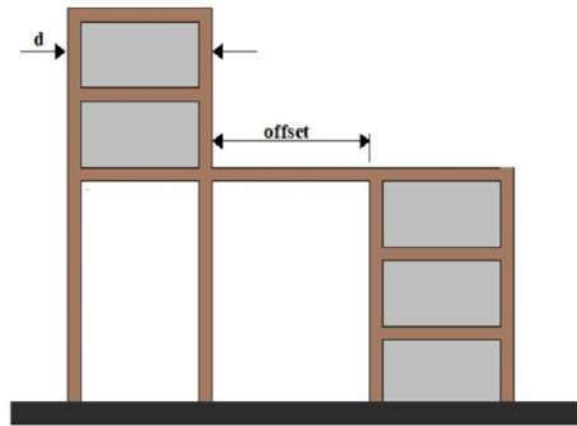
(a) Ketidakteraturan 1a dan 1b



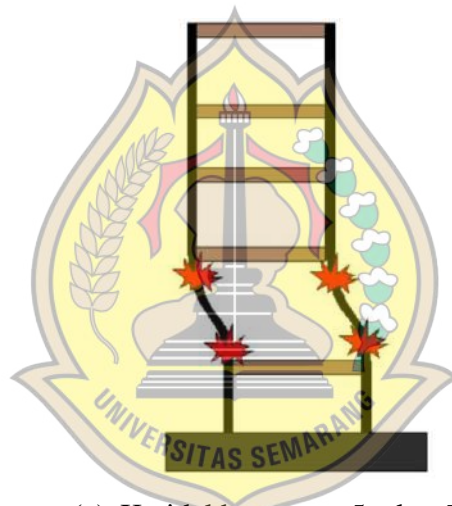
(b) Ketidakteraturan 2



(c) Ketidakberaturan 3



(d) Ketidakberaturan 4



(e) Ketidakberaturan 5a dan 5b

Gambar 2. 2 Ketidak beraturan horizontal

2.5 Perencanaan Struktur Bangunan

2.5.1 Pembebanan

Pemisahan antara beban statis dan dinamis merupakan hal yang mendasar dalam tahap analisa pembebanan untuk perencanaan bangunan tinggi. Konsep pemisahan ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam pengelompokan hubungannya dengan kombinasi pembebanan (*load combination*) untuk analisa tahap selanjutnya.

1. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap sepanjang masa selama bangunan masih tetap ada, bekerja secara terus-menerus pada struktur. Beban statis pada umumnya dapat dibagi menjadi beban mati, beban hidup dan beban

husus. Beban khusus adalah beban yang terjadi akibat penurunan pondasi atau efek temperatur. Beban statis juga diasosiasikan dengan beban-beban yang secara perlahan-lahan timbul serta mempunyai variabel besaran yang bersifat tetap (*steady states*), dengan demikian jika suatu beban mempunyai perubahan intensitas yang berjalan cukup perlahan sedemikian rupa sehingga pengaruh waktu tidak dominan, maka beban tersebut dapat dikelompokkan sebagai beban statis (*static load*). Deformasi dari struktur akibat beban statik akan mencapai puncaknya jika beban ini mencapai nilainya yang maksimum.

a. Beban Mati

Beban mati (*dead load*) adalah berat sendiri dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bahan bangunan. Berat ini terdiri atas berat struktur dan beban lain yang ada pada struktur secara permanen.

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 beban mati pada struktur terbagi menjadi 2, yaitu beban mati akibat material konstruksi misalnya: balok, plat, kolom, dinding geser, kuda-kuda dan lainnya serta beban mati akibat komponen gedung misalnya: bata ringan, penggantung plafon, plafon, keramik, kaca, kusen dan lainnya.

Tabel 2. 3 Berat sendiri material konstruksi

No	Material	Berat	Keterangan
1	Baja	7850 kg/m ³	
2	Batu alam	2600 kg/m ³	
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³	berat tumpuk
4	Batu karang	700 kg/m ³	berat tumpuk
5	Batu pecah	1450 kg/m ³	
6	Besi tuang	7250 kg/m ³	
7	Beton	2200 kg/m ³	
8	Beton bertulang	2400 kg/m ³	
9	Kayu	1000 kg/m ³	kelas I

10	Kerikil, koral	1650 kg/m ³	kering udara sampai lembab, tanpa diayak
11	Pasangan bata merah	1700 kg/m ³	
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³	
13	Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³	
14	Pasangan batu karang	1450 kg/m ³	
15	Pasir	1600 kg/m ³	kering udara sampai lembab
16	Pasir	1800 kg/m ³	jenuh air
17	Pasir kerikil, koral	1850 kg/m ³	kering udara sampai lembab
18	Tanah, lempung dan lanau	1700 kg/m ³	kering udara sampai lembab
19	Tanah, lempung dan lanau	2000 kg/m ³	Basah
20	Timah hitam / timbel)	11400 kg/m ³	

Sumber : *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung. 1987*

Tabel 2. 4 Berat sendiri komponen gedung

No	Material	Berat	Keterangan
1	Adukan, per cm tebal: - Dari semen - Dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m ² 17 kg/m ²	
2	Aspal, per cm tebal:	14 kg/m ²	Termasuk bahan-bahan mineral

			penambah
3	Dinding pasangan bata merah: - Satu batu - Setengah batu	450 kg/m ² 250 kg/m ²	
4	Dinding pasangan batako: Berlubang: - tebal dinding 20 cm (HB 20) - tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa lubang: - tebal dinding 15 cm - tebal dinding 10 cm	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²	
5	Langit-langit dan dinding: - Semen asbes (eternit), tebal maks. 4mm - Kaca, tebal 3-5mm	11 kg/m ² 10 kg/m ²	Termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m ²	Tanpa langit-langit, bentang maks. 5m, beban hidup maks. 200 kg/m ²
7	Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/m ²	bentang maks. 5m, jarak s.k.s. min. 0.80m
8	Penutup atap genteng	50 kg/m ²	dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap
9	Penutup atap sirap	40 kg/m ²	dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap
10	Penutup atap seng	10 kg/m ²	tanpa usuk

	gelombang (BJLS-25)		
11	Penutup lantai ubin, /cm tebal	24 kg/m ²	ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan
12	Semen asbes gelombang (5mm)	11 kg/m ²	

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung. 1987

b. Beban Hidup

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi akibat fungsi pemakaian gedung seperti benda-benda pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak dapat diganti. Beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan, meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan (*occupancy loads*) adalah beban hidup.

Tabel 2. 5 Beban hidup pada lantai gedung

No	Penggunaan	Berat	Keterangan
1	Lantai dan tangga rumah tinggal	200 kg/m ²	Kecuali yang disebut no.2
2	- Lantai & tangga rumah tinggal sederhana - Gudang-gudang selain untuk toko, pabrik, bengkel	125kg/m ²	
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m ²	

4	Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²	
5	Lantai ruang dansa	500 kg/m ²	
6	Lantai dan balkon dalam dari ruang pertemuan	400 kg/m ²	masjid, gereja, ruang pagelaran/rapat, bioskop dengan tempat duduk tetap
7	Panggung penonton	500 kg/m ²	tempat duduk tidak tetap/ penonton yang berdiri
8	Tangga, bordes tangga dan gang	300 kg/m ²	no.3
9	Tangga, bordes tangga dan gang	500 kg/m ²	no. 4, 5, 6, 7
10	Ruang pelengkap	250 kg/m ²	no. 3, 4, 5, 6, 7
11	- Pabrik, bengkel, gudang - Perpustakaan, r.arsip, toko buku - Ruang alat dan mesin	400 kg/m ²	Minimum
12	Gedung kantor bertingkat: - Lantai bawah - Lantai tingkat lainnya	800 kg/m ² 400 kg/m ²	
13	Balkon menjorok bebas keluar	300 kg/m ²	Minimum

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung. 1987

Untuk reduksi beban dapat dilakukan dengan mengalikan beban hidup dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan bangunan. Besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk perencanaan portal, ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Beban hidup pada struktur

No	Bagian Atap	Berat	Keterangan
1	Atap/bagiannya dapat dicapai orang, termasuk kanopi	100 kg/m ²	atap dak
2	Atap/bagiannya tidak dapat dicapai orang (diambil min.): - Beban hujan - Beban terpusat	(40-0,8.α) kg/m ² 100 kg	α=sudut atap, min. 20 kg/m ² , tak perlu ditinjau bila α > 50°
3	Balok/gording tepi kantilever	200 kg	

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung. 1987

c. Beban Angin

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif (angin tekan) dan tekanan negatif (angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Untuk atap pelana biasa harus memenuhi koefisien dalam tabel berikut:

Tabel 2. 7 Koefisien angin untuk atap pelana

Kemiringan Atap	Bidang atap di pihak angin	Bidang atap lain
I. $0^\circ < \alpha < 20^\circ$	$\alpha < 20^\circ$	-0,4
		-0,8
II. $20^\circ < \alpha < 30^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	+4,0
		0,0
	$\alpha = 30^\circ$	-0,4

$\alpha > 30^\circ$	+0,5	$(-0,4 - \frac{\alpha}{300} -)$
---------------------	------	---------------------------------

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung. 1987

2. Beban Dinamis

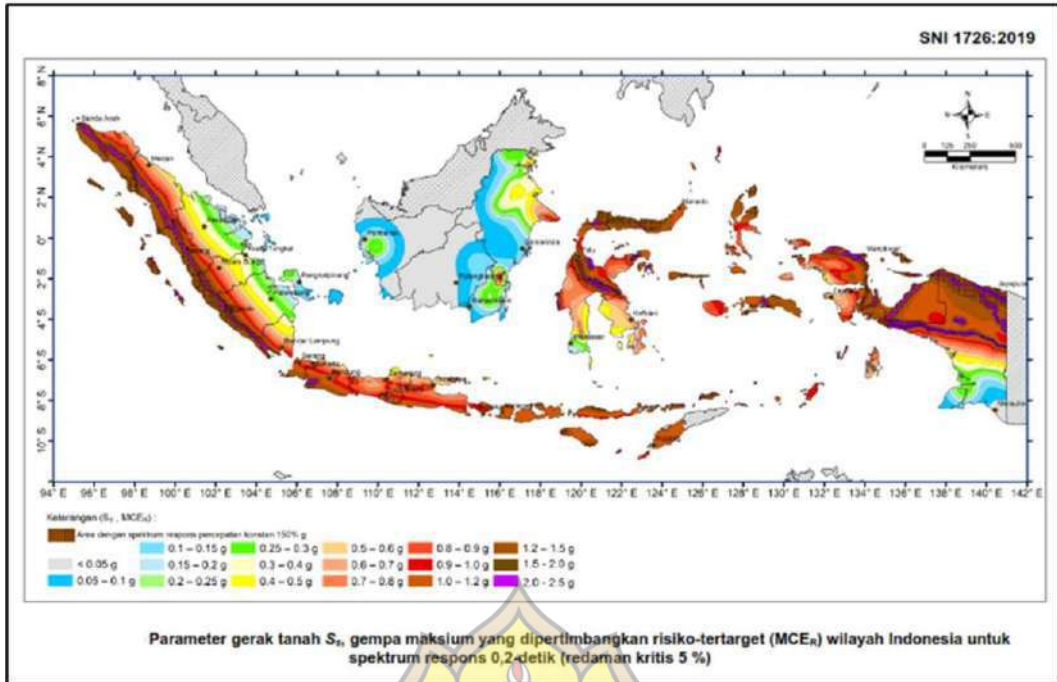
Beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta mempunyai karakteristik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban dinamik ini juga akan berubah-ubah secara cepat. Beban dinamis ini terdiri dari beban gempa dan beban angin.

a. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban dinamik dengan arah bolak-balik yang tidak bekerja terus-menerus pada struktur bangunan atau dapat dikatakan merupakan beban sementara yang bekerja pada bangunan. Besarnya beban gempa tergantung dari beberapa faktor salah satunya yaitu wilayah kegempaan dimana gempa tersebut terjadi, maka koefisien daerah (k_d) ditentukan berdasarkan letak geografis dari bangunan tersebut. Gedung Kantor 8 lantai ini direncanakan berada di Kota Semarang sehingga berada pada zona gempa 3.

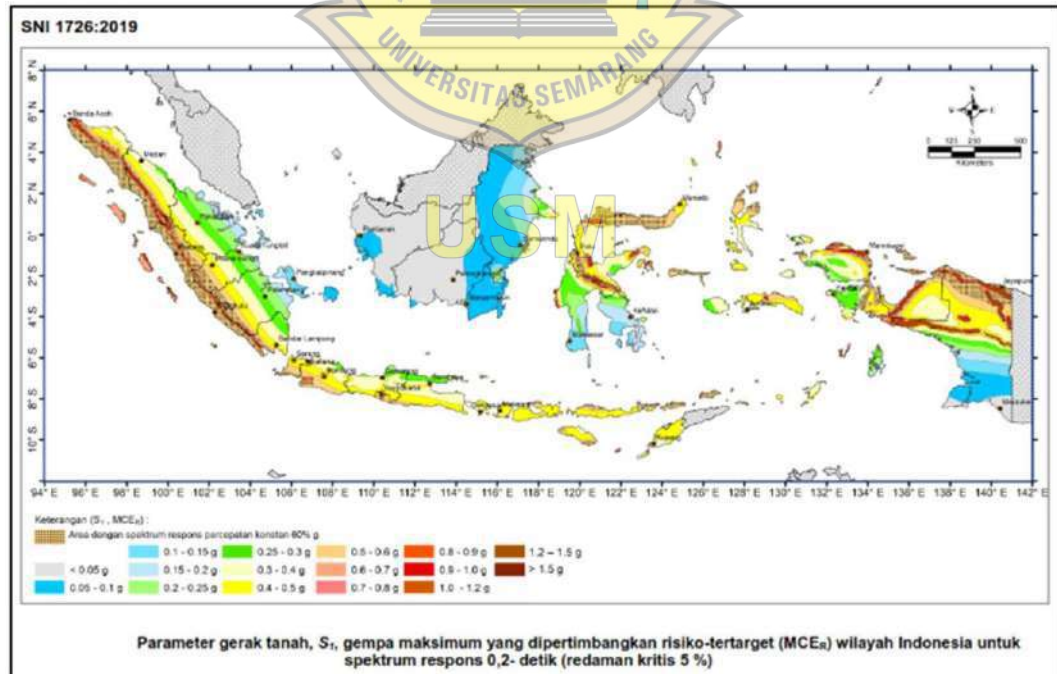
1) Wilayah Gempa dan Spektrum Respon

Besar kecilnya beban gempa yang diterima suatu struktur tergantung pada lokasi dimana struktur bangunan tersebut akan dibangun seperti terlihat pada Gambar 4 Peta Wilayah Gempa berikut.



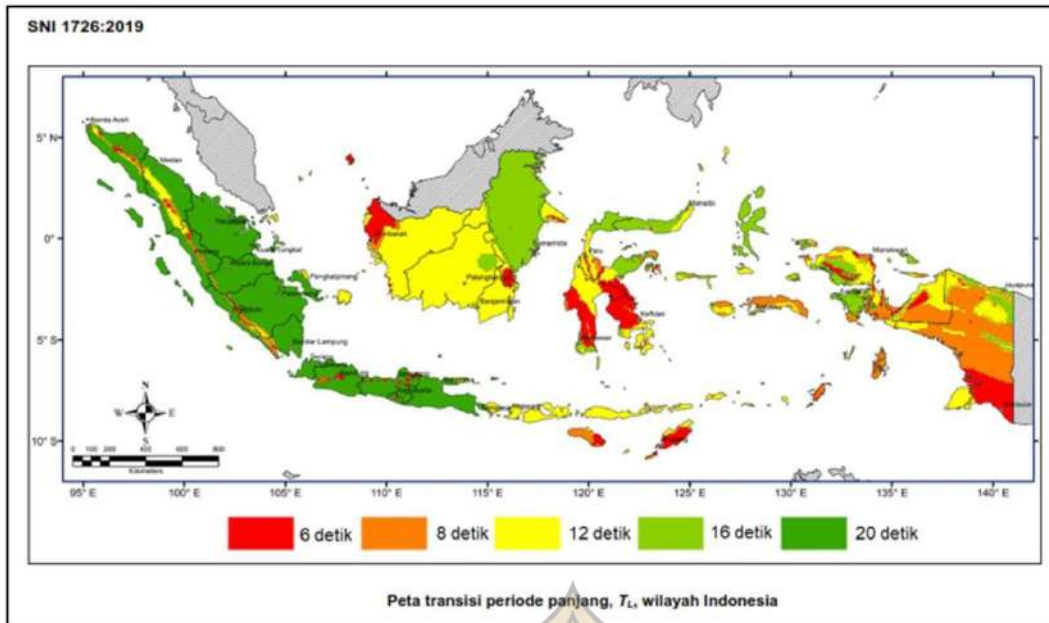
Gambar 2. 3 Percepatan Periode pendek S_s (0,2 detik)

Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.



Gambar 2. 4 Percepatan Periode S_1 (1 detik)

Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.



Gambar 2. 5 Peta Transisi Periode Panjang TL

Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Harga dari faktor respon gempa (C) dapat ditentukan dari Diagram Spektrum Gempa Rencana, sesuai dengan wilayah gempa dan kondisi jenis tanahnya untuk waktu getar alami fundamental.

- Massa struktur
- Kekakuan struktur
- Kondisi tanah dasar
- Waktu getar struktur

2) Faktor Keutamaan (I_e) dan Kategori Risiko Struktur Bangunan (I-IV)

Faktor Keutamaan adalah suatu koefisien yang diadakan untuk memperpanjang waktu ulang dari kerusakan struktur – struktur gedung yang relatif lebih utama, untuk menanamkan modal yang relatif besar pada gedung itu. Waktu ulang dari kerusakan struktur gedung akibat gempa akan diperpanjang dengan pemakaian suatu faktor keutamaan.

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai table pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dilakukan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut table di bawah ini:

Tabel 2. 8 Kategori risiko bangunan gedung dan nin gedung untuk gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<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 toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung 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 beddah dan unit gawat darurat 	III

- Fasilitas penitipan anak
- Penjara
- bangunan untuk orang jompo

Gedung dan nongedung, tidak teramsuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, teramsuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Pusat pembakit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

Gedung dan nongedung yang tidak teramsuk dalam 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

Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Tabel 2. 9 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

3) Menentukan Parameter Percepatan Gempa (S_s , S_1)

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangandesimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04$ g dan $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan boleh dimasukkan kedalam kategori *seismic A*.

4) Menentukan Kelas Situs atau Jenis Tanah

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA , SB , SC , SD , SE , atau SF . Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bias ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah yang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF .

Pengaruh gempa rencana di muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar.

Gelombang gempa merambat melalui batuan dasar dibawah permukaan tanah dari kedalaman batuan dasar ini gelombang gempa merambat ke permukaan tanah sambil mengalami pembesaran atau amplifikasi bergantung pada jenis lapisan tanah yang berada di atas batuan dasar tersebut. Ada tiga kriteria yang dipakai untuk mendefinisikan batuan dasar yaitu :

- a.) *Standard penetrasi test* (N)
- b.) Kecepatan rambat gelombang geser (V_s)
- c.) Kekuatan geser tanah (S_u)

Jenis tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak, apabila untuk lapisan setebal 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang terdapat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. 10 Hubungan Klasifikasi Situs dengan Parameter Tanah

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{CK}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan Keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 Sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah Keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari tiga meter tanah dengan karakteristik sebagai berikut : Indeks plastisitas, $PI > 20$; Kadar Air, $W \geq 40$ %; Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 20,75$ kPa		
SF (Tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknis spesifik dan analisa respon sesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah.		

Sumber : SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

- 5) Menentukan Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektra Percepatan Gempa Maksimum yang dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R)

Dalam menentukan *respons spectral* percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi terkait percepatan

dan getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respon percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda satu detik (S_{MI}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

Menghitung nilai S_{MS} dan S_{MI} menggunakan rumus empiris:

$$S_{MS} = F_a \cdot SS$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I$$

Didapat nilai S_{MS} dan S_{MI} , langkah selanjutnya mencari harga S_{DS} , S_{DI} menggunakan rumus empiris berikut :

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS}$$

$$S_{DI} = 2/3 \cdot S_{MI}$$

Tabel 2. 11 Koefisien Situs (F_a)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung

Tabel 2. 12 Koefisien Situs (F_v)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,9
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung

6) Menentukan Spektrum Respon Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 (T/T_0))$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} .

3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = S_{D1}/T$$

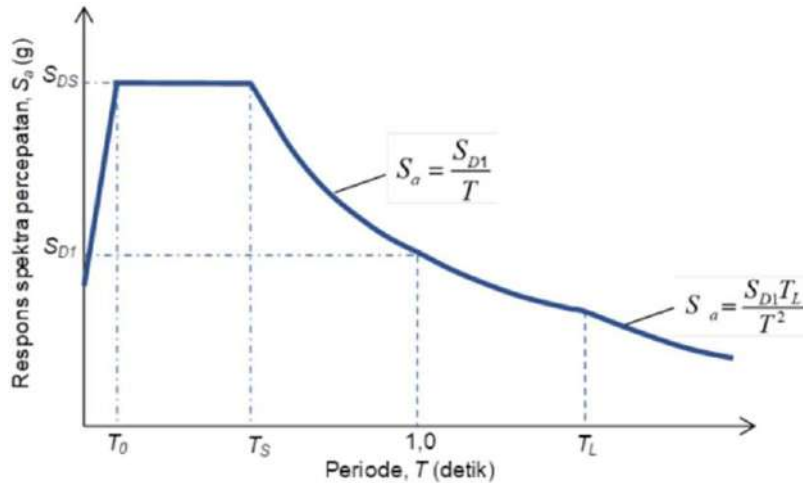
Keterangan:

S_{DS} = parameter respons spectral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = parameter respons spectral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS} \quad T_s = \frac{SD1}{SDS}$$



Gambar 2. 6 Spectrum Respons Design

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung

Dalam menentukan periode fundamental struktur T dapat diperoleh dari hasil analisis struktur yang akan ditinjau. Namun SNI Gempa 2019 memberi persyaratan bahwa periode fundamental yang akan dipakai sebagai perhitungan tidak boleh melebihi dari batas atas periode fundamental pendekatan yang mana nilainya adalah perkalian dari koefisien periode batas atas (C_u) dengan periode pendekatan (T_a). Untuk memudahkan pelaksanaan, periode alami fundamental T ini boleh langsung digunakan periode pendekatan T_a .

Periode pendekatan ditentukan berdasarkan persamaan berikut dibawah:

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

Tabel 2. 13 Koefisien Batas Atas Periode

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

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung

Tabel 2. 14 Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenal gaya seismik: <ul style="list-style-type: none">• Rangka baja pemikul momen• Rangka beton pemikul momen	0,0724 0,0466	0,8 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

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-

Gedung

7) Menentukan Kategori Desain Seismik (A-D)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau samadengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan SDI , sesuai 0. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 15 dan Tabel 16, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur, T .

Tabel 2. 15 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

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung

Tabel 2. 16 Kategori Desain Siesmik Berdasarkan Parameter Respones 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
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung.

8) Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R, Cd, Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vetikal dasar harus memenuhi salah satutipe yang ditunjukkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2. 17 Faktor R, CD dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
A. Sistem dinding penumpu								
1. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail ^g	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa ^g	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah ^g	4	2½	4	TB	TB	12 ⁱ	12 ⁱ	12 ⁱ
6. Dinding geser pracetak biasa ^g	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2¼	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1¾	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
12. Dinding geser batu bata pretegang	1½	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canal dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20
B. Sistem rangka bangunan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3¼	2	3¼	TB	TB	10 ^j	10 ^j	TI ^k
4. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail ^g	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasa ^g	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton pracetak menengah	5	2½	4½	TB	TB	12 ⁱ	12 ⁱ	12 ⁱ
9. Dinding geser beton pracetak biasa	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI
Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons,	Faktor kuat lebih	Faktor pembesaran defleksi,	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)^d				

	R^a	sistem, Ω^b	C_d^c	Kategori desain seismik				
				B	C	D ^o	E ^o	F ⁱ
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul beban								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^k	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^l	TI ^l	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 0	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

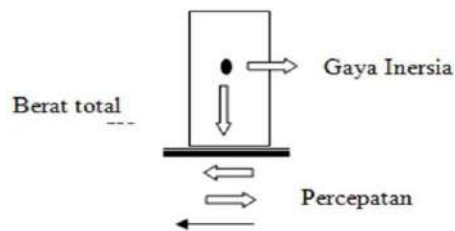
Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi	Faktor kuat	Faktor pembesaran	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi
-----------------------------	----------------------	-------------	-------------------	--

		respons, Ra	lebih sistem, Ω_{0b}	defleksi, Cdc	struktur, hn (m)d				
					Kategori desain seismik				
					B	C	D0	E0	Ff
E.	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan								
1.	Rangka baja dengan bresing konsentris khusus p	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI
2.	Dinding geser beton bertulang khusus g.h	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3.	Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4.	Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5.	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6.	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7.	Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
8.	Dinding geser beton bertulang biasa g	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
F.	Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa g	4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
G.	Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk:								
1.	Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
2.	Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1¼	1¼	1¼	10	10	TI'	TI'	TI'
3.	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus m	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
4.	Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1¼	1½	10	10	TI	TI	TI
5.	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1¼	1	10	TI	TI	TI	TI
6.	Rangka kayu	1½	1½	1½	10	10	10	TI	TI
H.	Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

Sumber : SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung

9) Gaya-gaya Gempa

Pada saat bangunan bergetar akibat adanya gempa, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan mempertahankan dirinya dari gerakan, gaya yang timbul ini disebut gaya inersia. Besar gaya-gaya tersebut bergantung pada banyak faktor. Massa bangunan merupakan faktor lain adalah bagaimana massa tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis pondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan dan perilaku serta besar getaran yang dihasilkan.



Gambar 2. 7 Gaya Inersia Akibat Getaran Tanah pada Benda Kaku

2.5.2 Perencanaan Beban

Struktur perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan dari beberapa kasus pembebanan yang mungkin terjadi selama umur rencana. Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung 1987, ada dua kombinasi pembebanan yang perlu ditinjau pada struktur yaitu: Kombinasi pembebanan tetap dan kombinasi pembebanan sementara. Kombinasi pembebanan tetap dianggap beban bekerja secara terus-menerus pada struktur selama umur rencana. Kombinasi pembebanan tetap disebabkan oleh bekerjanya beban mati dan beban hidup. Sedangkan kombinasi pembebanan sementara tidak bekerja secara terus-menerus pada struktur, tetapi pengaruhnya tetap diperhitungkan dalam analisis struktur.

Kombinasi pembebanan ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Nilai-nilai tersebut dikalikan dengan suatu faktor beban, tujuannya agar struktur dan komponennya memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap berbagai kombinasi pembebanan.

Pada buku “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain” SNI 1727-2013, disebutkan bahwa kombinasi pembebanan (U) yang harus diperhitungkan pada perancangan struktur bangunan gedung yang sesuai dengan perencanaan gedung antara lain:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,25$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

dimana:

D = Beban Mati L = Beban Hidup S=Beban Salju
R = Faktor Reduksi Gempa W = Beban Angin
Lr =Beban Hidup Atap E = Beban Gempa

2.5.3 Faktor Reduksi Kekuatan Bahan (*Strength Reduction Factors*)

Faktor reduksi kekuatan bahan merupakan suatu bilangan yang bersifat mereduksi kekuatan bahan, dengan tujuan untuk mendapatkankondisi paling buruk jika pada saat pelaksanaan nanti terdapat perbedaan mutu bahan yang ditetapkan sesuai standar bahan yang ditetapkan dalam perencanaan sebelumnya. Besarnya faktor reduksi kekuatan bahan yang digunakan tergantung dari pengaruh atau gaya yang bekerja pada suatu elemen struktur sesuai SNI 1727-2020.

2.6 Perencanaan Struktur

Dalam perencanaan struktur gedung dibagi menjadi 2 bagian yaitu strktur atas dan struktur bawah.

2.6.1. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas (*Upper Structure*) merupakan seluruh bagian struktur yang terletak diatas muka tanah yang menjamin keamanan dan kenyamanan bagi penggunanya. Sehingga dalam pemilihan material yang akan digunakan sebagai bahan bangunan harus sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Tahan api
- b. Kuat dan kokoh
- c. Awet untuk jangka waktu yang lama
- d. Ekonomis

Adapun perencanaan Struktur atas meliputi :

2.6.1.1 Perencanaan Atap

Konstruksi atap direncanakan menggunakan profil baja *IWF* berbentuk limasan dengan alat sambung las dan baut mutu BJ 37.

Analisis beban atap diperhitungkan terhadap beban mati, beban hidup, dan beban angin. Beban mati meliputi berat sendiri, rangka dan penutup atap, sedangkan beban hidup terdiri dari orang yang bekerja dan alat kerja. Beban angin ditinjau dari kanan-kiri, yakni tegak lurus terhadap bidang atap.

Perencanaan struktur atap baja dibuat berdasarkan SNI-1727-2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, yang berlaku di Indonesia. Sedangkan analisis gaya batang kuda-kuda dengan analisis tak tentu menggunakan program ETABS 2016.

Berikut kombinasi beban berdasarkan SNI-1727-2020 :

- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + Lr \text{ atau } 0,5 W$
- $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$ 5. $0,9 D + 1,0 W$

Keterangan :

- D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen
- La = Beban hidup di atap yang ditimbulkan akibat pekerja, peralatan atau material konstruksi yang digunakan
- H = Beban hujan, yang tidak termasuk diakibatkan oleh genangan air
- W = Beban angin
- L = Beban hidup
- S = Beban Salju
- R = Beban Hujan
- Lr = Beban Hidup Atap

1. Pembebanan Gording

a. Beban Mati / *Dead Load*

Gording ditempatkan tegak lurus bidang penutup atap dan beban mati P_x bekerja vertikal, P diuraikan pada sumbu X dan sumbu Y , sehingga diperoleh:

$$q_x = q \cdot \sin \alpha$$

$$q_y = q \cdot \cos \alpha$$

Dimana :

q_x : Beban mati arah x

q_y : Beban mati arah y

α : Sudut kemiringan

Gording diletakkan di atas beberapa tumpuan (kuda – kuda), yang merupakan balok menerus diatas beberapa tumpuan dengan reduksi momen lentur maksimum adalah 80%. Momen maksimum akibat beban mati :

$$M_{xl} = 1/8 \cdot q_x \cdot (l)^2 \cdot 80\%$$

$$M_{yl} = 1/8 \cdot q_y \cdot (l)^2 \cdot 80\%$$

Dimana :

M_x : Momen maksimum arah x

M_y : Momen maksimum arah y



Gambar 2. 8 Gaya Kerja Pada Gording

b. Beban Hidup / *Live Load*

Beban hidup adalah beban terpusat yang bekerja di tengah – tengah bentang gording, beban ini diperhitungkan jika ada orang yang bekerja di atas gording. Besarnya beban hidup diambil dari PPPURG 1987, $P = 100\text{kg}$

$$P_x = P \cdot \sin \alpha$$

$$P_y = P \cdot \cos \alpha$$

Dimana :

P_x : Beban hidup arah x

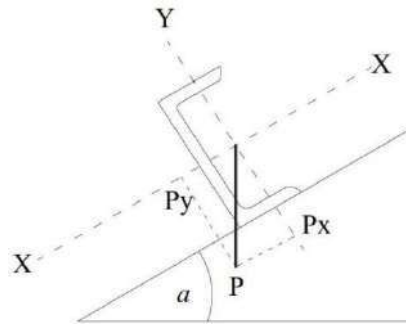
P_y : Beban hidup arah y

Momen yang timbul akibat beban terpusat dianggap *Continuous Beam*.

Momen maksimum akibat beban hidup

$$M_{x2} = (1/4 \cdot P_x \cdot l) \cdot 80\%$$

$$M_{y2} = (1/4 \cdot P_y \cdot l) \cdot 80\%$$



Gambar 2. 9 Gaya Yang Bekerja Pada Beban Hidup

c. Beban Angin

Beban angin diperhitungkan dengan menganggap adanya tekanan positif (tiup) dan tekanan negatif (hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang atap. Menurut PPPURG 1987, tekanan tiup harus diambil minimal 25kg/cm².



Gambar 2. 10 Gaya Yang Bekerja Pada Beban Angin

d. Beban Kombinasi

- Akibat Beban Tetap

$$M = M \text{ beban mati} + M \text{ beban hidup}$$

- Akibat Beban Sementara

$$M = M \text{ beban mati} + M \text{ beban hidup} + M \text{ beban angin}$$

e. Kontrol Lendutan

$$f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot (1/2)^4}{348 \cdot E \cdot I_y} + \frac{1 \cdot P_x \cdot (1/2)^4}{48 \cdot E \cdot I_y}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot (1/2)^4}{348 \cdot E \cdot I_x} + \frac{1 \cdot P_y \cdot (1/2)^4}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

Dimana :

- F_x : lendutan arah x
- F_y : lendutan arah y
- E : modulus elastisitas
- I_x : momen inersia penampang x
- I_y : momen inersia penampang y

2. Perhitungan Batang Tarik

Batang tarik (*trackstang*) berfungsi untuk mengurangi lendutan gording pada arah sumbu x (miring atap) sekaligus untuk mengurangi tegangan lendutan yang timbul pada arah x.

$$P_{total} = G_x + P_x = (q_x \cdot L) + P_x$$

Dimana :

G_x : Berat sendiri gording + penutup atap sepanjang gording arah sumbu x

P_x : Beban hidup arah sumbu x

Jika batang Tarik yang dipasang dua buah, maka per batang tarik adalah :

$$P = P_{total} / 2 = (q_x \cdot L) + P_x$$

$$\sigma = \frac{P}{F_n} \leq \bar{\sigma} = 1666 \text{ kg/cm}^2$$

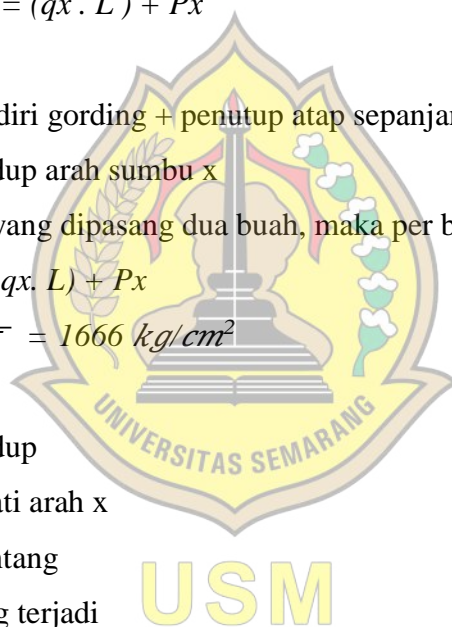
Dimana :

P : Beban hidup

Q_x : Beban mati arah x

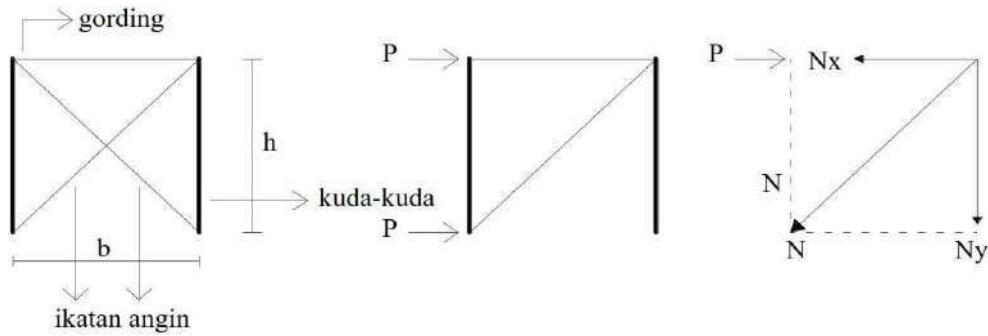
L : Lebar bentang

F_n : Gaya yang terjadi



3. Perhitungan ikatan Angin

Ikatan angin hanya bekerja menahan gaya normal (*axial*) tarik saja. Adapun cara kerjanya adalah apabila salah satu ikatan angina bekerja sebagai batang tarik, maka yang lainnya tidak menahan gaya apapun. Sebaliknya apabila arah angin berubah, maka secara bergantian batang tersebut bekerja sebagai batang tarik.



N dicari dengan syarat keseimbangan, sedangkan $P = \text{gaya / tekanan angin}$

Gambar 2. 11 Ikatan Angin

4. Sambungan

a. Sambungan Baut

Berdasarkan buku “Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural” (SNI 1729- 2020) Baut ASTM A307 diperbolehkan kecuali apabila prategang dispesifikasikan.

Kekuatan tarik atau geser desain, ϕR_n , dan kekuatan tarik atau geser izin, R_n/Ω , pada baut yang dikencangkan pas atau baut kekuatan tinggi pratarik atau bagian berulir harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas keruntuhan tarik dan keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F_n A_b,$$

Dimana :

A_b : luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm²)

F_n : tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nv} dari Tabel 19, ksi (MPa)

Tabel 2. 18 Kekuatan Nominal Pengeangan dan Bagian Berulir, ksi (Mpa)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} , ksi (Mpa) ^[a]	Kekuatan Geser Nominal pada Sambungan Tipe Tumpu, F_{nv} , ksi (Mpa) ^[b]
Baut A307	45 (310) ^[c]	27 (186) ^{[c][d]}
Baut kelompok A (misal, A325), apabila ulir ada di bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut kelompok A (misal, A325), apabila ulir di luar bidang geser	90 (620)	68 (469)
Baut kelompok B (misal, A490), bila ulir ada di bidang geser	113 (780)	68 (469)
Baut kelompok B (misal, A490), apabila ulir di luar bidang geser	113 (780)	84 (579)
Rakitan baut group C (misal, F3043), apabila ulir dan daerah transisi batang baut ada di bidang geser	150 (1,040)	90 (620)
Rakitan baut group C (misal, F3043), apabila ulir dan daerah transisi batang baut di luar bidang geser	150 (1,040)	113 (779)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, apabila ulir ada di bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, apabila ulir di luar bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$
<p>^[a] Untuk baut kekuatan tinggi yang memikul beban fatik tarik, lihat Lampiran 3</p> <p>^[b] Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (950 mm), F_{nv} harus direduksi sampai 83,3% dari nilai pada tabel. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan <i>faying</i>.</p> <p>^[c] Untuk baut A307, nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1% untuk setiap $1/16$ in. (2 mm) di atas 5 diameter dari panjang pada pegangan tersebut.</p> <p>^[d] Ulir diperbolehkan pada bidang geser</p>		

Sumber :Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (SNI 1729-2020)

Kekuatan tarik tersedia baut yang memikul kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas tarik dan keruntuhan geser sebagai berikut:

$$R_n = F_{nt} ' A_b$$

Dengan :

$F_{nt} ' =$ tegangan tarik nominal yang dimodifikasi untuk memperhitungkan efek tegangan geser, ksi (MPa)

$F_{nt} =$ tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

F_{nv} = tegangan geser dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

F_{rv} = tegangan geser perlu dengan menggunakan kombinasi beban DFBT atau DKI, ksi (MPa)

Ketahanan slip baut tunggal yang tersedia untuk keadaan batas slip harus ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = \mu D_u f T_b n$$

Dengan:

D_u = 1,13; suatu pengali yang mencerminkan rasio rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang dispesifikasikan. Penggunaan nilai lain diperbolehkan jika disetujui oleh penanggung jawab perancangan.

T_b = gaya tarik minimum pengencang yang diberikan

b. Sambungan Las

Semua ketentuan pada *Structural Welding Code—Steel*, berlaku pada Standar ini, dengan pengecualian bahwa ketentuan dalam Pasal Standar, digunakan pada standar ini sebagai pengganti ketentuan AWS yang dikutip sebagai berikut:

- Las gruv

Luas efektif las gruv harus diperhitungkan sebagai panjang las dikalikan tenggorok efektif. Tenggorok efektif las gruv penetrasi *joint* komplet (PJK) harus sama dengan ketebalan dari bagian tertipis yang disambung. Apabila las diisi rata permukaan, tenggorok las efektif untuk suatu las gruv penetrasi *joint* parsial (PJP). Tenggorok efektif las gruv PJP atau las gruv flare yang diisi kurang dari rata, kurangi dimensi tegak lurus terbesar tersebut diukur dari garis rata permukaan logam dasar ke permukaan las.

- Las filet

Panjang efektif las filet harus ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk las filet yang dibebani di ujung dengan panjang hingga 100 kali ukuran las, diperbolehkan untuk mengambil panjang efektif sama dengan panjang aktual.
- b. Apabila panjang las filet yang dibebani di ujung hingga 100 kali ukuran las, panjang efektif harus ditentukan dengan mengalikan panjang aktual dengan faktor reduksi, β , yang ditentukan sebagai berikut:

$$\beta = 1,2 - 0,002(l/w) \leq 1,0$$

dengan :

l = panjang aktual las yang dibebani di ujung, in.(mm)

w = ukuran kaki las, in. (mm)

- Las Sumbat dan Las Slot

Kekuatan desain, ϕR_n dan kekuatan izin, R_n/Ω , pada *joint* yang dilas harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan sesuai dengan keadaan batas keruntuhan tarik dan keruntuhan geser serta kekuatan logam las yang ditentukan sesuai dengan keadaan batas keruntuhan berikut ini:

Untuk logam dasar :

$$R_n = F_n B M \cdot A B M$$

Untuk logam las

$$R_n = F_n w \cdot A w e$$

Dengan

$A B M$ = luas penampang logam dasar, in.2 (mm²)

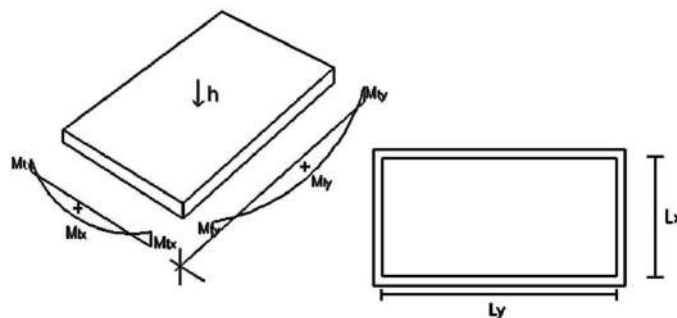
$A w e$ = luas las efektif, in.2 (mm²)

$F_n B M$ = tegangan nominal logam dasar, ksi (MPa)

$F_n w$ = tegangan nominal logam las, ksi (MPa)

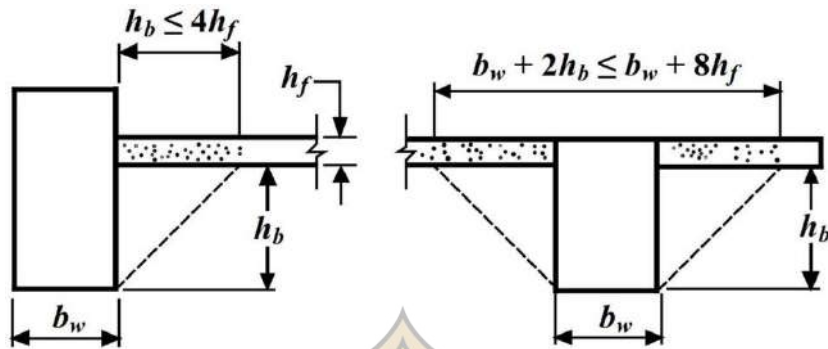
2.6.1.2 Perencanaan Plat Lantai

Pelat lantai merupakan suatu konstruksi yang menumpu langsung pada balok dan atau dinding geser. Pelat lantai dirancang dapat menahan beban mati dan beban hidup secara bersamaan sesuai kombinasi pembebanan yang bekerja di atasnya.



Gambar 2. 12 Prinsip Desain Pelat

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan/deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja (Pasal 7.8.4 SNI 2847-2019).



Gambar 2. 13 Bagian Pelat yang Diperhitungkan untuk Balok

a. Rasio bentang pelat

Rasio $\frac{I_y}{I_x} > 2$ (desain plat 1 arah)

Rasio $\frac{I_y}{I_x} = 1 \text{ s/d } 2$ (desain plat 2 arah)

b. Menentukan Tebal Plat

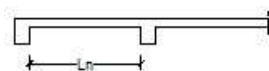
1. Desain 1 arah (*one way slab*)



- 2 tumpuan sederhana

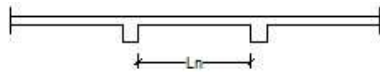
$$h_{\min} = \frac{L_n}{20}$$

- Tumpuan jepit dengan satu ujung menerus

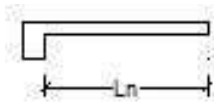


$$h_{\min} = \frac{L_n}{24}$$

- Tumpuan jepit 2 ujung menerus



$$h_{\min} = \frac{L_n}{28}$$



- Tumpuan kantilever

$$\frac{L_n}{28}$$

$$h_{\min} =$$

L_n = bentang bersih (tepi balok – tepi balok)

L = bentang bersih (as balok – as balok)

2. Desain 2 arah (*Two way slab*)

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 8.3.1, maka tebal pelat lantai adalah :

Pada pelat 2 arah jika:

$$am \leq 0,2 \text{ maka } h \geq 125 \text{ cm } 0,2 < am \leq 0,2$$

$$\text{Maka : } h = l_n [0,8 + f_y 1500] 36 + 5\beta (am - 0,2)$$

Dan $h \geq 125 \text{ mm}$

$$am > 0,2$$

maka :

$$h = l_n [0,8 + f_y 1500] 36 + 9\beta$$

Dan $h \geq 100 \text{ mm}$

Keterangan :

h = tebal pelat lantai

l_n = panjang rasio sisi terpanjang pelat lantai

β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

am = nilai rata-rata a oleh semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

a = ($.l$) balok ($E_c .l$) pelat

c. Menentukan Menentukan Pembebanan Plat

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

LL = beban hidup diambil sesuai fungsi pelat

DL = beban mati

d. Menghitung Momen

$$M_u = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x$$

M_u = Momen pada pelat

W_u = Beban terbagi rata yang bekerja pada pelat

L_x = Bentang pelat arah x

x = Koefisien momen

Menghitung Momen Nominal (M_n) dan Momen Batas (M_u)

$$M_n = \rho \cdot f_y \cdot b \cdot d^2 \cdot \left(1 - 0,59 \frac{\rho \cdot f_y}{F'_c}\right)$$

$$M_u = \phi \cdot M_n \text{ atau } M_u = A_s \cdot f_y (d - 0,5a)$$

e. Presentase Rasio Tulangan

$$\rho_b = \left(\beta \cdot \left(\frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right)$$

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

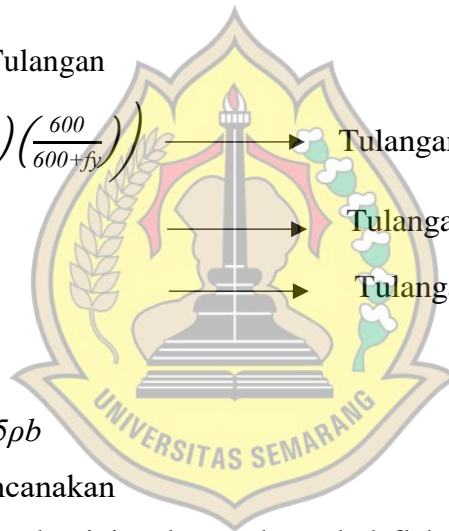
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$\rho = 0,3\rho_b \text{ s/d } 0,5\rho_b$$

ρ = tulangan direncanakan

Perlu diperhatikan pelat tipis tulangan banyak defleksi atau lentur besar-besar makatebal pelat diambil maksimal.



Tulangan seimbang (*balance*)

Tulangan maksimal (*over*)

Tulangan

f. Menentukan Rasio Tulangan

$$\rho = \frac{0,85f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \left(\frac{R_n}{0,85f_c} \right)} \right)$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \longrightarrow \rho < \rho_b \text{ (runtuh Tarik/lentur)}$$

$$\rho_{min} < \rho_b < \rho_{max} \longrightarrow \rho = \rho_b \text{ (runtuh Tarik/lentur)}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \longrightarrow \rho > \rho_{max} \text{ (runtuh tekan/geser/mendadak)}$$

g. Menentukan Luas Tulangan (A_s)



$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d^2/2)} \quad \text{maksimum}$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

Untuk plat satu arah maka selanjutnya dicari tulangan susut :

$$A_{s_{sst}} = 0,002 \cdot b \cdot h$$

$$A_{s_{sst}} = 0,0018 \cdot b \cdot h$$

h. Menentukan Jarak tulangan Senggang (s)

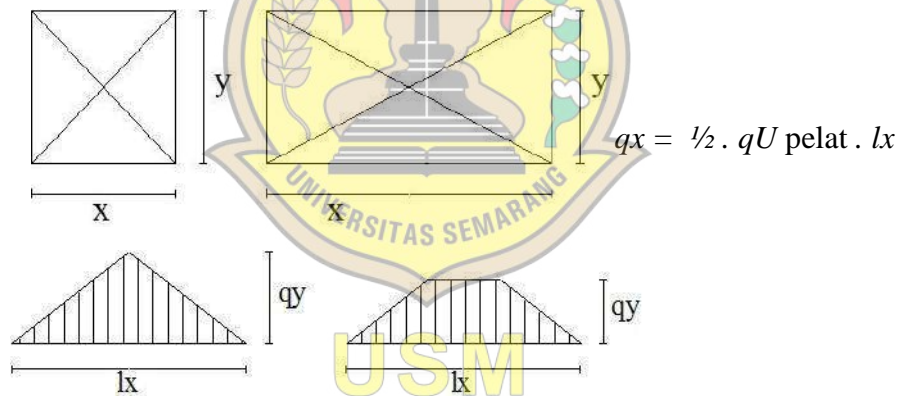
$$S_{perlu} = \pi/4 \cdot \phi^2 \cdot b / A_s$$

$$S_{max} = 2h$$

$$S_{max} = 250\text{mm}$$

2.6.1.3 Perencanaan Balok

Balok berfungsi sebagai penyangga bangunan yang ada di atasnya, sebagai pelimpah beban kombinasi pada pelat dan atau atap. Beban plat dalam pelimpahannya dapat berupa sistem amplop yaitu berbentuk segitiga atau trapesium.



Gambar 2. 14 Beban Pelat dengan Sistem Amplop

a. Syarat Kelangsingan Balok

$$h_{min} = \frac{l}{16} \cdot l \text{ terpanjang}$$

$$b = \frac{l}{2} \cdot h$$

Tabel 2. 19 Tinggi minimum balok non parategang

Kondisi Perletakan	Minimum h (1)
Perletakan Sederhana	$l / 16$
Menerus Satu Sisi	$l / 18,5$
Menerus Dua Sisi	$l / 21$
Kantilever	$l / 8$

(1) Rumus dapat diaplikasikan untuk beton mutu normal dan tulangan mutu 420. untuk kasus lain, minimum h harus dimodifikasi sesuai dengan 9.3.1.1.1 hingga 9.3.1.1.3, sebagaimana mestinya

Sumber : Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan
(SNI 2847-2019)

b. Penulangan Pada Balok



Gambar 2. 15 Penulangan Pada Balok

$$d' = c + \varphi s + \frac{\varphi p}{2}$$

Dimana :

A_s = tulangan tarik ($A_s = \rho \cdot b \cdot d$)

A_s' = tulangan tekan

D = tinggi efektif penampang

d' = jarak sengkang

c = selimut beton

($c = 20$ mm, untuk balok yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca/tanah) (untuk balok yang berhubungan langsung dengan cuaca dan kondisi tanah $c = 40$ mm, untuk tulangan $< \varnothing 16$, sedangkan $c = 50$ mm, untuk tulangan $> \varnothing 16$).

φs = diameter tulangan sengkang

φp = diameter tulangan pokok

c. Perhitungan Tinggi Efektif Pada Balok

$$d = h - (p + \emptyset \text{ sengkang} + 1/2 \emptyset \text{ tulangan utama})$$

$$d' = p + \emptyset \text{ sengkang} + 1/2 \emptyset \text{ tulangan utama}$$

dimana:

b = lebar balok (mm)

h = tinggi balok (mm)

d = tinggi efektif balok (mm)

p = tebal selimut beton (mm)

\emptyset = diameter tulangan (mm)

1. Rasio penulangan

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} \rightarrow \text{tabel rasio penulangan}$$

2. Syarat pembatasan tulangan

Syarat rasio tulangan : $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$

Perhitungan ρ_{max} dan ρ_{min} :

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

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

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



USM

3. Perhitungan momen

$$M_1 = A_s \cdot f_y \cdot (d - d')$$

$$M_1 = M_n - M_2$$

4. Perhitungan ρ_l (rasio pembesian)

$$\frac{M_l}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \rho \cdot f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$A_s l = \rho \cdot b \cdot d$$

Perhitungan tulangan utama :

$$A_s = A_s l + A_s 2$$

$$A_s'_{max} = \rho' \cdot b \cdot d$$

5. Mencari tulangan tumpuan

- Mencari jumlah tulangan yang dipasang

$$\frac{As}{\frac{1}{4}\pi \cdot \phi^2} = \rightarrow \text{dipasang "n" tulangan dengan } \phi \text{ sebesar "A"}$$

6. Mencari tulangan lapanangan

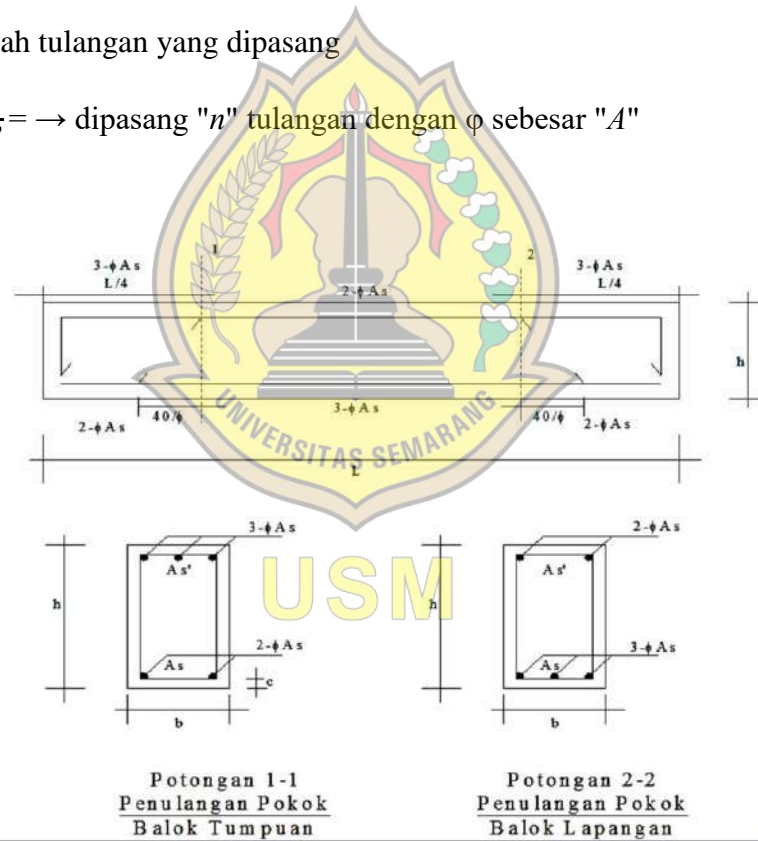
- Mencari jumlah tulangan

Pada balok dipasang tulangan rangkap, dengan perbandingan luas tulangan tekan (As') dan luas tulangan tarik (As)

$$\delta = \frac{As}{As'} = 0,5 \rightarrow \text{jumlah tulangan tekan } (As') = 0,5 \cdot As$$

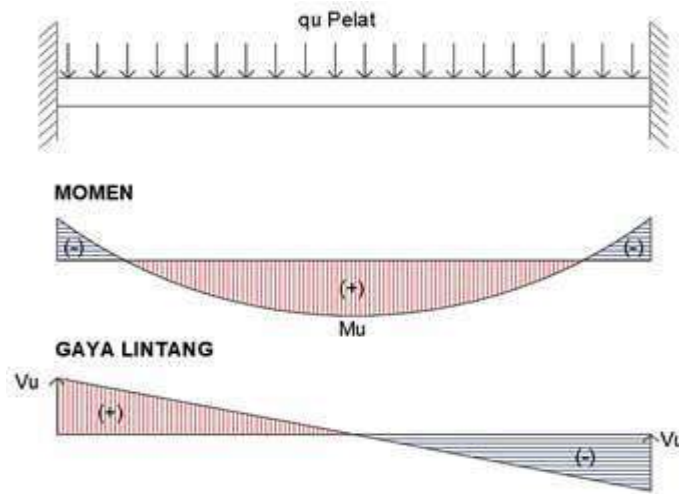
- Jumlah tulangan yang dipasang

$$\frac{As}{\frac{1}{4}\pi \cdot \phi^2} = \rightarrow \text{dipasang "n" tulangan dengan } \phi \text{ sebesar "A"}$$



Gambar 2. 16 Pemasangan Tulangan Pokok Balok

7. Perhitungan tulangan geser (senggang)



Gambar 2. 17 Bidang Momen dan Bidang Lintang Akibat Gaya Geser

- Gaya geser

$$Vu = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot l \rightarrow KN$$

- Tegangan geser

- Tegangan geser beton yang diijinkan sesuai mutu beton (f_c')

$$Vu = \frac{Vu \cdot l}{b \cdot d^2} \rightarrow N/mm^2 = MPa$$

$$\phi_{vc} = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \rightarrow MPa$$

Jika tegangan geser yang terjadi akibat beban (vu) lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan (ϕ_{vc}) $\rightarrow vu < \phi_{vc}$, maka tidak perlu dipasang tulangan geser/senggang pada balok.

Jika tegangan geser yang terjadi akibat beban (vu) lebih besar dari tegangan geser yang diijinkan (ϕ_{vc}) $\rightarrow vu > \phi_{vc}$, maka perlu dipasang tulangan geser/senggang pada balok.

- Tegangan geser yang dapat dipikul oleh beton dengan tulangan geser.

$$\phi_{vs_{maks}} = 0,6 \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \rightarrow MPa$$

- Tegangan geser yang harus dipikul tulangan geser

$$\phi_{vs_{maks}} = vu - \phi_{vc} \rightarrow MPa$$

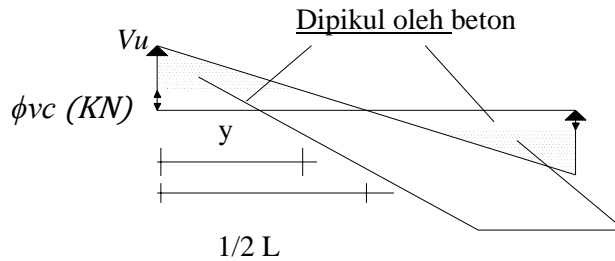
- Pendimensionan balok

jika $\phi_{vs} < \phi_{vs_{maks}}$ \rightarrow dimensi balok rencana tidak perlu diperbesar

jika $\phi v_s > \phi v_{s_{maks}}$ → dimensi balok rencana perlu diperbesar

- Gaya geser yang dapat dipikul oleh beton

$$V_c = \phi v_c \cdot b \cdot d \rightarrow KN$$



Gambar 2. 18 Diagram Gaya Geser

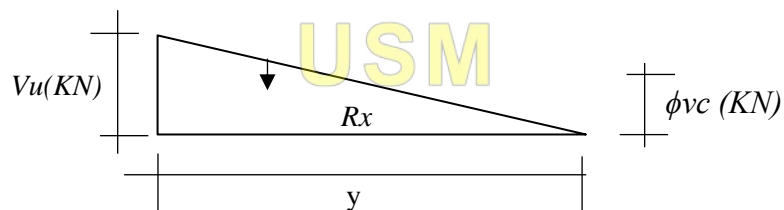
Keterangan :

Gaya geser pada balok, sebagian dipikul oleh kuat geser beton (V_c) dan sisanya dipikul dipikul oleh tulangan geser (sengkang).

- Penentuan tulangan geser pada balok

Tulangan geser pada balok perlu dipasang sepanjang “y” dari tumpuan.

$$\frac{1/2 L - y}{1/2 L} = \frac{V_c}{V_u} \Rightarrow V_u \cdot (1/2 L - y) = 1/2 L \cdot V_c$$



Gambar 2. 19 Resultante gaya yang bekerja di sepanjang “y”

$$R_v = (V_u - V_c) \cdot y \rightarrow KN$$

Tulangan geser :

$$A_v - \frac{R_v}{\phi \cdot f_y} > mm^2$$

dimana :

ϕ adalah faktor reduksi kekuatan untuk perhitungan geser ($\phi = 0,6$) tulangan geser dipasang pada 2 sisi penampang balok tulangan geser minimum :

$$A_{v_{min}} = \frac{b \cdot y}{3 \cdot f_y} \rightarrow \text{mm}^2$$

Jika $A_v > A_{v_{min}} \rightarrow$ pada balok dipasang tulangan geser (A_v)

- Jumlah tulangan geser

$$\text{Tulangan geser permeter pada balok} = \frac{A_v}{y} \rightarrow \text{mm}^2$$

$$\text{Tulangan geser permeter pada balok} = \frac{1}{2} \left(\frac{A_v}{y} \right) \rightarrow \text{mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan geser per meter } n = \frac{\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{A_v}{A_y} \right)}{A}$$

$$\text{Jarak tulangan geser/sengkan} = s = \frac{100}{2n} \rightarrow \text{cm}$$

- Perhitungan tulangan torsi

Cek kemampuan beton menahan torsi

$$T_c = \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

Jika, $T_u < T_c$, tidak perlu tulangan punter

$T_u \geq T_c$, perlu tulangan punter

- Cek pengaruh tulangan punter (T_u)

Kategori komponen struktur non-prategang:

$$T_c = \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

(pengaruh punter dapat diabaikan)

A_{cp} = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton mm^2

P_{cp} = keliling luar penampang beton mm

- Menghitung properti penampang

$$x_l = b - (2) \left(d' + \frac{\phi \text{ sengkang}}{2} \right)$$

$$x_1 = h - (2) \left(40 + \frac{\emptyset \text{ sengkang}}{2} \right)$$

$$A_{oh} = x_1 \cdot y_1$$

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh}$$

$$P_h = 2 \cdot (x_1 + x_2)$$

Keterangan:

x_1 = jarak antar pusat tulangan sengkang dalam arah sumbu x mm

y_1 = jarak antar pusat tulangan sengkang dalam arah sumbu y mm

A_{oh} = luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan Sengkang terluar mm^2

A_o = $0,85 \cdot A_{oh}$ = dalam satuan mm^2

D = jarak dari serat tekan terluar beton ke pusat tulangan tarik mm

P_h = keliling dari garis pusat tulangan sengkang torsi terluar mm

- Cek penampang balok

Kategori penampang solid:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{Tu P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2\sqrt{f_c}}{3}\right)$$

(Penampang Memenuhi)

Dimana:

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} b_w d$$

- Menentukan Torsi Transversal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

Dimana ϕ : 0,85

$$\frac{A_s}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta}$$

θ : 45° (Berdasarkan SNI Beton Bertulang (13.6.3.6)

(dalam satuan mm^2 untuk 1 kaki dari sengkang)

- Menghitung tulangan torsi longitudinal

Syarat:

$$\text{Min } A_l = \left(\frac{5 \sqrt{f^c A_{cp}}}{12 \cdot f_{yl}} \right) - \left(\frac{A_t}{s} Ph \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right)$$

Dengan ketentuan Tulangan Longitudinal tambahan untuk menahan puntir harus di distribusikan di sekeliling parameter sengkang tertutup dengan spasi tidak melebihi 300mm, dengan posisi berada di dalam sengkang (Persyaratan beton struktural untuk bangunan Gedung SNI 2847-2019)

2.6.1.4 Perencanaan tangga

Struktur tangga digunakan untuk melayani aksesibilitas antar lantai pada struktur gedung bertingkat tinggi yang mempunyai tingkat lebih dari satu, serta memiliki beda elevasi dan dua bidang horisontal pada bangunan dengan lantai yang berbeda. Perhitungan optrede dan antrede tanggal menggunakan rumus :

$$2 \times \text{optrade} + \text{antrade} = 60 \text{ s/d } 65 \text{ cm}$$

Keterangan :

Optrade = langkah tegak

Antrade = langkah datar

Sudut tangga (α) = arc tan (x/y)

Jumlah *antrede* = A

Jumlah *optrede* = $O = A + 1$

Desain struktur sama dengan desain pelat dan balok persegi. Tinggi pelat tangga

minimal (h_{min}) adalah sebagai berikut :

$$h_{min} = \frac{L}{28}$$

Tinggi h' adalah

$$h' = h_{min} + \frac{0}{2} \cdot \cos \alpha$$

Langkah-langkah perencanaan penulangan tangga adalah :

- Menghitung kombinasi pembebanan (Wu) dari beban mati (D) dan beban hidup (L)
- Menentukan tebal selimut beton (p), diameter tulangan rencana (D), dan tinggi efektif arah $-x$ (dx) dan arah $-y$ (dy).
- Dari perhitungan ETABS versi 2016 didapatkan nilai momen pada tumpuan dan lapangan baik pada pelat tangga maupun pada bordes.

- d. Menghitung penulangan pelat tangga dan bordes.
- e. Perhitungan tulangan longitudinal

$$m = \left(\frac{f_y}{0.85 \cdot f_c} \right)$$

$$Mu = \phi, Mn \text{ atau } Mn = \frac{Mu}{\phi} \text{ dengan nilai } \phi = 0,8$$

$$R_{n1} = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{Mn}{b \cdot h^2}$$

1. Rasio tulangan minimum ρ_{min}

$$\rho_{min} = \left(\frac{1,4}{f_y} \right)$$

2. Rasio tulangan *balance*

$$\rho_{min} = \left(\frac{0,85 f_c \beta_1}{f_y} \right) \left(\frac{0,85 f_c \beta_1}{f_y} \right)$$

Besarnya nilai β untuk mutu beton berikut :

$$f_c \leq 28 \text{ Mpa}, \beta = 0,85$$

$$f_c > 30 \text{ Mpa}, \beta = 0,85 - 0,008 (f_c - 28)$$

3. Rasio tulangan maksimum (ρ_{max})

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

4. Mencari rasio penulangan (ρ) dengan persamaan

$$\rho_{max} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 (m)(R_n)}{f_y}} \right]$$

Pemeriksaan syarat rasio penulangan $\rho_{min} < \rho \text{ perlu} < \rho_{max}$

5. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

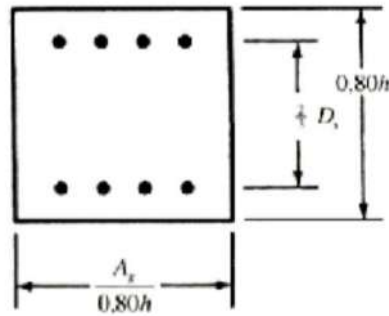
$$A_s = \rho \text{ desain} \cdot b \cdot d$$

6. Menentukan jarak antar tulangan

$$S = \frac{0,23 \cdot \pi \cdot o_2 \cdot b}{A_s}$$

2.6.1.5 Perencanaan Kolom

Kolom adalah suatu elemen tekan dan merupakan struktur utama dari bangunan yang berfungsi untuk memikul beban vertikal yang diterimanya.



Kolom rektangular ekuivalen

Gambar 2. 20 Jenis Kolom Beton Bertulang

Pada umumnya kolom tidak mengalami lentur secara langsung.

Berdasarkan Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, kuat tekan rencana dari komponen struktur tekan tidak boleh diambil lebih besar dari ketentuan berikut:

Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan spiral atau komponen struktural tekan komposit.

$$\Phi P_n (max) = 0,85 \Phi [0,85 \cdot f'_c (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s]$$

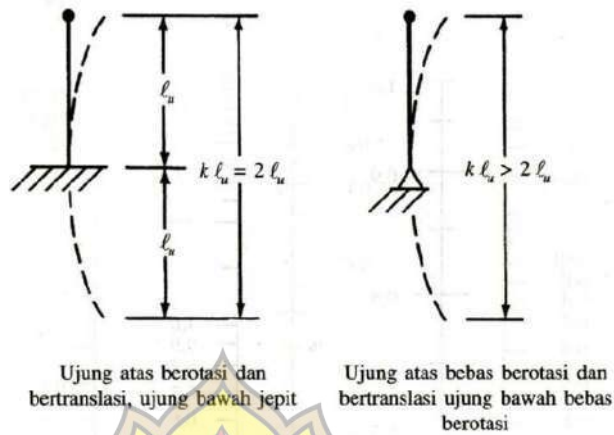
a. Untuk komponen Truktur non-prategang dengan tulangan pengikat

$$\Phi P_n (max) = 0,85 \Phi [0,85 \cdot f'_c (A_g - A_s) + f_y \cdot A_s]$$

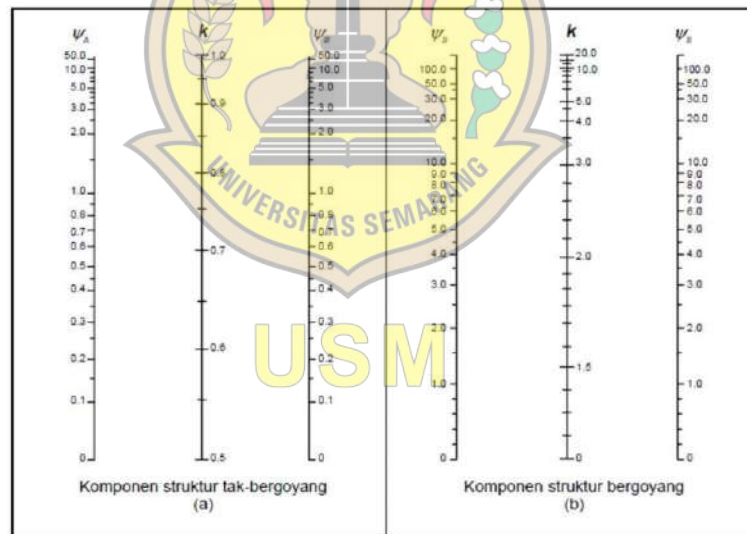
Perhitungan kolom panjang atau langsung didasari oleh konsep perbesaran momen. Momen dihitung dengan analisis rangka biasa dan dikalikan oleh faktor perbesaran momen yang berfungsi sebagai beban tekuk kritis pada kolom. Parameter yang berpengaruh dalam perencanaan kolom beton bertulang panjang adalah sebagai berikut :

1. Panjang bebas (L_u) dari sebuah elemen tekan harus diambil sama dengan jarak bersih antara pelat lantai, balok, atau komponen lain yang mampu memberikan tahanan lateral dalam arah yang ditinjau. Bila terdapat kepala kolom atau perbesaran balok, maka panjang beban harus diukur terhadap posisi terbawah dari kepala kolom atau perbesaran balok dalam bidang yang ditinjau.

2. Panjang efektif (L_e) adalah jarak antara momen-momen nol dalam kolom. Prosedur perhitungan yang digunakan untuk menentukan panjang efektif dapat menggunakan kurva alinyemen. Untuk menggunakan kurva *alinyemen* dalam kolom, faktor Ψ dihitung pada setiap ujung kolom.



Gambar 2. 21 Panjang Efektif Kolom Tumpuan Jepit dan Sendi



Gambar 2. 22 Kurva Alinyemen untuk Portal Tak Bergoyang dan Portal Bergoyang

Selain itu, nilai k untuk portal bergoyang juga dapat dihitung melalui persamaan:

Jika $\psi m < 2$

$$k = \frac{20 - \psi m}{20} \sqrt{1 + \psi m}$$

Jika $\psi m \geq 2$

$$k = 0,9 \sqrt{1 + \psi m}$$

Dengan ψ_m merupakan rata-rata ψ_A dan ψ_B . Untuk pembahasan kolom ini, perlu dibedakan antara portal tidak bergoyang dan portal bergoyang. Suatu struktur dapat dianggap rangka portal bergoyang jika nilai indeks stabilitas (Q) > 0,05.

$$Q = \frac{\Sigma Pu \cdot \Delta o}{Vu \cdot Lc}$$

dimana :

Pu = Beban Vertikal

Vu = Gaya geser lantai total pada tingkat yang ditinjau Δo = Simpangan relatif antar tingkat orde pertama

Lc = Panjang efektif elemen kolom yang tertekan

Berikut yang digunakan untuk menghitung pembesaran momen yang nantinya akan dikalikan dengan momen kolom :

1. Modulus elastisitas, ditentukan dari rumus berikut:

$$Ec = Wc^{1,5} \cdot 0.043 \sqrt{fc} \text{ (Mpa)}$$

Untuk wc antara 1500 dan 2500 kg/m^3 atau $4700\sqrt{fc}$ untuk beban normal

2. Momen inersia dengan I_g = momen inersia penampang bruto terhadap sumbu pusat dengan mengabaikan penulangan :

Tabel 2. 20 Momen Inersia Elemen Struktur

Balok	0,35 I_g
Kolom	0,70 I_g
Dinding tidak retak	0,70 I_g
Dinding retak	0,35 I_g
Pelat lantai dan lantai dasar	0,25 I_g

Dalam portal bergoyang untuk setiap kombinasi pembebanan perlu menentukan beban mana yang menyebabkan goyangan cukup berarti (kemungkinan beban lateral) dan yang tidak. Momen ujung terfaktor yang menyebabkan goyangan dinamakan $M1s$ dan $M2s$, dan keduanya harus

diperbesar karena pengaruh PA . Momen ujung lain yang tidak menyebabkan goyang cukup berarti adalah $M1ns$ dan $M2ns$. Momen ini ditentukan dari analisis orde pertama dan tidak perlu diperbesar. Pembesaran momen $\delta_s M_s$ dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq M_s$$

dimana:

P_u = beban vertikal dalam lantai yang ditinjau

P_c = beban tekuk *Euler* untuk semua kolom penahan goyangan dalam lantai tersebut, dicari dengan rumus:

$$P_c = \frac{\pi EI}{(kl_u)^2}$$

Sehingga momen desain yang digunakan harus dihitung dengan rumus :

$$M_1 = M1ns + \delta_s M1s$$

$$M_2 = M2ns + \delta_s M2s$$

Terkadang titik momen maksimum dalam kolom langsing dengan beban aksial tinggi akan berada di ujung-ujungnya, sehingga momen maksimum akan terjadi pada suatu titik di antara ujung kolom dan akan melampaui momen ujung maksimum lebih dari 5%. Hal ini terjadi bila :

$$\frac{Lu}{r} > \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{f_c \cdot A_g}}}$$

Untuk kasus ini, momen desain ditentukan dengan rumus berikut :

$$M_c = \delta_{ns} (M2ns + \delta_s M2s)$$

Selain itu, portal bergoyang mungkin saja menjadi tidak stabil akibat adanya beban gravitasi, sehingga harus dilakukan kontrol terhadap ketidakstabilan beban gravitasi. Portal menjadi tidak stabil akibat gravitasi apabila $\delta_s > 2,5$ sehingga portal harus diperkaku. Elemen kolom menerima beban lentur dan beban aksial, menurut SNI 2847-2019 untuk perencanaan kolom yang menerima beban lentur dan beban aksial ditetapkan koefisien reduksi bahan 0,65 sedangkan pembagian tulangan pada kolom (penampang segiempat) dapat dilakukan dengan:

a. Tulangan dipasang simetris pada dua sisi kolom (*twofaces*)

b. Tulangan dipasang pada empat sisi kolom (*four faces*)

Pada perencanaan gedung perkuliahan ini digunakan perencanaan kolom dengan menggunakan tulangan pada empat sisi kolom (*four faces*).

Perhitungan gaya-gaya dalam berupa momen, gayageser, gaya normal maupun torsi pada kolom. Dari hasil output gaya-gaya dalam tersebut kemudian digunakan untuk menghitung kebutuhan tulangan pada kolom. Penulangan dalam kolom juga merupakan salah satu faktor yang ikut membantu komponen beton dalam mendukung beban yang diterima. Berikut penulangan yang terdapat pada kolom :

1. Tulangan Utama Kolom

Tulangan utama (*longitudinal reinforcing*) merupakan tulangan yang ikut mendukung beban akibat lentur (*bending*). Pada setiap penampang dari suatu komponen struktur luas, tulangan utama tidak boleh kurang dari :

$$As_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{2f_y} \cdot b \cdot d < As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d$$

dimana:

As = luas tulangan utama

f_c' = tegangan nominal dari beton f_y = tegangan leleh dari baja

b = lebar penampang

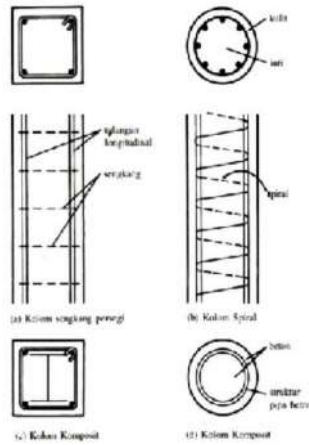
d = tinggi efektif penampang

Luas tulangan utama komponen struktur tekan nonkomposit tidak boleh kurang dari 0.01 ataupun lebih dari 0.08 kali luas bruto penampang A_g . Jumlah minimum batang tulangan utama pada komponen struktur tekan dalam Sengkang pengikat segiempat atau lingkaran adalah 4 batang.

2. Tulangan geser Kolom

Tulangan geser (*shear reinforcing*) merupakan tulangan yang ikut mendukung beban akibat geser (*shear*). Jenis tulangan geser dapat berupa :

- Sengkang yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur
- Jaring kawat baja las dengan kawat – kawat yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur
- Spiral, sengkang ikat bundar atau persegi



Gambar 2. 23 Jenis Sengkang Pengikat

Berdasarkan Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

keterangan :

V_c = Gaya geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N)

V_s = Gaya geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)

V_u = Gaya geser ultimate yang terjadi (N)

$V_n = V_u$, dimana $\phi = 0,75$

Kuat geser maksimum untuk komponen struktur (SNI 03-2847-2019 pasal 13.3.2.2) yaitu:

$$V_c = 0,3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \sqrt{1 + \frac{0,3 P_u}{A_{gr}}}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

dimana :

V_n = kuat geser nominal (N)

ϕ = faktor reduksi

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

b = lebar penampang kolom (mm)

d = tinggi efektif penampang kolom (mm)

N_u = gaya aksial yang terjadi (N)

A_{gr} = luas penampang kolom (mm²)

Jika :

$(V_n - V_c) < V_s$, maka penampang cukup

$(V_n - V_c) \geq V_s$, maka penampang harus diperbesar

$V_u < \phi V_c$, maka tidak perlu tulangan geser

$V_u \geq \phi V_c$, maka perlu tulangan geser

Jika tidak dibutuhkan tulangan geser, maka digunakan tulangan geser minimum (A_v) per meter. Luas tulangan geser minimum untuk komponen struktur non prategang dihitung dengan :

$$A_{v \min} = \frac{75 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot s}{1200 f_y} < A_v = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$$

Dengan demikian diambil A_v terbesar, jarak sengkang dibatasi sebesar $\frac{5}{2}$.

2.6.2 Struktur Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah. Dalam perencanaan Struktur Gedung Fakultas tujuh lantai di Kota Semarang ini bagian struktur bawah bangunan berupa *Spun pile*, *pilecap* dan *tie beam*.

Untuk Struktur Gedung Fakultas tujuh lantai di Kota Semarang ini , dilakukan penyelidikan tanah meliputi pekerjaan *Boring*, *Conus Penetration Test*, *Sieve Analysis* dan *Direct Shear Test*.

2.6.2.1. Daya Dukung Tanah

Daya dukung (*Bearing Capacity*) adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban gedung dari segi struktur pondasi maupun bangunan di atasnya tanpa terjadi keruntuhan geser. Daya dukung batas (*Ultimate Bearing Capacity*) adalah daya dukung terbesar dari tanah, biasanya diberi simbol *qult*. Besarnya daya dukung yang diijinkan sama dengan daya dukung dibagi dengan angka keamanan (Wesley L.D. 1997. Mekanika Tanah. Badan Penerbit PU. Jakarta), rumusnya adalah :

$$q_a = \frac{q_{ult}}{FK}$$

dimana :

q_a = daya dukung yang diijinkan

q_{ult} = daya dukung terbesar dari tanah

FK = angka keamanan

Dengan menggunakan kelompok tiang pancang (*pile group*) sehingga digunakan rumus Tarzaghi untuk menghitung daya dukung tanah :

$$Q_{ult} = 1,3 \cdot C \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

2.6.2.2. Tegangan Kontak

Tegangan kontak yang bekerja di bawah pondasi akibat beban struktur di atasnya (*upper structure*) diberi nama tegangan kontak (*contact pressure*).

Menghitung tegangan kontak memakai persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \cdot x}{I_y} \pm \frac{M_y \cdot y}{I_x} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dari persamaan (1) apabila yang bekerja adalah beban aksial saja dan tepat pada titik beratnya maka persamaan (1) menjadi persamaan (2), yaitu :

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad \dots \dots \dots (2)$$

dimana :

σ = tegangan kontak (kg/cm²)

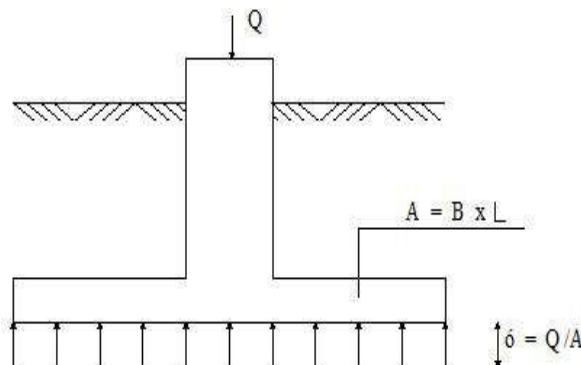
Q = beban aksial total (ton)

A = luas bidang pondasi (m²)

M_x, M_y = momen total sejajar respektif terhadap sumbu x dan sumbu y (tm)

x, y = jarak dari titik berat pondasi ke titik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang respektif sumbu x dan sumbu y (m).

I_x, I_y = momen Inersia respektif terhadap sumbu x dan sumbu y (m⁴).



Gambar 2. 24 Tegangan Kontak Akibat Beban Aksial

Pengertian tegangan kontak ini akan sangat berguna terutama didalam penentuan faktor keamanan (S.F / *Safety Factor*)

Secara umum faktor keamanan didefinisikan sebagai berikut :

$$SF = \frac{\text{kapasitas}}{\text{beban}} = \frac{\text{kapasitas daya dukung}}{\text{tegangan kontak}}$$

Hubungan antara keduanya dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan dimana :

- $SF = 1$, artinya tegangan kontak sama dengan kapasitas daya dukung (bearing capacity).
- $SF > 1$, artinya tegangan kontak lebih dari mobilisasi kapasitas daya dukung. Lapis tanah dapat menerima beban.
- $SF < 1$, artinya tegangan kontak lebih besar dari mobilisasi kapasitas daya dukung. Lapis tanah tidak dapat menerima beban.

2.6.2.3. Konsep Desain Pondasi Tiang Pancang

Perhitungan pondasi tiang pancang meliputi :

- End Bearing Pile* (Tanah Keras)

Dihitung berdasarkan tahanan ujung pada lapisan tanah keras :

- Xx sampai dengan batu-batuan sangat keras. Bila tanah keras → Penentuan daya dukung tiang (DDT) tidak masalah, DDT Tingkat kuat bahan tiang.
- Bila tanah keras berpasir → DDT tergantung sifat pasir, mengenai kepadatan pasir.
- Menafsir gaya lawan lapisan tanah keras terhadap ujung tiang ada beberapa cara.

- Eropah → Ong Sondir

Dengan alat ini dapat menentukan berapa dalam tiang, berapa DDT tanah terhadap ujung tiang.

Kuat tekan tiang = $P \text{ tiang} = \sigma \text{ bahan} \cdot P \text{ tiang}$

Terhadap kekuatan tanah

- BDSK Conus

$$Q_t = \frac{At \cdot P}{3}$$

- Rumus Terzaghi

$$Q_t = \frac{At \cdot q}{3}$$

Dimana :

P tiang = Kuat ijin tiang pancang (Kg)

σ bahan = Tegangan ijin bahan (Kg/cm²)

A_t (A tiang) = Luas T_p tiang (Cm²)

Q_t = Daya dukung keseimbangan tiang (Kg)

3 = Faktor keamanan

q = Daya dukung keseimbangan tanah (Kg/cm²)

P = Nilai Conus Sondir (Kg/cm)

Diambil = $4D$ (atas ujung bawah tiang)

$4D$ (di bawah ujung bawah tiang)

D (diameter tiang)

b. *Friction Pile* (Tanah lunak)

Kemampuan Tiang / Kuat Tiang *friction*

1. Berdasarkan Sondir



$$Q_{\text{tiang}} = \frac{O \cdot L \cdot C}{5}$$

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{O \cdot L}{5}$$

2. Cara teoritis

$$Q_{\text{tiang}} = C \cdot N_c \cdot A + K \cdot C \cdot O \cdot L$$

Syarat $N \leq Q_{\text{tiang}}$ (Aman) $N \leq P_{\text{tiang}}$ (Aman). Dimana :

Q_t = Daya dukung tiang (DDT) (Kg)

O = Keliling tiang (Cm)

L = Panjang Tiang (Cm)

C = Harga clef rata-rata (Kg/cm²)

5 = Safety factor (Angka keamanan)

- A = Luas tiang
- N_c = Faktor daya dukung
- N_q = Pondasi dangkal dekat Terzaghi
- N_γ = Pondasi dalam dekat nilai *Mayerhoof*
- K = Rasio gaya lekatan dan kuat geser tanah
- N = Beban yang dapat dipikul tiang
- P_t = Kuat Pondasi tiang/kuat tanah ujung pondasi
- Q_t = Daya dukung keseimbangan tiang

c. *End Bearing and Friction Pile*

Kuat tiang dihitung berdasarkan :

1. Kuat Bahan Tiang

$$P \text{ tiang} = \sigma \text{ bahan} \cdot A \text{ tiang}$$

Berdasarkan *End Bearing pile* = tahanan ujung

Friction pile = cleef = peletakan tanah tiang Dimana :

$$P \text{ tiang} = P \text{ ijin} = P$$

Dimana :

P tiang = kekuatan yang diijinkan pada tiang pancang (kg)

σ bahan = tegangan tekan ijin bahan tiang (Kg/cm²)

A tiang = Luas penampang tiang pancang (cm²)

2. Kuat Tanah (Daya Dukung Keseimbangan)

$$Q_t = \frac{A_t \cdot P}{2} + \frac{O \cdot L \cdot C}{5} \rightarrow \text{beban sementara}$$

$$Q_t = \frac{A_t \cdot P}{3} + \frac{O \cdot L \cdot C}{5} \rightarrow \text{beban tetap /statis}$$

$$Q_t = \frac{A_t \cdot P}{5} + \frac{O \cdot L \cdot C}{8} \rightarrow \text{beban gerak, dinamos, berubah}$$

3. Syarat beban daya dipikul / aman

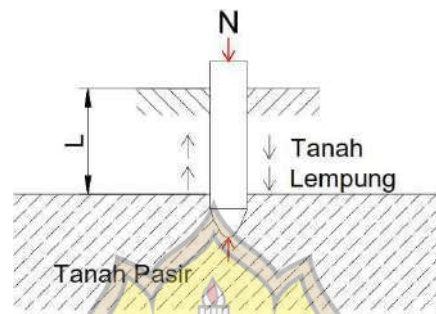
$$N \leq Q_{\text{tiang}} \text{ (Aman)}$$

$$N \leq P_{\text{tiang}} \text{ (Aman)}$$

Dimana :

$$P_t = \text{Kuat ijin tiang pancang (Kg)}$$

σ bahan	= Tegangan ijin bahan tiang (Kg/cm ²)
Atiang	= Luas tampang tiang (cm ²)
Q_t	= Daya dukung keseimbangan tiang
P	= Nilai Conus Sondir (Kg/cm ²)
O	= Keliling tiang (cm)
C	= Harga clef rata – rata (cm)
N	= Beban yang dapat dipikul tiang



Jika kita memancang tiang sampai ke tanah keras melalui lapisan tanah lempung, maka untuk menghitung daya dukung tiang disini kita perhitungkan baik berdasarkan pada tahanan ujung (*End Bearing*) maupun *cleef* (*Frictien Pile*). Demikian pula disini harus kita perhitungkan terhadap kekuatan bahan tiang pancang itu sendiri.

2.6.2.4. Tiang Pancang Kelompok

Pada saat pelaksanaan jarang dijumpai pondasi yang hanya dipasang satu tiang saja, tetapi terdiri dari sekelompok kumpulan tiang. Teori membuktikan daya dukung kelompok tiang geser tidak sama dengan daya dukung secara individual dikalikan jumlah tiang dalam kelompok, melainkan lebih kecil karena adanya faktor efisiensi.

a. Jarak antar tiang pancang (*pile spacing*) dalam kelompok tiang (*pile groups*)

Jarak tiang pancang didalam kelompok tiang sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas daya dukung dari kelompok tiang pancang. Untuk bekerja sebagai kelompok tiang, jarak antara tiang atau *pile spacing* (S) ini biasanya tunduk pada peraturan – peraturan bangunan pada daerah masing – masing. Oleh karena itu penentuan *pile spacing* dibedakan berdasarkan:

1. Jarak pada umumnya S bervariasi diantaranya:
 - a. Jarak minimum $S = 2d$
 - b. Jarak maksimum $S = 6d$
2. Fungsi *pile*, juga dapat mempengaruhi penentuan jarak antar tiang (*pile spacing*) seperti :
 - Sebagai *friction pile*, minimum $S = 3d$
 - Sebagai *end bearing pile*, minimum $S = 3d$
3. Klasifikasi tanah, penentuan *pile spacing* berdasarkan klasifikasi tanah :
 - Jika terletak pada lapisan tanah liat keras. Minimal $S = 3d$
 - Jika di daerah lapis padat, minimal $S = 2d$

b. Kelompok Tiang (*Pile group*)

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan pada tekanan ujung, sehingga kemampuan tiang dalam kelompok sama dengan kemampuan tiang tunggal dikalikan banyaknya tiang.

$$Q_{pg} = n \cdot Q_s$$

Dimana :

Q_{pg} = daya dukung kelompok tiang (*pile group*)

Q_s = daya dukung tiang yang berdiri sendiri (*single pile*)

n = banyaknya tiang pancang

c. Efisiensi Kelompok tiang

Daya dukung kelompok tiang dihitung berdasarkan *cleef* dan *conus*, persamaan-persamaan yang digunakan, dirumuskan berdasarkan efisiensi kelompok tiang pancang (*pile group*).

$$Q_{pg} = Eff \cdot Q \text{ tiang (daya dukung tiang tunggal)}$$

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m+n)} \right]$$

Dimana :

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam 1 baris

θ = $\tan^{-1} (\theta = d/s)$

S = jarak antar tiang (cm)

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \cdot p}{3} + \frac{\theta \cdot L \cdot C}{5}$$

Dimana :

Q_{tiang} = Daya dukung kesetimbangan tiang (Kg)

A_{tiang} = Luas permukaan tiang (m²)

P = Nilai conus hasil sondir (KN/ m²)

θ = Keliling tiang pancang (m)

L = Panjang tiang yang masuk ke dalam tanah (m)

C = Harga cleep rata-rata (KN/ m²)

3&5 = faktor keamanan

2.6.2.5. Perhitungan Pile Cap

Perkiraan kebutuhan tiang pancang tanpa efisiensi :

$$n = \frac{P_u}{Q_{all}}$$

Jarak antar as Tiang Pancang kelompok (*Pile Group*) adalah :

a. Syarat jarak antar tiang (jarak antar as tiang)

$$2,5 D < s < 3D$$

b. Syarat jarak as tiang ke tepi

$$s > 1,25D$$

c. Berat sendiri *Pile Cap* adalah

$$W_1 = \gamma_b \cdot V_p$$

d. Berat sendiri tiang adalah

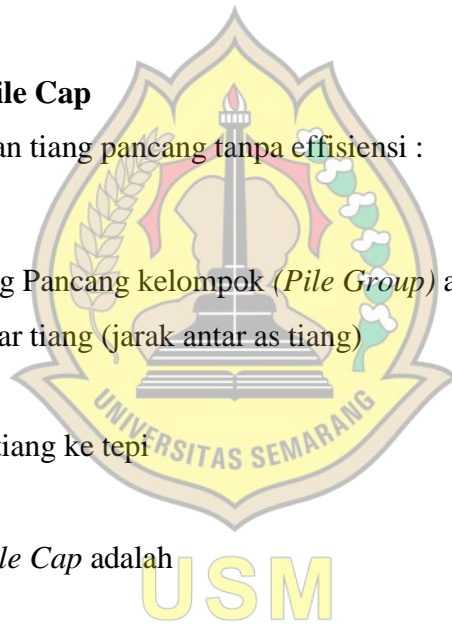
$$W_2 = \gamma_b \cdot V_t$$

Dimana :

W = berat sendiri *Pile Cap*

γ_b = berat jenis beton bertulang ($\gamma_b = 2400 \text{ kg/m}^3$)

V = volume beton *Pile Cap*



2.6.2.6. Perencanaan Tie Beam

Tie Beam harus direncanakan memikul gaya tarik / tekan sebesar 10% SDS kali vertikal maksimum (akibat beban gravitasi + gempa) pada salah satu pondasi.

$$N = 10\% SDS \cdot P_{\text{kolom}}$$

Berdasarkan SNI-2847-2019 syarat untuk *tie beam* adalah sebagai berikut :

- Tie Beam harus diberi tulangan longitudinal yang menerus yang ditanamkan melewati kolom – kolom yang ditumpu atau diangkur kedalam poer atau pondasi telapak pada setiap titik pemberhentian.
- Balok – balok tersebut harus direncanakan dengan ukuran penampang minimum $\geq 1/20$ bentang bersihnya, tapi tidak perlu lebih besar daripada 450mm. Sengkang tertutup harus dipasang dengan spasi \leq setengah dimensi terkecil penampang dan kurang dari 300mm.
- Balok sloof yang merupakan bagian pondasi pelat yang memikul lentur dan kolom yang memikul beban – beban gempa harus dirancang sesuai balok SRPMK.

1. Perhitungan Balok Longitudinal

Menentukan konfigurasi diameter penulangan dan jumlah tulangan yang akan digunakan, kemudian di cek apakah $0,01 < \rho_g < 0,06$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{b \cdot h}$$

2. Perhitungan Tulangan transversal

Perencanaan penampang terhadap geser harus di dasarkan pada :

$$V_n \geq V_u / \phi$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton untuk komponen struktur yang dibebani gaya aksial tekan adalah :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) b_w \cdot d$$

Besarnya N_u / A_g harus dinyatakan dalam Mpa.

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

jika $V_u \geq 0,5 V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser minimum dengan rumus:

$$A_v = \frac{75 \sqrt{f'_c \cdot b_w \cdot s}}{1200 f_{yv}}$$

Dengan A_v

$$A_v \geq \frac{b_w s}{3 f_y}$$

Jarak tulangan geser :

$$S \geq \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Syarat spasi maksimum tulangan geser menurut adalah :

$$S \leq d/2 \text{ mm}$$

$$S \leq 300 \text{ mm}$$



USM

BAB III METODOLOGI

3.1 Uraian Umum

Bab ini berisi uraian langkah – langkah sistematis yang dilakukan dalam melaksanakan perencanaan tugas akhir. Pada dasarnya Metodologi adalah kerangka dasar dari penyelesaian tugas akhir dengan menggunakan studi sistematis kualitatif dan kuantitatif melalui beberapa metode sebagai tahapan dalam melakukan proses Analisa terhadap permasalahan tugas akhir.

Dalam mengerjakan tugas akhir, digunakan analisis kualitatif dan analisis kuantitatif yang bertujuan untuk saling melengkapi dan saling mengoreksi sejauh mana ketepatan analisisnya. Metode analisis merupakan sebuah proses berkelanjutan dalam menjalankan laporan perencanaan, dengan analisis awal menginformasikan data yang kemudian dikumpulkan. Ketika perencanaan sudah selesai mengumpulkan data, maka langkah selanjutnya ialah menganalisis data yang telah diperoleh.

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data Teknis

1. Data Mutu Material

a. Beton

Mutu Beton : K350 (Kolom, Balok, Plat, Tangga, Dak)
: K350 (Pondasi)

b. Mutu Tulangan Baja : BJT 280 dan BJT 420B

2. Data Tanah

Data tanah diperoleh dari penelitian tanah CV. COZY ERGITA, antara lain:

- a. Peta situasi titik sondir dan boring
- b. *Direct shear test* (Geser Langsung)
- c. *Consolidation test*
- d. *Data sondir test*
- e. *Graph of sonding*
- f. *Data soil test*
- g. *Grain size accumulation curve*

h. *Liquid limit and plastic limit test*

Dari berbagai macam data tanah diatas dapat diketahui karakteristik tanah bagi perencanaan desain struktur bagian bawah dari bangunan yang direncanakan. Data yang digunakan dalam perhitungan pondasi tiang pancang adalah *graph of sonding* untuk mengetahui kedalaman tanah keras.

3. Data Pembebanan

Spesifikasi pembebanan adalah besarnya pembebanan sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku pada peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 untuk dijadikan acuan bagi perhitungan selanjutnya:

a. Beban mati

Plafond	: 11 kg/m ²
Berat beton	: 2400 kg/m ³
Berat adukan (t=2cm)	: 42 kg/m ²
Berat lantai keramik	: 24 kg/m ²
Pasangan batu bata	: 1700 kg/m ³

b. Beban hidup

Beban pekerja	: 100 kg
Beban lantai	: 250 kg/m ²
Beban tangga	: 300 kg/m ²
Beban hujan	: (40-0,8s) kg/m ²

3.2.2 Data Non Teknis

Data non teknis berfungsi sebagai penunjang dalam perencanaan seperti kondisi dan letak lokasi proyek.

Fungsi bangunan	: Gedung Perkantoran (Perekonomian)
Jumlah lantai	: 8 lantai
Lokasi	: Jalan Gajah Mungkur
Penyelidikan tanah	: CV. COZY ERGITA

Data yang dijadikan bahan acuan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir, dimana data tersebut diperoleh dari instansi tertentu yang digunakan langsung sebagai sumber dalam Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang. Klasifikasi data yang menunjang penyusunan Laporan Tugas Akhir adalah literatur-literatur penunjang, grafik, tabel dan peta-peta yang berkaitan erat dengan proses perancangan studi.

Secara garis besar data yang dibutuhkan dalam perancangan dan perhitungan struktur utama gedung ini adalah:

1. Deskripsi umum bangunan

Deskripsi umum bangunan meliputi fungsi bangunan dan lokasi yang akan didirikan. Fungsi bangunan berkaitan dengan perencanaan pembebanan sedangkan lokasi bangunan adalah untuk mengetahui keadaan tanah dan lokasi bangunan yang akan didirikan sehingga bisa direncanakan struktur bangunan bawah yang akan dipakai.

2. Denah dan sistem struktur bangunan

Yang dimaksud sistem bangunan struktur meliputi rencana struktur yang akan direncanakan seperti atap, portal dan lain-lain yang berfungsi sebagai perhitungan perencanaan lebih lanjut. Sedangkan rencana denah tersebut di atas merupakan studi awal yang berkaitan dengan perencanaan posisi dan kondisi bangunan, seperti dinding, letak lift, letak tangga dan lain-lain sebagainya.

3. Wilayah gempa bangunan sekitar

Merencanakan suatu bangunan membutuhkan ketelitian dalam perhitungan pembebanan, salah satunya pembebanan yang diakibatkan oleh gempa. Oleh karena itu perlu diketahui wilayah gempa dari struktur yang akan dibangun.

4. Data tanah berdasarkan penyelidikan

Data tanah berfungsi untuk merencanakan struktur bangunan bawah yang akan digunakan (pondasi). Data tanah tersebut meliputi:

a. Sondir

Untuk mengetahui kedalaman tanah keras di lokasi tersebut berdasarkan nilai *conusresistance* (q_c).

b. *Soil Test*

Digunakan untuk mengetahui nilai berat jenis tanah (γ)

c. *Direct Shear Test*

Data direct shear test digunakan untuk mengetahui nilai kohesi tanah (c) dan untuk mengetahui sudut geser tanah (ϕ)

Nilai-nilai yang diperoleh dari penyelidikan tanah tersebut di atas digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi yang diizinkan untuk dipikul pondasi.

3.3 Metode Analisis

Pada bagian sub bab ini diuraikan secara garis besar langkah-langkah (metode yang digunakan) dalam perencanaan bangunan dan perancangan strukturnya. Langkah-langkah yang dimaksud meliputi komponen bangunan struktur pondasi.

1. Tahapan dalam merencanakan struktur atap antara lain:
 - a. Tentukan denah dan konfigurasi atap beserta system strukturnya
 - b. Estimasi dimensi elemen strukturnya
 - c. Tentukan beban yang bekerja pada struktur
 - d. Analisa struktur bangunan atap
 - e. Desain elemen struktur termasuk detail joint dan perletakan serta alat sambungannya
2. Tahapan dalam perhitungan perencanaan struktur yang terdiri dari pelat, balok dan kolom adalah sebagai berikut:
 - a. Kumpulan data perencanaan
 - b. Kumpulkan data beban
 - c. Lakukan perencanaan pelat digunakan perhitungan seperti menentukan tebal pelat (dengan bantuan syarat lendutan) dan hitung beban-beban.
 - d. Lakukan perhitungan struktur
3. Langkah-langkah dalam perencanaan dan perancangan pondasi sub struktur (struktur bawah):
 - a. Analisa dan penentuan parameter bawah
 - b. Pemilihan jenis pondasi
 - c. Analisa beban yang bekerja pada pondasi
 - d. Estimasi dimensi pondasi
 - e. Perhitungan daya dukung pondasi
 - f. Desain pondasi

Langkah-langkah tersebut di atas merupakan acuan dalam menyelesaikan analisis perhitungan. Dengan demikian diharapkan langkah-langkah tersebut dapat terlaksana dengan runtut, sehingga penyusunan Laporan Tugas Akhir dapat berjalan dengan lancar.

3.4 Rencana Teknis Pelaksanaan Studi

Dalam penyusunan Tugas Akhir “Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang” dibatasi 6 bulan. Oleh karenanya, untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir diperlukan perencanaan kerja yang tepat.

3.4.1 Tahap Pelaksanaan Studi

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir yang akan dilakukan meliputi berbagai tahapan, diantaranya:

a. Studi Literatur

Studi literatur meliputi hal-hal yang berkaitan dengan struktur/konstruksi bangunan gedung. Struktur bangunan gedung yang dimaksud adalah struktur utama yang tidak menutup kemungkinan untuk pembahasan lain yang menunjang.

b. Pengumpulan Data

Tahapan ini merupakan tahapan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk melengkapi laporan. Data tersebut adalah data masukkan yang siap dianalisis.

c. Analisis Data

Berdasarkan data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah perencanaan bangunan tersebut telah sesuai/layak.

d. Penyusunan Laporan

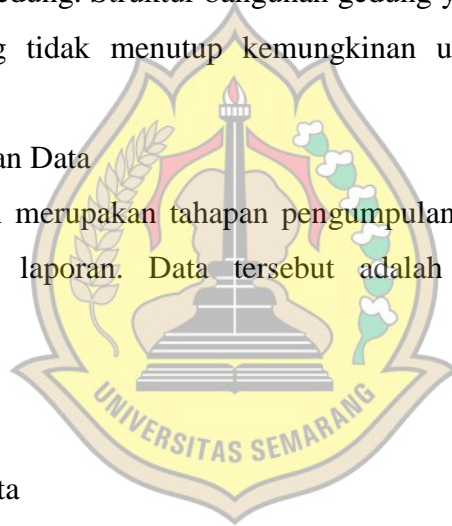
Diharapkan pada tahap ini telah sampai pada hasil analisa, sehingga didapatsimpulan dan dapat memberikan rekomendasi walaupun bersifat sementara.

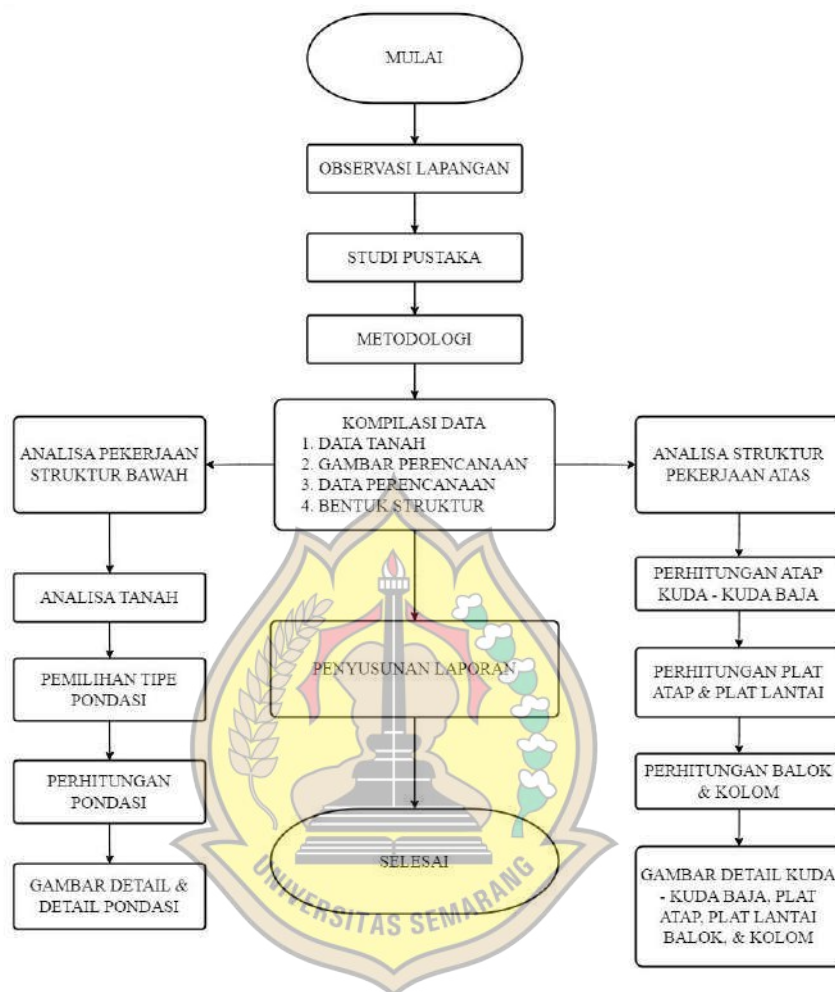
e. Penyusunan Laporan Akhir

Tahapan ini merupakan tahap akhir dalam pelaksanaan studi, lengkap dengan simpulan akhir dan direkomendasi.

3.4.2 Bagan Alir

Dalam pembuatan laporan ini diharapkan dapat memperoleh hasil yang diinginkan. Secara sistematis, rencana penyusunan (bagan alir) dapat dilihat dalam gambar berikut ini.





Gambar 3. 1 Bagan Metodologi Penyusunan Tgas Akhir

3.4.3 Metode Penelitian

1. Analisis

Penelitian ini menggunakan penglihatan yang ada dibalik permukaan, menghubungkan satu bagian dan keseluruhan, mencari sebab dan akibat, juga hal penting lainnya untuk mendapatkan hasil sesuai yang direncanakan. Perencanaan ini menggunakan aplikasi SAP2000 pada perhitungan struktur atas maupun bawah guna mempermudah dalam proses analisis perhitungan struktur dan melakukannya secara runtut dari struktur atas ke struktur bawah. Dengan demikian diharapkan penyusun laporan tugas akhir dapat berjalan dengan lancar.

2. Perencanaan

Metode perencanaan ini memanfaatkan data yang telah diperoleh dari lapangan serta hasil analisis perhitungan yang kemudian diproses sesuai dengan aturan yang berlaku dan menjadikan SNI sebagai acuan dalam perencanaan.



BAB IV

PERHITUNGAN STRUKTUR

4.1 Perencanaan Atap

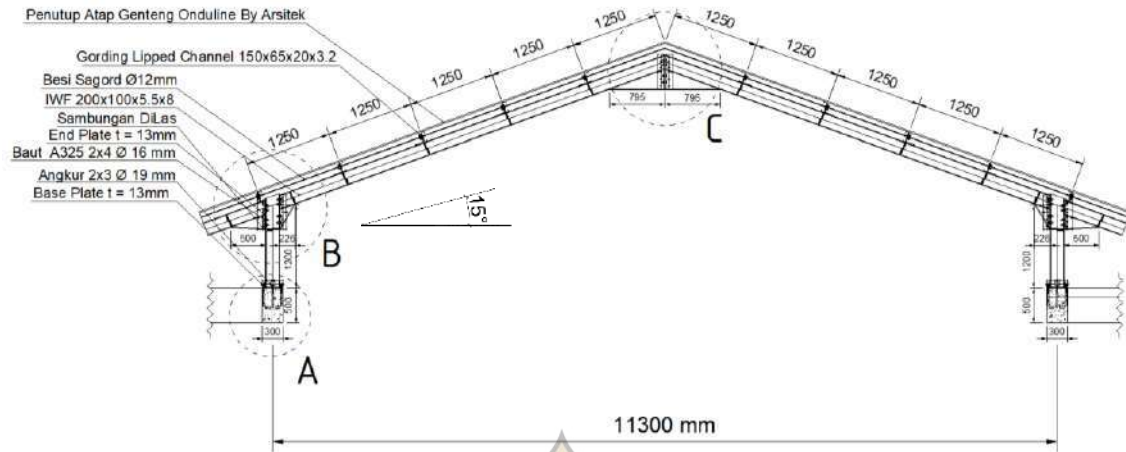
Perencanaan atap adalah hal pertama yang dihitung dalam merencanakan sebuah struktur bangunan gedung. Pada perencanaan struktur gedung ini rangka atap yang digunakan adalah kuda – kuda baja konvensional menggunakan bentuk atap sudut untuk bagian penutup atap. Mutu baja yang digunakan dalam perencanaan adalah baja mutu BJ 37 dengan profil siku dan gording dengan profil kanal sebagai pendukung atap. Perencanaan atap ini berdasarkan atas beban – beban yang bekerja sesuai dengan pedoman standar perhitungan atap di Indonesia.

4.2 Pedoman Perhitungan Atap

Dalam perencanaan atap pedoman yang dipakai sebagai berikut :

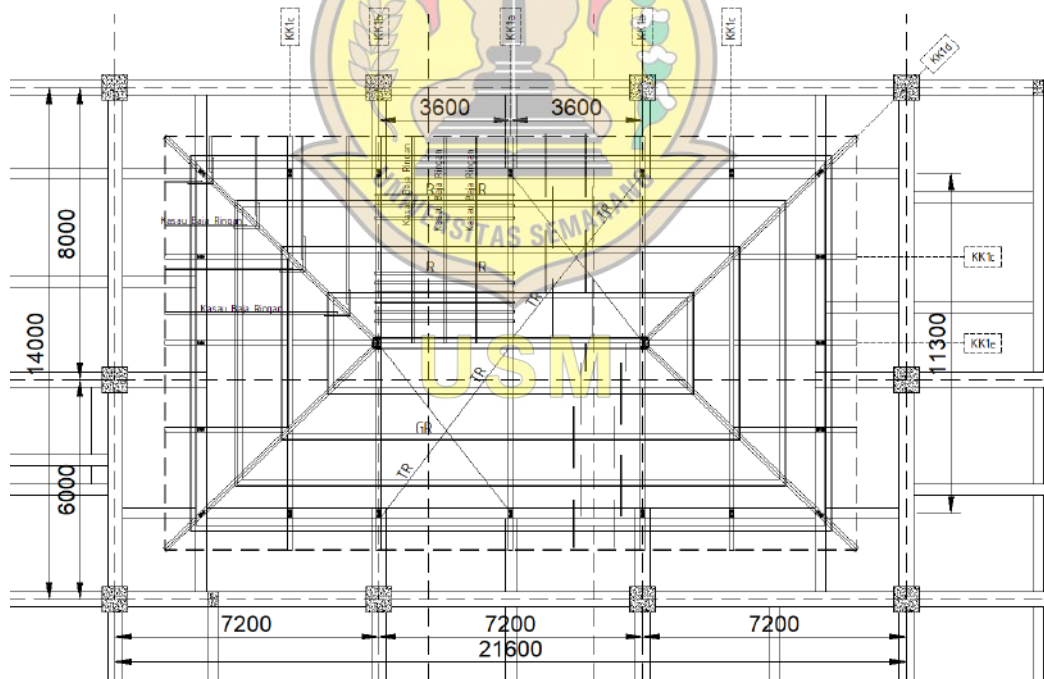
1. Pedoman Perencanaan Pembangunan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)
2. Gunawan, Rudy. 1988. Tabel Profil Konstruksi Baja. Penerbit Kanisius Yogyakarta.
3. Setiawan, Agus. 2013. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Penerbit Erlangga : Jakarta.
4. SNI 03-1729-2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.
5. SNI 1729:2020. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung.
6. Sunggono. 1984. Teknik Sipil. Penerbit Nova : Bandung

4.3 Perhitungan Atap



Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 1 Kuda-kuda Bentang 11,3m



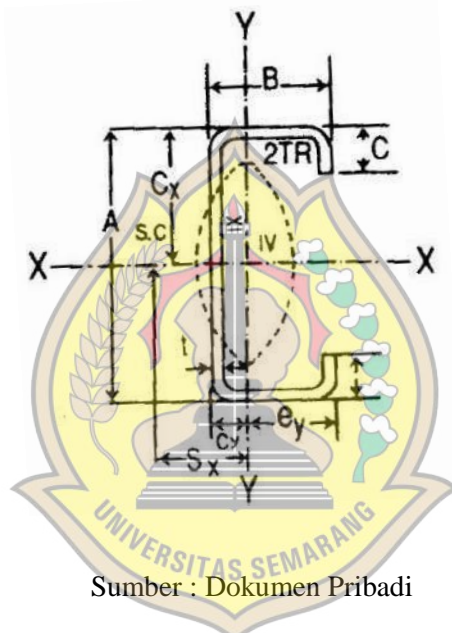
Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 2 Denah atap

4.3.1 Perhitungan Gording

1. Data perencanaan gording profil CNP 150.65.20.3,2

H	= 150 mm = 15 cm	wx	= 44,3 cm ³
Bf	= 65 mm = 6,5 cm	wy	= 12,2 cm ³
Tf	= 3,2 mm = 0,32 cm	Ix	= 332cm ⁴
Tw	= 3,2 mm = 0,32 cm	Iy	= 54 cm ⁴
q	= 7,51 kg/m		



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 4. 3 Gording (profil CNP 150.65.20.3,2)

USM

a. Perencanaan jarak gording

$$\cos \alpha = \frac{x}{r} \quad \sin \alpha = \frac{y}{r}$$

$$\cos 15^\circ = \frac{x}{r} \quad \sin 15^\circ = \frac{y}{5,849}$$

$$r = \frac{5,65}{\cos 15^\circ} \quad y = \sin 15^\circ \times 5,849$$

$$r = 5,849 \quad y = 1,514 \text{ m}$$

b. Jarak gording rencana (g) = 1,25 m

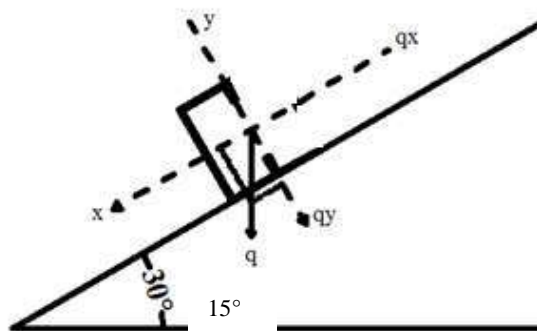
$$\text{c. Gording yang dibutuhkan } (g') = \frac{r}{g} + 1 = \frac{5,849}{1,25} + 1 = 5,679 \text{ Buah}$$

$$\text{d. Jarak gording sebenarnya } (\Sigma g) = \frac{r}{g'} = \frac{5,849}{5,679} = 1,030 \text{ m}$$

2. Perhitungan Pembebanan

Bentang Kuda-kuda	= 11,3 m
Jarak Kuda-kuda (l)	= 3.6 m
Jarak Gording	= 1,25 m
Sudut kemiringan	= 15°
Sambungan	= Baut
Mutu Baja	= Bj PS S400
f_y	= 245 MPa
f_u	= 400 MPa
e	= 200.000 MPa = 2×10^6 kg/cm ²
g	= 80.000 MPa = 8×10^5 kg/cm ²
Poisson ratio (m)	= 30 %
Koefisien Muai (α_t)	= 1.2×10^{-6}
	(pasal 5.1.3, SNI 03-1729-2002, hal 9)
Peregangan Minimum	= 20 %
	(tabel 5.3, SNI 03-1729-2002, hal 11)
Penutup atap Selulosa Bitumen	= 4 kg/m ²
	(PT Abadi Metal Utama)
Beban hidup gording	= 100 kg
	(PPURG 1987, hal 7)
Tekanan tiup angin	= 25 kg/m ²
	(PPURG 1987, hal 18)

Beban Mati



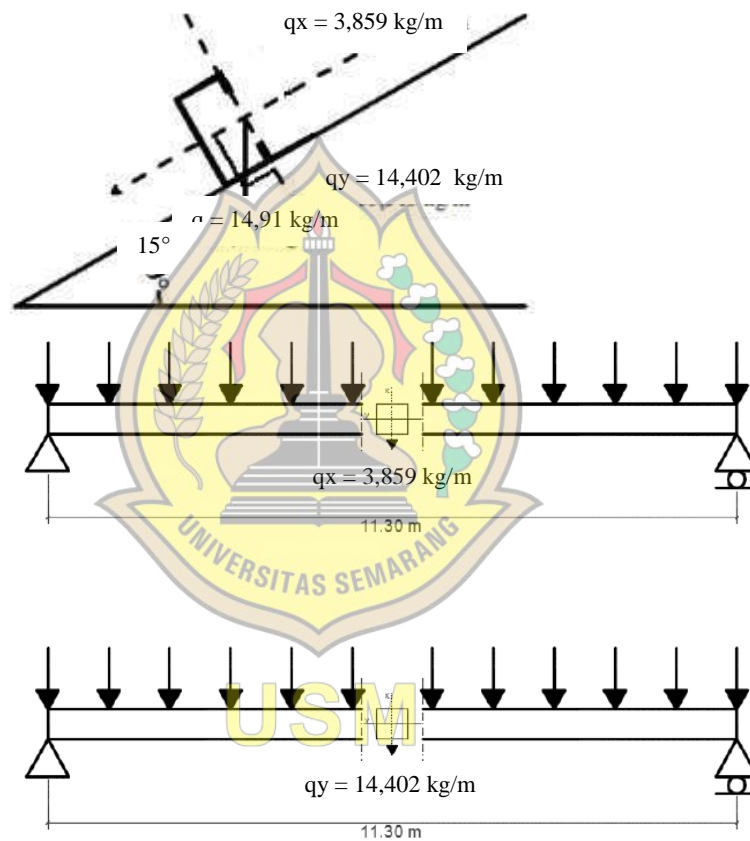
Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 4. 4 Pemodelan Beban Mati

1. Berat gording channel C_{150.65.20.3,2} = 7,51 kg/m
 2. Berat atap = 4 kg/m² × 1,25 m = 5 kg/m
 3. Berat trackstang (10% × 24) = 2,40 kg/m
- q total = 14,91 kg/m

$$q_x = q \times \sin \alpha = 14,91 \times \sin 15^\circ = 3,859 \text{ kg/m}$$

$$q_y = q \times \cos \alpha = 14,91 \times \cos 15^\circ = 14,402 \text{ kg/m}$$



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 4. 5 Pembebanan Beban Mati

$$MD_x = \left(\frac{1}{8} \times q_x \times l^2 \right)$$

$$MD_y = \left(\frac{1}{8} \times q_y \times l^2 \right)$$

$$MD_x = \left(\frac{1}{8} \times 3,859 \times 3,6^2 \right)$$

$$MD_y = \left(\frac{1}{8} \times 14,402 \times 3,6^2 \right)$$

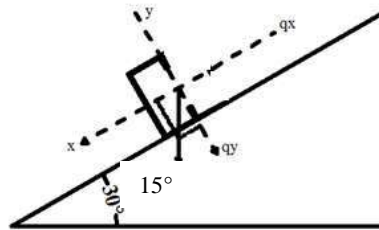
$$MD_x = 6,252 \text{ kgm}$$

$$MD_y = 32,331 \text{ kgm}$$

(Sunggono. 1984. Teknik Sipil. Penerbit Nova : Bandung, hal 68)

Beban Hidup

Beban hidup adalah beban terpusat dan terjadi karena beban manusia yang bekerja pada pekerjaan atap dengan berat $P = 100 \text{ kg}$.

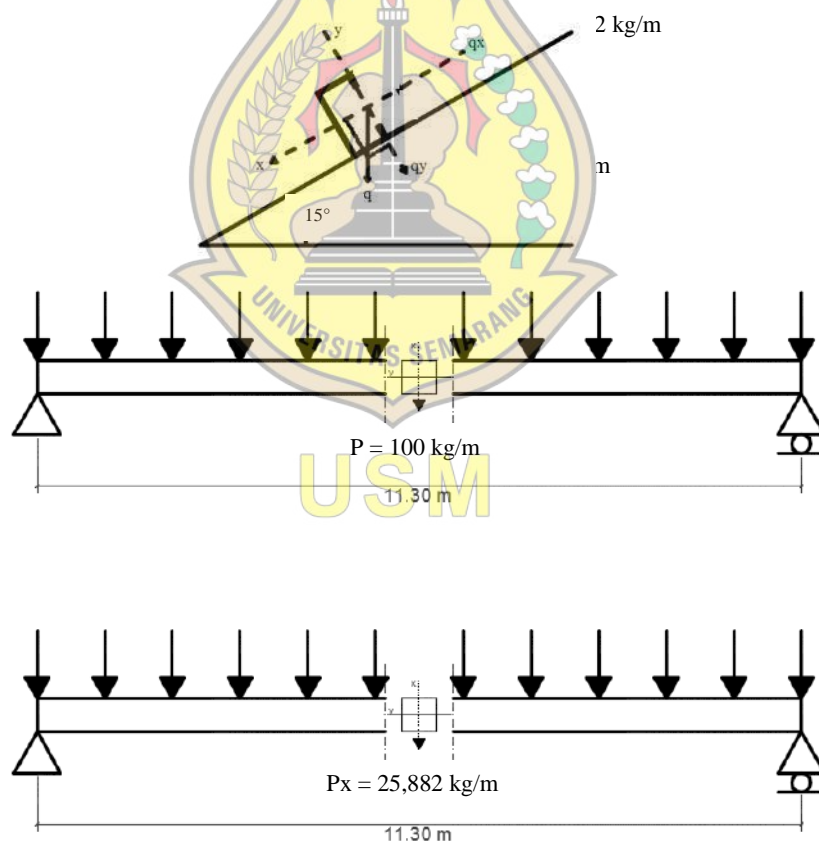


Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 4. 6 Pemodelan Beban Hidup

$$P_x = P \times \sin \alpha = 100 \sin 15^\circ = 25,882 \text{ kg}$$

$$P_y = P \times \cos \alpha = 100 \cos 15^\circ = 96,593 \text{ kg}$$



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 4. 7 Pembebanan Beban Hidup

$$MLx = \left(\frac{1}{4} \times Px \times I\right)$$

$$MLy = (1/4 \times Py \times I)$$

$$MLx = \left(\frac{1}{4} \times 25,882 \times 3,6\right)$$

$$MLy = (1/4 \times 96,593 \times 3,6)$$

$$MLx = 23,294 \text{ kgm}$$

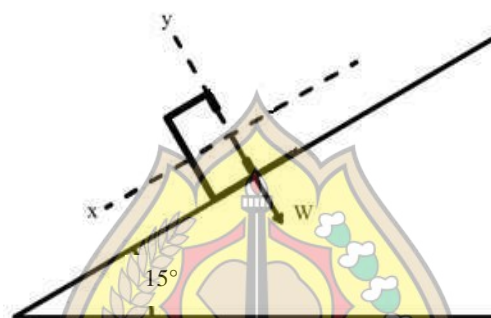
$$MLy = 86,934 \text{ kgm}$$

(Sunggono. 1984. Teknik Sipil. Penerbit Nova : Bandung, hal 68)

Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul dari hembusan angin yang diasumsikan pada daerah dataran dengan besaran minimum $W = 25 \text{ kg/m}^2$.

(PPPURG 1987, hal 18)



Sumber : Dokumene Pribadi

Gambar 4. 8 Pemodelan Beban Angin

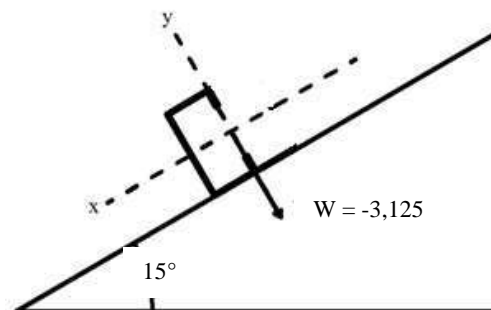
$$\text{Koefisien angin tekan} = ((0,02 \times 15^\circ) - 0,4) = -0,1$$

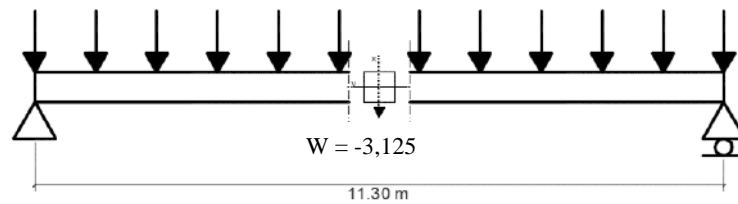
$$\text{Koefisien angin hisap} = -0,4$$

(PPPURG 1987, hal 21)

$$\text{Beban angin tekan} = -0,1 \times 25 \times 1,25 = -3,125 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban angin hisap} = -0,4 \times 25 \times 1,20 = -12,5 \text{ kg/m}$$





Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 4. 9 Pembebanan Beban Angin

$$MW_{ty} = \left(\frac{1}{8} \times W_x \times l^2\right) \qquad MW_{hy} = \left(\frac{1}{8} \times W_y \times l^2\right)$$

$$MW_{ty} = \left(\frac{1}{8} \times (-3,125) \times 3,6^2\right) \qquad MW_{hy} = \left(\frac{1}{8} \times (-12,5) \times 3,6^2\right)$$

$$MW_{ty} = -5,063 \text{ kgm} \qquad MW_{hy} = -20,250 \text{ kgm}$$

(Sunggono. 1984. Teknik Sipil. Penerbit Nova : Bandung)

Tabel 4.1 Tabel Rekap Hasil Perhitungan Momen

Momen	Beban Mati (D) (kgm)	Beban Hidup (kgm)	Beban Angin (W) (kgm)	
			Tekan	Hisap
M _x	6,252	23,294	-	-
M _y	32,331	86,934	-5,063	-20,540

4.3.2 Kombinasi Pembebanan Gording

1. $U = 1,4 D$
 $U_x = 1,4 \times 6,252 = 8,753 \text{ kg m}$
 $U_y = 1,4 \times 32,331 = 45,263 \text{ kg m}$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L_a$
 $U_x = (1,2 \times 6,252) + (1,6 \times 23,294) = 44,773 \text{ kg m}$
 $U_y = (1,2 \times 32,331) + (1,6 \times 86,934) = 177,892 \text{ kg m}$
3. $U = 1,2 D + 1,6 L_a + 0,5 W$
 $U_x = (1,2 \times 6,252) + (1,6 \times 23,294) + (0,5 \times 0) = 44,773 \text{ kg m}$
 $U_y = (1,2 \times 32,331) + (1,6 \times 86,934) + (0,5 \times (-5,063)) = 175,360 \text{ kg m}$
4. $U = 1,2 D + 1,3 W + 0,5 L_a$
 $U_x = (1,2 \times 6,252) + (1,3 \times 0) + (0,5 \times 23,294) = 19,149 \text{ kgm}$

$$U_y = (1,2 \times 32,331) + (1,3 \times (-5,063)) + (0,5 \times 86,934) = 75,682 \text{ kgm}$$

$$5. U = 0,9 D \pm 1,3 W$$

$$U_x = (0,9 \times 6,252) + (1,3 \times 0) = 5,627 \text{ kgm}$$

$$= (0,9 \times 6,252) - (1,3 \times 0) = 5,627 \text{ kgm}$$

$$U_y = (0,9 \times 32,331) + (1,3 \times (-5,063)) = 22,516 \text{ kgm}$$

$$= (0,9 \times 32,331) - (1,3 \times (-5,063)) = 35,680 \text{ kgm}$$

(pasal 6.2.2, SNI 03 – 1727 – 2012, hal 11 – 12)

Kombinasi maksimum arah sumbu x yaitu pada kombinasi pembebanan ke – 3 sebesar = 44,773 kgm. Kombinasi maksimum arah sumbu y yaitu pada kombinasi pembebanan ke – 2 sebesar = 177,892 kgm.

Kontrol pada Gording

a. Kontrol Penampang

Dengan menggunakan mutu baja profil

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

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

dipakai kombinasi pembebanan adalah :

$$M_{ux} = 44,773 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 177,892 \text{ kgm}$$

Profil baja CPN

$$h = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$$

$$b_f = 65 \text{ mm} = 6,5 \text{ cm}$$

$$t_f = 3,2 \text{ mm} = 0,32 \text{ cm}$$

$$t_w = 3,2 \text{ mm} = 0,32 \text{ cm}$$

$$t = 3,2 \text{ mm} = 0,32 \text{ cm}$$

$$A = 9,57 \text{ cm}^2 = 957 \text{ mm}^2$$

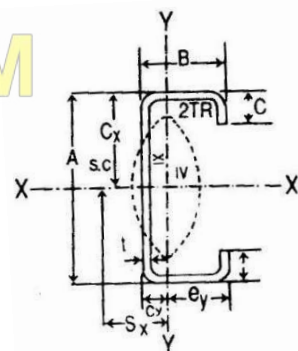
$$A/2 = 9,57 / 2 = 4,785 \text{ cm}^2$$

$$A_1 = (h \times t_w) = 15 \times 0,32 = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$Y_1 = \frac{1}{2} \times h = \frac{1}{2} \times 15 = 7,5 \text{ cm}$$

$$A_2 = (A - A_1) / 2 = (9,57 - 4,8) / 2 = 2,385 \text{ cm}^2$$

$$Y_2 = \frac{1}{2} \times t = \frac{1}{2} \times 0,32 = 0,16 \text{ cm}$$



$$A_3 = (A - A_1) / 2 = (8,607 - 4,8) / 2 = 2,385 \text{ cm}^2$$

$$Y_3 = h - t = 15,0 - 0,32 = 14,68 \text{ cm}$$

$$y = \frac{A_1 \times Y_1 + A_2 \times Y_2 + A_3 \times Y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$= \frac{4,8 \times 7,5 + 2,385 \times 0,16 + 2,385 \times 14,68}{4,8 + 2,385 + 2,385}$$

$$= 7,460 \text{ cm}$$

$$d = 2 \times y$$

$$= 2 \times 7,460$$

$$= 14,920 \text{ cm}$$

$$Z_x = 2 \times (A_1 \times Y_1 + A_2 \times Y_2)$$

$$= 2 \times (4,8 \times 7,5 + 2,385 \times 0,16)$$

$$= 72,763 \text{ cm}$$

$$Z_y = (A_1 \times Y_1 + A_2 \times Y_2 + A_3 \times Y_3)$$

$$= (4,8 \times 7,5 + 2,385 \times 0,16 + 2,385 \times 14,68)$$

$$= 71,393 \text{ cm}$$

$$\text{Sayap : } \lambda = \frac{bf}{2xtf} = \frac{6,5}{2 \times 0,32} = 10,156$$

$$\lambda_Q = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}} = \frac{370}{\sqrt{240 - 70}} = 28,378$$

$\lambda < \lambda_Q < \lambda_r$, profil merupakan penampang kompak, sehingga $M_n = M_p$

b. Kontrol Terhadap Momen

a. Momen arah sumbu x (M_{ux})

$$M_{ux} = 44,773 \text{ Kg.m}$$

b. Momen arah sumbu y (M_{uy})

$$M_{uy} = 177,892 \text{ Kg.m}$$

c. Momen Nominal Pada Penampang

$$M_{nx} = Z_x \times fy = 72,763 \times 2400 = 174631 \text{ kg.cm} = 1746,31 \text{ kg.m}$$

$$M_{ny} = Z_y \times fy = 71,393 \times 2400 = 171343 \text{ kg.cm} = 1713,43 \text{ kg.m}$$

d. Menghitung Momen Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\Phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi M_{ny}} = \frac{44,773}{0,9 \times 1746,31} + \frac{177,892}{0,9 \times 1713,43} < 1$$

$$= 0,146 < 1 \dots \text{ok}$$

e. Kontrol Momen Terhadap Batas Lekuk Lokal dengan $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned}\phi M_n &\geq M_u \\ \phi M_{nx} &\geq M_{ux} \\ 0,9 \times 1746,31 &\geq 44,773 \text{ kg.m} \\ 1571,68 &\geq 44,773 \text{ kg.m (OK)} \\ \phi M_{ny} &\geq M_{uy} \\ 0,9 \times 1713,43 &\geq 177,892 \text{ kg.m} \\ 1542,087 &\geq 298,587 \text{ kg.m (OK)}\end{aligned}$$

f. Kontrol Momen Terhadap Batas Tekuk Global

$$\begin{aligned}L_b &= L = 3,6 \text{ m} = 3600 \text{ mm} \\ i_y &= 2,37 \text{ cm} = 23,7 \text{ mm} \\ L_p &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{e}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 23,7 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 1204,122 \text{ mm} \\ G &= 8 \times 10^4 \text{ MPa} = 8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 8 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2 \\ J &= \sum \frac{1}{3} \times b \times t^3 \\ &= \frac{1}{3} \times [(2 \times bf \times r^3) + (h - r) \times tw^3] \\ &= \frac{1}{3} \times [(2 \times 65 \times 3,2^3) + (150 - 3,2) \times 3,2^3] \\ &= 3023.394 \text{ mm}^4 \\ Z_x &= bf \times tf (h - tf) + ((tw/4) \times (h - 2 \times tf)^2) \\ &= 65 \times 3,2(150 - 3,2) + (3,2/4) \times (150 - 2 \times 3,2)^2 \\ &= 47,031 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\ M_n &= M_p \\ &= f_y \times Z_x \\ &= 240 \times 47,031 \times 10^3 \\ &= 11,287 \times 10^6 \text{ Nmm} \\ I_w &= I_y (h^2 / 4) = 54 \times 10^4 \times [(150 - 3,2)^2 / 4] \\ &= 2.910 \times 10^9 \text{ mm}^4 \\ X_1 &= \frac{\pi}{Z_x} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} = \frac{3,14}{47.031 \times 10^3} \cdot \sqrt{\frac{2 \times 10^4 \cdot 8 \times 10^3 \cdot 3023,394 \cdot 957}{2}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1015,766 \text{ kg/mm}^2 \\
X_2 &= 4 \times \frac{I_w}{I_y} \cdot \left(\frac{Z_x}{G.J}\right)^2 = 4 \cdot \frac{2,910 \times 10^9}{54 \times 10^4} \times \left(\frac{47,031 \times 10^3}{8 \times 10^3 \times 3023,394}\right)^2 \\
&= 8,150 \times 10^{-2} \text{ kg/mm}^4 \\
L_r &= \frac{t_y \cdot X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2}} F_L^2 \quad F_L = F_y - F_r = 240 - 70 = 170 \text{ MPa} \\
&= \frac{23,7 \times 1015,766}{170} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 8,150 \times 10^{-2} \cdot 170^2}} \\
&= 99,674 \text{ mm} < L_b \text{ (3600 mm)}
\end{aligned}$$

Karena L_r (99,674 mm) < L_b (3600 mm) maka termasuk bentang panjang.

g. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}
L &= 3,6 \text{ m} = 360 \text{ cm} \\
\delta &\leq \delta \text{ ijin} = L/240 = \text{SNI 03} = 1729 - 2002 \\
\frac{1}{240} \times 360 &= 1,5 \text{ cm} \\
M_{ux} &= 44,773 \text{ kg.m} = 4477,3 \text{ kg.cm} \\
E &= 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
I_x &= 332 \text{ cm}^4 \\
Y_{\max} &= \frac{6 \cdot L^2 \cdot M_{ux}}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 280} \\
&= \frac{6 \times 600^2 \times 8065}{48 \times 2 \times 10^6 \times 280} \\
&= 0,130 \text{ cm} \\
&= 1,5 \text{ cm} \geq Y_{\max} = 0,130 \text{ cm} \quad (\text{OK})
\end{aligned}$$

g.1 Akibat Beban Mati

$$\begin{aligned}
f_x &= \frac{5 \cdot q_x \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5,03859 \cdot 360^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 54} = 0,0781 \text{ cm} \\
f_y &= \frac{5 \cdot q_y \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5,014402 \cdot 360^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 332} = 0,0474 \text{ cm}
\end{aligned}$$

g.2 Akibat Beban Hidup

$$\begin{aligned}
f_x &= \frac{P_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = \frac{0,25882 \cdot 360^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 54} = 0,00233 \text{ cm} \\
f_y &= \frac{P_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = \frac{0,96593 \cdot 360^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 332} = 0,00141 \text{ cm}
\end{aligned}$$

g.4 Akibat Beban Angin

$$f_x = 0$$

$$f_y = \frac{5 \cdot W_y \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5 \cdot (-0,12) \cdot 360^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 332} = -0,0395 \text{ cm}$$

(Struktur Baja, hal 87)

g.5 Lendutan Kombinasi

$$f_x \text{ total} = 0,0781 + 0,00233 + 0 = 0,0804 \text{ cm}$$

$$f_y \text{ total} = 0,0474 + 0,00141 + (-0,0395) = 0,0093 \text{ cm}$$

Syarat Lendutan

$$(f \text{ ijin} = \frac{l}{360} = \frac{360}{360} = 1)$$

$$> (f \text{ yang timbul} = \sqrt{0,0804^2 + 0,0093^2} = 0,0809)$$

$$1,000 > 0,0809 \text{ (OK)}$$

(SNI 03 – 1729 – 2012, hal 15)

4.3.4 Perhitungan Trackstang

$$\text{Beban mati } q_x = 3,859 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban hidup } P_x = 25,882 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban } P = (3,859 \times 3,6) + 25,882 = 39,774 \text{ kg}$$

$$\text{Penggunaan 4 Trackstang, maka : } P/4 = 39,774 / 4 = 9,944 \text{ kg}$$

$$\sigma = \frac{P}{F_n}, F_n = \frac{P}{\sigma} = \frac{9,944}{2400} = 0,0041 \text{ cm}^2$$

$$F_{br} = 1,25 F_n = 1,25 \times 0,0041 = 0,0052 \text{ cm}^2$$

$$F_{br} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = d = \sqrt{\frac{F_{br} \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,0052 \times 4}{3,14}} = 0,0814 \text{ cm}$$

$$\rightarrow 10 \text{ mm}$$

Maka dalam perencanaan kuda – kuda ini menggunakan trackstang dengan diameter minimal = 10 mm.

4.3.5 Perencanaan Kuda – kuda

Pada perencanaan kuda – kuda tahapan dalam perencanaan meliputi : data teknis, pembebanan kuda – kuda, dan kontrol kekuatan profil pada kuda –kuda.

Data Kuda – Kuda

Bentang kuda – kuda	= 11,3 m
Jarak kuda – kuda	= 3,6 m
Jarak gording	= 1,25 m
Sudut kemiringan atap	= 15°
Penutup atap	= Bitumen
Sambungan	= Baut
Berat Gording	= 7,51 kg/m

(Tabel Profil Konstruksi Baja, Gunawan,2002)

Modulus elastisitas (E)	= 200.000 MPa
Modulus geser (G)	= 80.000 MPa
Poisson ratio (m)	= 30 %
Koefisien muai (α)	= $1,2 \times 10^{-6}$ (SNI 03 – 1729 – 2012)
Mutu baja	= Bj PS S400
Tegangan leleh (f_y)	= 245 MPa
Tegangan ultimit (f_u)	= 400 MPa
Tegangan dasar	= 160 MPa
Peregangan minimum	= 20 % (SNI 03 – 1729 – 2012, hal 11)
Penutup bitumen	= 4 kg/m ² (PT Abadi Metal Utama)
Beban hidup gording	= 100 kg (PPURG 1987, hal 7)
Tekanan tiup angin	= 25 kg/m ² (PPURG 1987, hal 18)

Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 10 Mutu Baja

4.3.6 Pembebanan Kuda – Kuda

USM

1. Akibat berat atap

Berat permanen yang bekerja pada kuda – kuda akibat dari benda yang berada di atasnya berupa atap yang diasumsikan dengan menggunakan ×penutup bitumen.

$$B_A = \text{Berat atap} \times \text{jarak gording} \times \text{jarak kuda – kuda}$$

$$B_A = 4 \times 1,25 \times 3,6 = 18 \text{ kg}$$

2. Akibat berat sendiri kuda – kuda

Beban permanen yang timbul dari berat profil baja yang difungsikan sebagai kuda – kuda. Beban terhitung secara manual dalam program SAP, sehingga perencanaan menggunakan profil baja *Double Angle Shape*. Pada pembebanan akibat berat sendiri disimbulkan dengan huruf (B_K).

3. Akibat berat gording

Beban permanen yang timbul dari berat profil baja yang difungsikan sebagai gording.

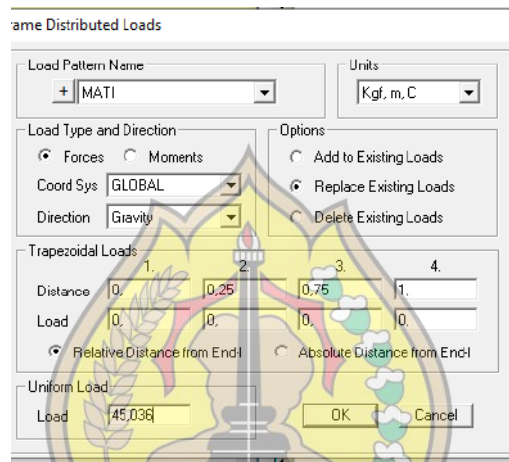
$$B_G = \text{berat profil baja} \times \text{jarak kuda-kuda}$$

$$B_G = 7,51 \times 3,6 = 27,036 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Mati Total} = \text{Berat Gording} + \text{Berat Atap}$$

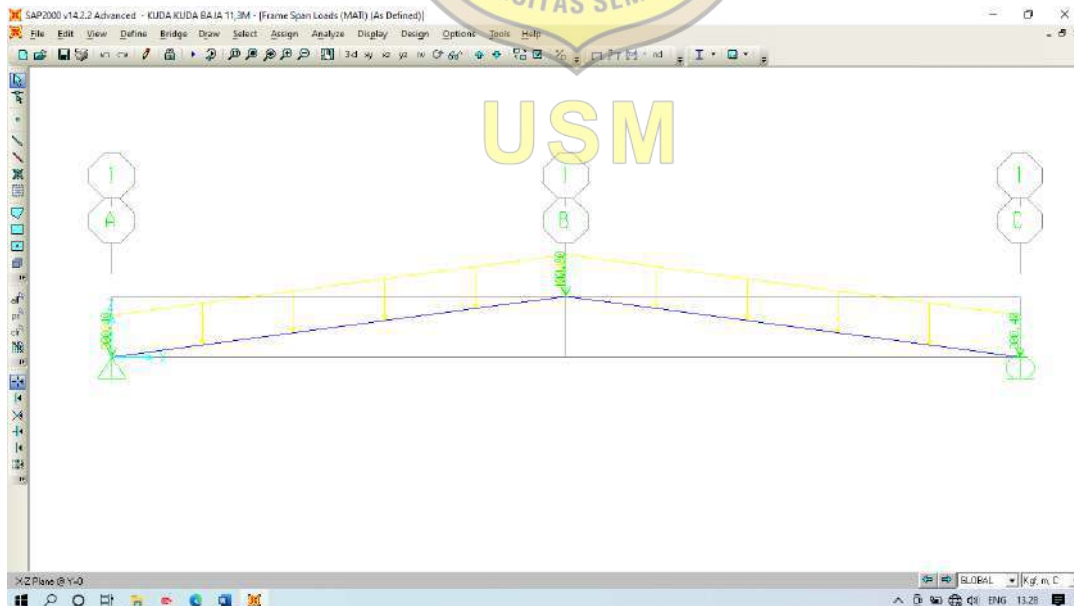
$$= 27,036 + 18$$

$$= 45,036 \text{ kg}$$



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 11 Input Beban Mati



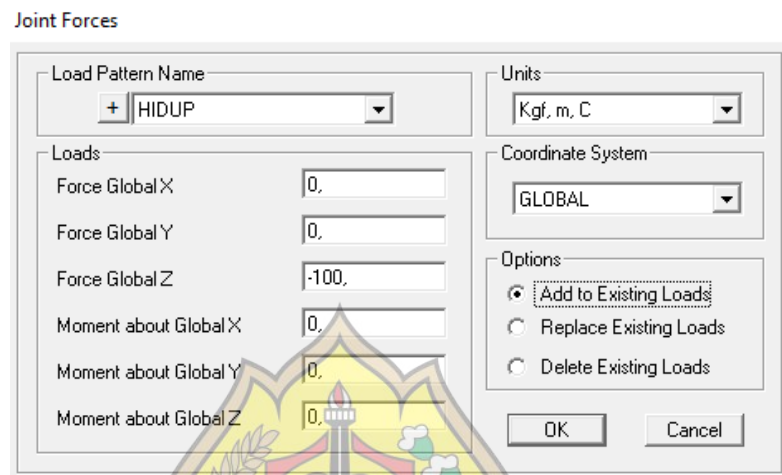
Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 12 Display Beban Mati Total

4. Beban Hidup

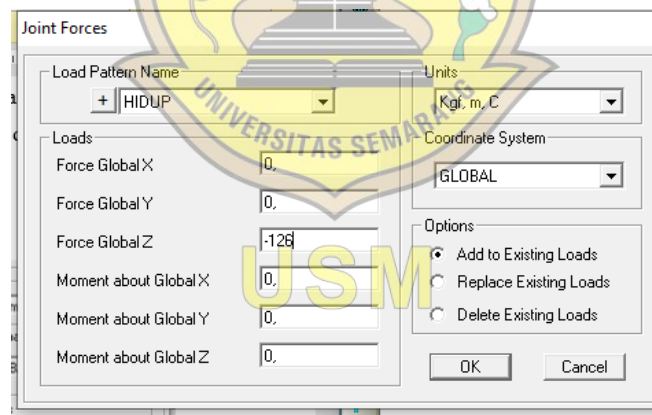
Beban hidup adalah beban terpusat yang terjadi karena beban manusia yang bekerja pada saat pembuatan atau perbaikan kuda – kuda atap dengan berat $P = 100 \text{ kg}$.

$$P \text{ air hujan} = (40 - 0,8 \times 15^\circ) = 28 \text{ kg/m}^2$$
$$= 28 \times 3,6 \times 1,25 = 126 \text{ kg}$$



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 13 Input Beban Hidup



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 14 Input Beban Hidup

5. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul dari hembusan angin yang diasumsikan pada daerah perbukitan dengan besaran $W = 25 \text{ kg/m}^2$.

a. Akibat Angin Tekan

$$\text{Angin Tekan} = 0,02 \times (\alpha) - 0,4$$
$$= (0,02 \times 15^\circ) - 0,4 = - 0,1$$

(PPPURG, hal 21)

$$W \text{ tekan } V = \text{Angin Tekan} \times \sin \alpha \times W \times \text{Jarak Gording} \times \text{jarak kuda - kuda}$$

$$= -0,1 \times \sin 15^\circ \times 25 \times 1,25 \times 3,6 = -2,912 \text{ kg}$$

$$W \text{ tekan } H = \text{Angin Tekan} \times \cos \alpha \times W \times \text{Jarak Gording} \times \text{jarak kuda - kuda}$$

$$= -0,1 \times \cos 15^\circ \times 25 \times 1,25 \times 3,6 = -10,867 \text{ kg}$$

b. Akibat angin hisap

$$\text{Angin hisap} = -0,4$$

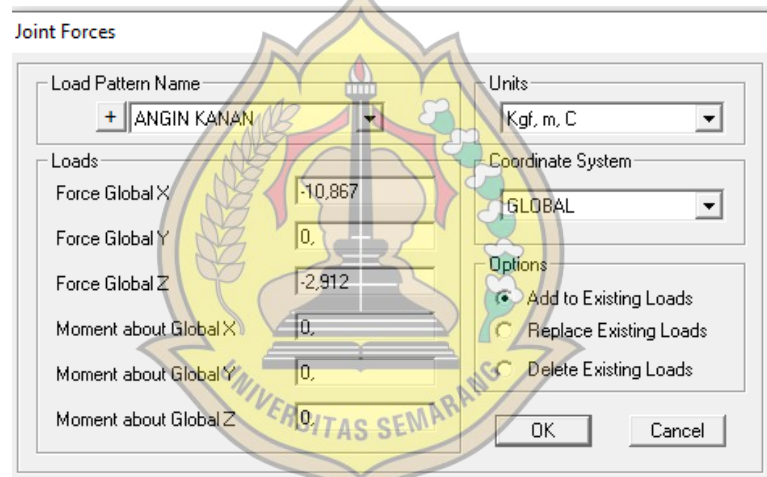
(PPPURG, hal 21)

$$W \text{ hisap } V = \text{Angin hisap} \times \sin \alpha \times W \times \text{Jarak Gording} \times \text{jarak kuda - kuda}$$

$$= -0,4 \times \sin 15^\circ \times 25 \times 1,25 \times 3,6 = -11,647 \text{ kg}$$

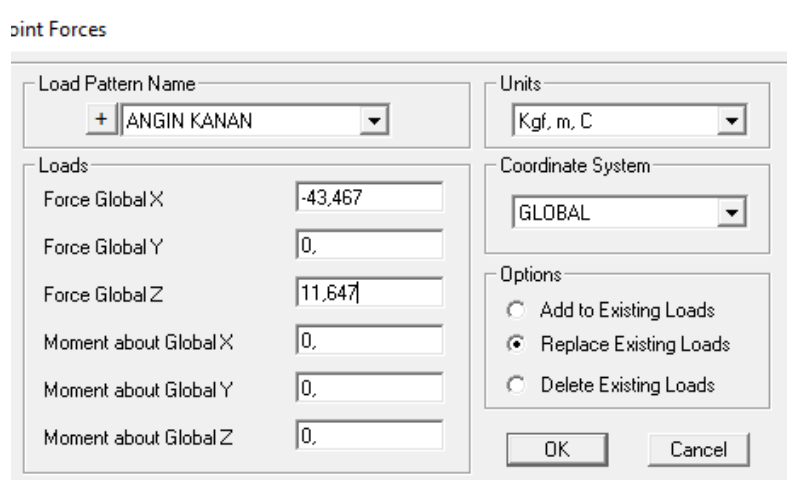
$$W \text{ hisap } H = \text{Angin hisap} \times \cos \alpha \times W \times \text{Jarak Gording} \times \text{jarak kuda - kuda}$$

$$= -0,4 \times \cos 15^\circ \times 25 \times 1,25 \times 3,6 = -43,467 \text{ kg}$$



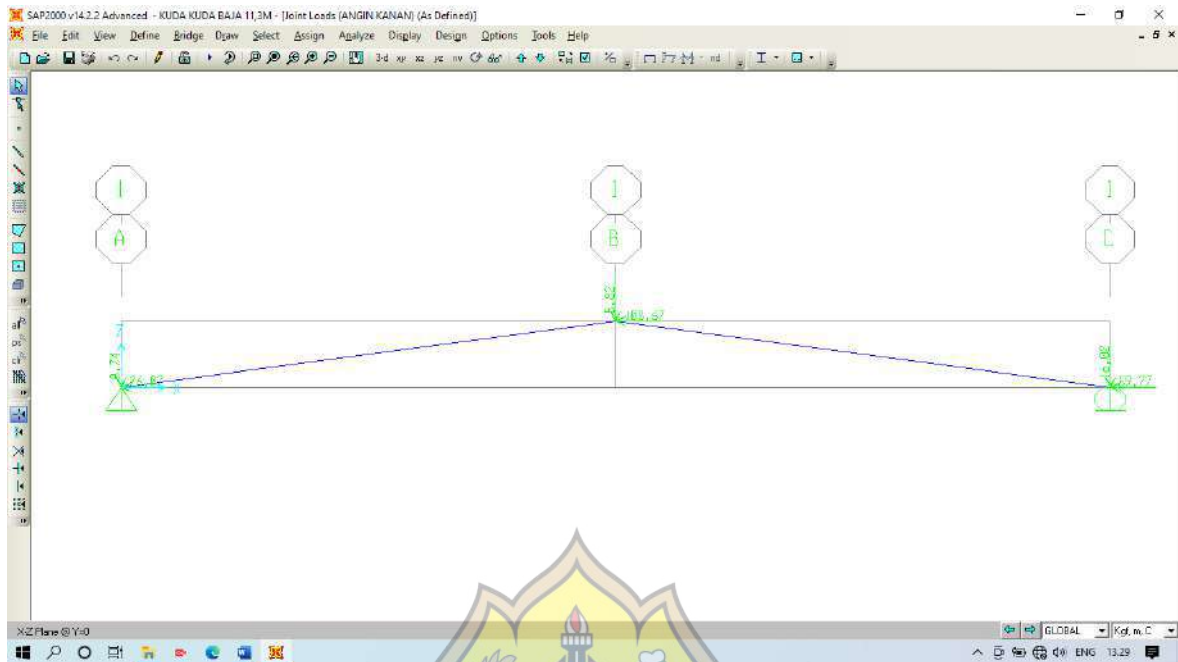
Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 15 Input Beban Angin Tekan



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

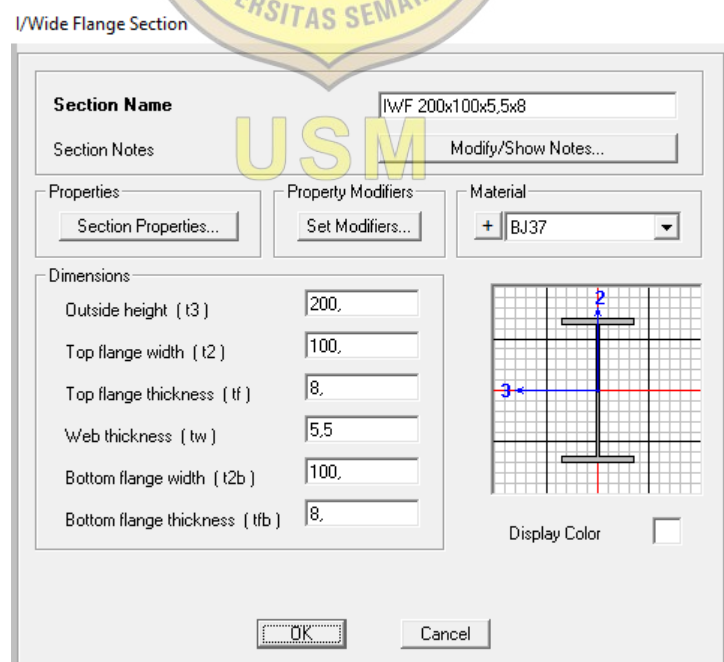
Gambar 4. 16 Input Beban Angin Hisap



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 17 Display Beban Angin

4.3.6 Input Data pada Program SAP



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 18 Frame Properties

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: BJ37 [Color: Blue]

Material Type: Steel

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7.697E-05

Mass per Unit Volume: 7.849E-09

Units: N, mm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 200000

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 76923,08

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 240

Minimum Tensile Stress, Fu: 370

Effective Yield Stress, Fye: 240

Effective Tensile Stress, Fue: 370

Switch To Advanced Property Display

[Cancel]

Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 19 Material Property Data

Define Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	DEAD	1	
DEAD	DEAD	1	
LIVE	LIVE	0	
WIND	WIND	0	None

Click To:

- Add New Load Pattern
- Modify Load Pattern
- Show Lateral Load Pattern...
- Delete Load Pattern
- Show Load Pattern Notes...

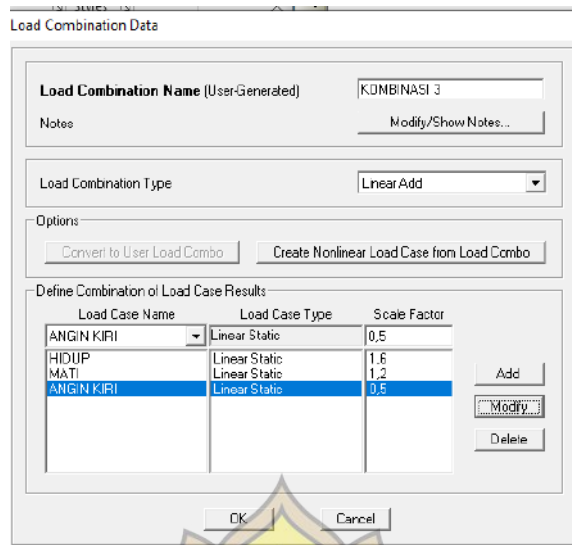
[OK] [Cancel]

Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 20 Define Load Patterns

Kombinasi Pembebanan (Kombinasi 3)

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

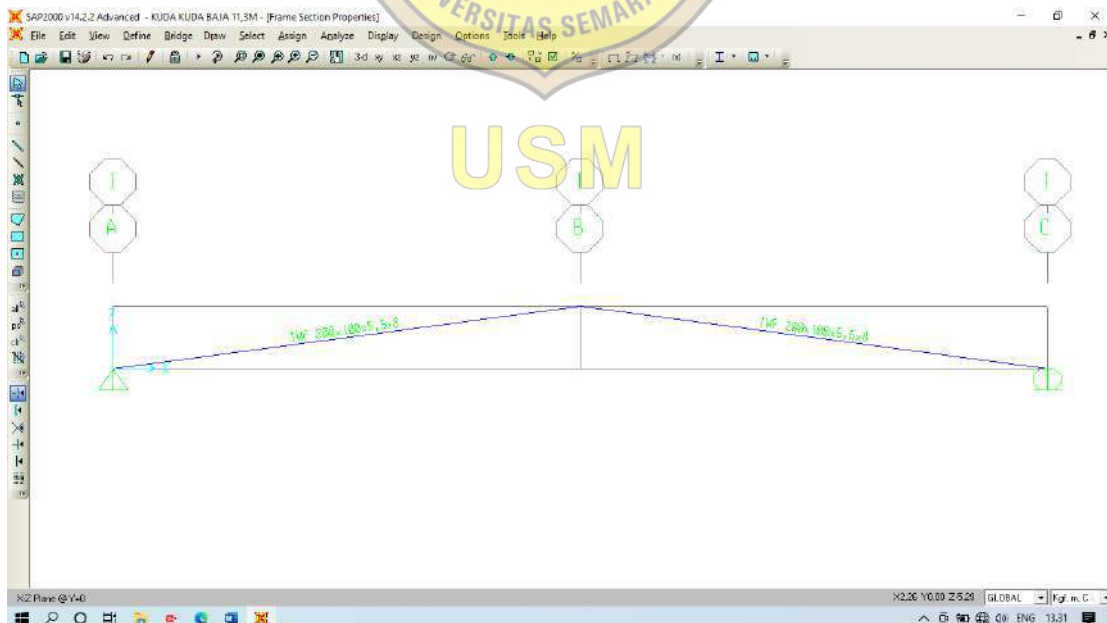


Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 21 Beban Kombinasi 3

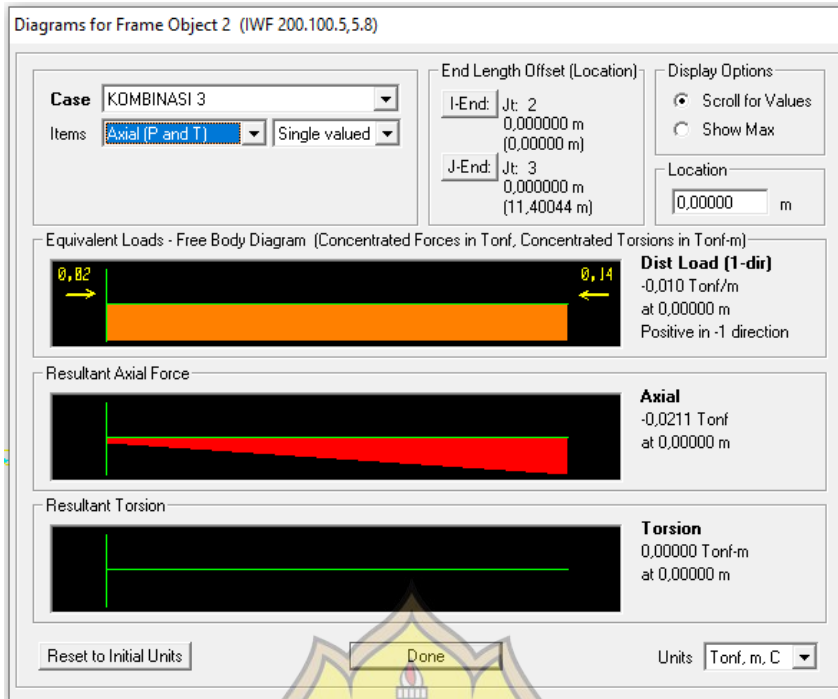
4.3.7 Data Perhitungan Baut Kuda – kuda

Dalam perhitungan menggunakan Progam SAP dan diapat data – data sebagai berikut:



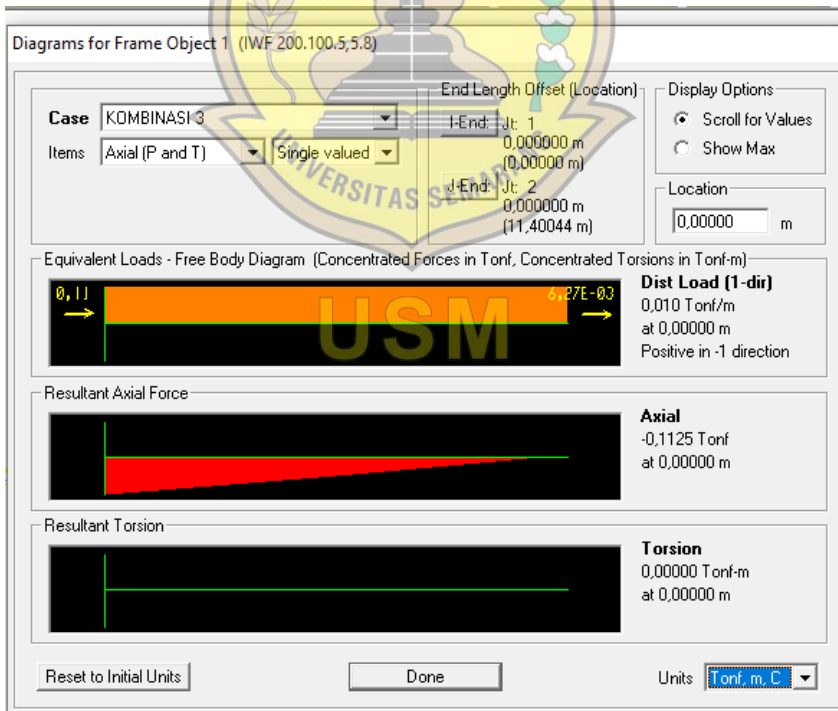
Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 22 Kuda-kuda Bentang 11,3m



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 23 Diagram Fir Frame Objek Right



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 24 Diagram For Frame Objek Left

1. Baja yang digunakan IWF :

Batang Kanan : IWF 200.100.5,5.8

Batang Kiri : IWF 200.100.5,5.8

2. Beban aksial yang ditimbulkan :

Batang Kanan : 0,0211 ton

Batang Kiri : 0,1125 ton

3. Baut yang digunakan \varnothing 16 mm tipe A325

$$\phi v d = \phi \times r \times f_{ub} \times A = 0,75 \times 0,5 \times 825 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) = 62172 \text{ N}$$
$$= 6,217 \text{ ton}$$

Batang Kanan

$$0,0211 \text{ ton} \rightarrow d = 16 \text{ mm}$$

$$n = \frac{0,0211}{6,217} = 0,0034 \dots \text{digunakan 2 baut}$$

Batang Kiri

$$0,1125 \text{ ton} \rightarrow d = 16 \text{ mm}$$

$$n = \frac{0,1125}{6,217} = 0,0181 \dots \text{digunakan 2 baut}$$



USM

4.3.8 Data Perhitungan Profil Kuda – Kuda

Perhitungan Profil Kuda – Kuda

Baja yang digunakan:

- a. Batang Luar : IWF 200.100.5,5.8
- b. Material Baja yang digunakan :

Mutu baja : BJ 37
Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
Tegangan ultimit (f_u) : 370 MPa
Peregangan minimum : 20 %

(tabel 5.3, SNI 03-1729-2002, hal 11)

Modulus elastisitas (E) : 200000 MPa
Modulus geser (G) : 76923,1 MPa
Poisson ratio (μ) : 30 %
Koefisien muai (α_t) : $1,2 \times 10^{-5}$

(pasal 5.1.3, SNI 03-1729-2002, hal 9)

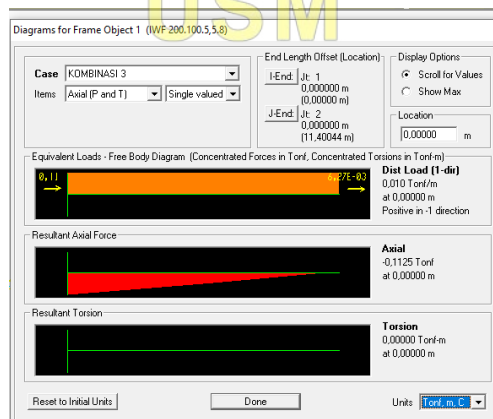
Profil kuda – kuda : IWF

4.3.8.1 Perhitungan Batang Tekan Kiri

Frame 1

P maks = $N_u = 0,1125$ ton \rightarrow hasil output SAP 2000

L bentang = 5850 mm

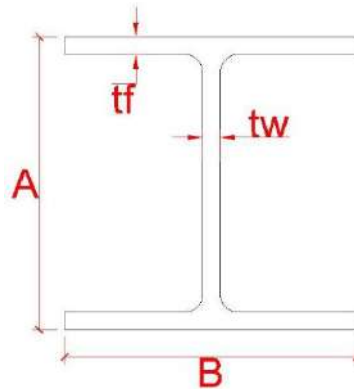


Sumber : Dokumen Pribadi (Program SAP)

Gambar 4. 25 Diagram For Frame Objek Left

Digunakan profil (IWF 200.100.5,5.8)

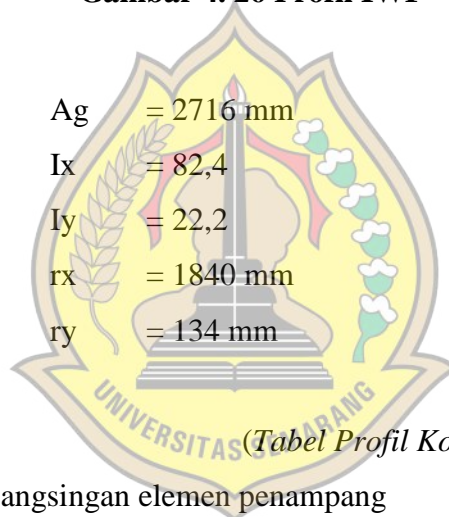
Properti penampang elemen IWF 200.100.5,5.8



Gambar 4. 26 Profil IWF

a = 200 mm
b = 100 mm
tf = 8 mm
tw = 5,5 mm
r = 11 mm
h = 100 mm

Ag = 2716 mm²
Ix = 82,4
Iy = 22,2
rx = 1840 mm
ry = 134 mm



(Tabel Profil Konstruksi Baja, hal 21)

- Periksa terhadap kelangsingan elemen penampang
- Kondisi tumpuan sendi – sendi, maka faktor tekuk $k = 1$

(tabel 7.6-1, SNI 03-1729-2002, hal 32)

$$\text{Flens } \lambda = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{12}{tf}} = \frac{50}{2 \times 8} = 3,125$$

$$\lambda r = \frac{100}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda r = \frac{100}{\sqrt{240}} = 6,455$$

(tabel 7.5-1, SNI 031729-2002, hal 30)

$$\lambda < \lambda r$$

$$3,125 < 6,455 \text{ (penampang kompak)}$$

$$\text{Web } \lambda = \frac{h}{tw} \sqrt{\frac{12}{tw}} = \frac{100}{5,5} = 18,18$$

$$\lambda = \frac{665}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda r = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,93$$

(tabel, 7.5-1, SNI 03-1729-2002, hal 30)

$$\lambda < \lambda r$$

$$18,18 < 42,93 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kelangsingan arah sumbu bahan (sumbu x)

$$\lambda_x = \frac{k_l x}{r_x} = \frac{k \cdot L}{r_x} = \frac{2.5850}{1840} = 6,359$$

- Kelangsingan arah sumbu bebas bahan (sumbu y)

$$\lambda_y = \frac{k_l y}{r_y} = \frac{k \cdot L}{r_y} = \frac{2.5850}{134} = 87,31$$

$$\lambda_y > \lambda r \text{ (batang menekuk ke arah sumbu kuat)}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \times \sqrt{\frac{fy}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{87,31}{\pi} \times \sqrt{\frac{240}{200.000}} = 0,9632$$

- Karena $0,25 < \lambda_{cy} < 1,2$ maka nilai ω_y memenuhi rumus

(pasal 7.6.2, SNI 03-1729-2002, hal 27)

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_{cy}} = 0,9632$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,9632} = 1,498$$

(persamaan 7.6-5c, SNI 03-1729-2002, hal 27)

- Daya dukung komponen arah sumbu bahan (sumbu y)

$$\phi N_n = A_g \times \frac{fy}{\omega_y} = 2716 \times \frac{240}{1,498} = 435140,187 \text{ N} \rightarrow 43,514 \text{ ton}$$

(persamaan 7.6-3, SNI 03-1729-2002, hal 27)

$$\Phi N_n = 0,85 \times 43,514 = 36,987 \text{ ton}$$

$$\frac{Nu}{\Phi Nn} = \frac{0,1125}{43,514} = 0,003 < 1 \dots (OK)$$

Profil IWF 200 × 100 × 5,5 ×

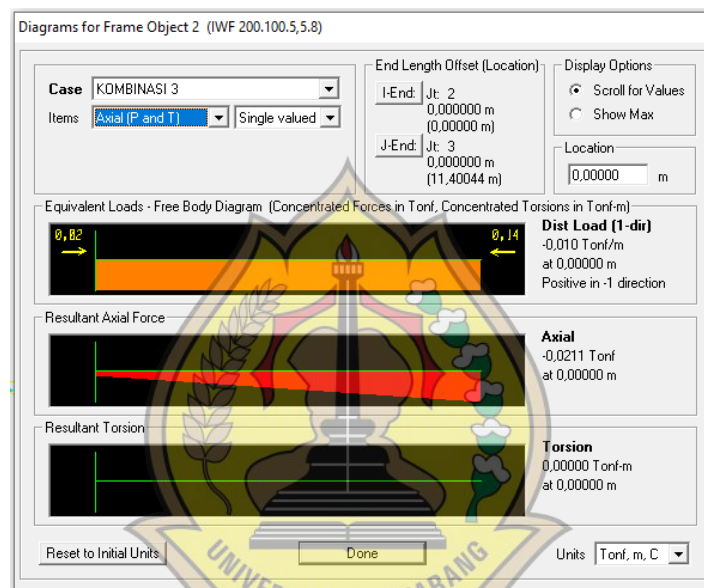
8 aman dan dapat digunakan

4.3.8.2 Perhitungan Batang Tekan Kanan

Frame 2

P maks = Nu = 0,0211 ton → hasil output SAP 2000

L bentang = 5850 mm



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam SAP)

Gambar 4. 27 Diagram For Frame Objek Rifht

USM

Digunakan profil (IWF 200.2100.5.5.8)

Properti penampang elemen IWF 200.100.5,5.8



Gambar 4. 28 Profil IWF 200.100.5,5.8

a	= 200 mm	Ag	= 2716 mm
b	= 1000 mm	Ix	= 82,4
tf	= 8 mm	Iy	= 22,2
tw	= 5,5 mm	rx	= 1840 mm
r	= 11 mm	ry	= 134 mm
h	= 100 mm		

(Tabel Profil Konstruksi Baja, hal 21)

- Periksa terhadap kelangsingan elemen penampang
- Kondisi tumpuan sendi – sendi, maka faktor tekuk k = 1

(tabel 7.6-1, SNI 03-1729-2002, hal 32)

$$\text{Flens } \lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{50}{2 \times 8} = 3,125$$

$$\lambda r = \frac{250}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14$$

$$\lambda < \lambda r$$

$$3,125 < 16,14 \text{ (penampang kompak)}$$

$$\text{Web } \lambda = \frac{h}{tw} = \frac{100}{5,5} = 18,18$$

$$\lambda = \frac{665}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda r = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,93$$

$$\lambda < \lambda r$$

$$18,18 < 42,93 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kelangsingan arah sumbu bahan (sumbu x)

$$\lambda_x = \frac{k l_x}{r_x} = \frac{k \cdot L}{r_x} = \frac{2 \cdot 5850}{1840} = 63,59$$

- Kelangsingan arah sumbu bebas bahan (sumbu y)

$$\lambda_y = \frac{k l_y}{r_y} = \frac{k \cdot L}{r_y} = \frac{2 \cdot 5850}{134} = 87,31$$

$\lambda y > \lambda r$ (*batang menekuk ke arah sumbu kuat*)

$$\lambda cy = \frac{\lambda y}{\pi} \times \sqrt{\frac{fy}{E}}$$

$$\lambda cy = \frac{87,31}{\pi} \times \sqrt{\frac{240}{200.000}} = 0,9632$$

- Karena $0,25 < \lambda cy < 1,2$ maka nilai ωy memenuhi rumus

(pasal 7.6.2, SNI 03-1729-2002, hal 27)

$$\omega y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda cy} = 0,9632$$

$$\omega y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,9632} = 1,498$$

(persamaan 7.6-5c, SNI 03-1729-2002, hal 27)

- Daya dukung komponen arah sumbu bahan (sumbu y)

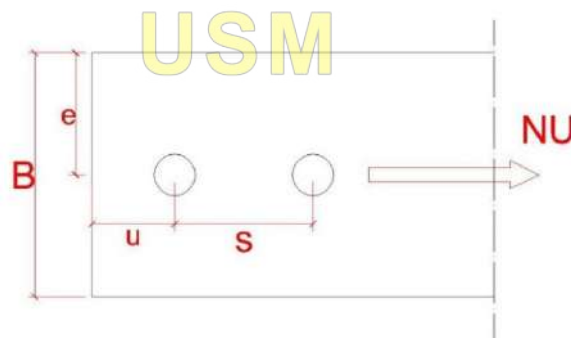
$$\phi Nn = Ag \times \frac{fy}{\omega y} = 2716 \times \frac{240}{1,498} = 435140,187 \text{ N} \rightarrow 43,514 \text{ ton}$$

(persamaan 7.6-3, SNI 03-1729-2002, hal 27)

$$\Phi Nn = 0,85 \times 9,067 = 7,707 \text{ ton}$$

$$\frac{Nu}{\Phi Nn} = \frac{0,0211}{43,514} = 0,0005 < 1 \dots (\text{OK})$$

Profil IWF 200 × 100 × 5,5 × 8 aman dan dapat digunakan



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4. 29 Pemodelan jarak baut

Spesifikasi baut yang digunakan :

Tipe baut : A 325

Diameter (db) : 16 mm

Fu : 825 MPa

Permukaan baut : tanpa ulir pada bidang geser

Diameter lubang baut (dl) = 16 + 1 = 17 mm

(Perencanaan Struktural Baja dengan Methode LRFD, hal 110)

Jarak antar baut

$$S > 3 db$$

$$3 db = 3 \times 16 = 48 mm$$

$$S < 15 tp$$

$$15 tp = 15 \times 10 = 150 mm$$

$$S < 100 mm$$

S diambil 50 mm

Jarak baut ke tepi pelat

$$S_{tepi} > 1,5 db$$

$$1,5 db = 1,5 \times 16 = 24 mm$$

$$S_{tepi} 12 tp$$

$$12 tp = 12 \times 10 = 120 mm$$

$$S < 150 mm$$

S_1 diambil 25 mm

(pasal 13.4.2 dan 13.4.3, SNI 03-1729-2002, hal 104)

Spesifikasi pelat buhul :

Profil IWF 200.100.5,5.8

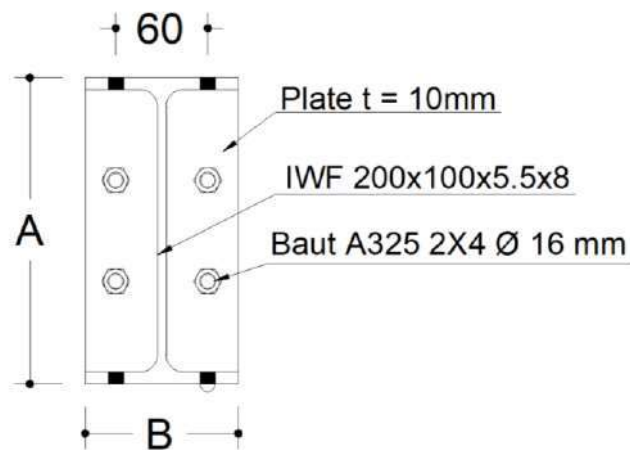
Tebal pelat = 10 mm

Mutu baja = BJ 37

Fy = 240 MPa

Fu = 370 Mpa





Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4. 30 Pemodelan Letak Baut

Luas Penampang netto profil IWF 200.100.5,5.8 (*Pasal 10.2.1, SNI 03-1729-2002,*

hal 71)

Potongan a-d

$$A_n = A_g - n \cdot d \cdot t$$

$$A_n = 2716 - 4 \times 17 \times 10 = 2036 \text{ mm}^2$$

Potongan a-b-c-d

$$85\% \quad A_n = A_g - n \cdot d \cdot t + \frac{s^2 t}{4u}$$

$$A_n = 2716 - 4 \times 17 \times 10 + \frac{60^2 \cdot 10}{4 \cdot 107}$$

$$= 2120,11 \text{ mm}^2$$

Jadi A_n yang digunakan = 2036 mm²

Karena tiap bagian profil tersambung maka distribusi tegangan terjadi secara merata pada bagian *flange* dan *web*, sehingga nilai U dapat diambil sama dengan 1,0.

- Kondisi leleh

$$\phi = 0,9$$

$$\phi N_n = \phi \times A_g \times f_y = 0,9 \times 2716 \times 240 = 586656 \text{ N} = 58,6656 \text{ ton}$$

(*Persamaan 10.1-2a, SNI 03-1729-2002, hal 70*)

- Kondisi fraktur

$$\phi = 0,75$$

$$A_e = U \times A_n = 1,0 \times 2036 = 2036 \text{ mm}^2$$

$$\phi N_n = \phi \times A_e \times f_u = 0,75 \times 2036 \times 370 = 564990 \text{ N}$$

$$= 56,499 \text{ ton}$$

(Persamaan 10.1-2b, SNI 03-1729-2002, hal 70)

Diambil nilai daya dukung batang tarik terkecil

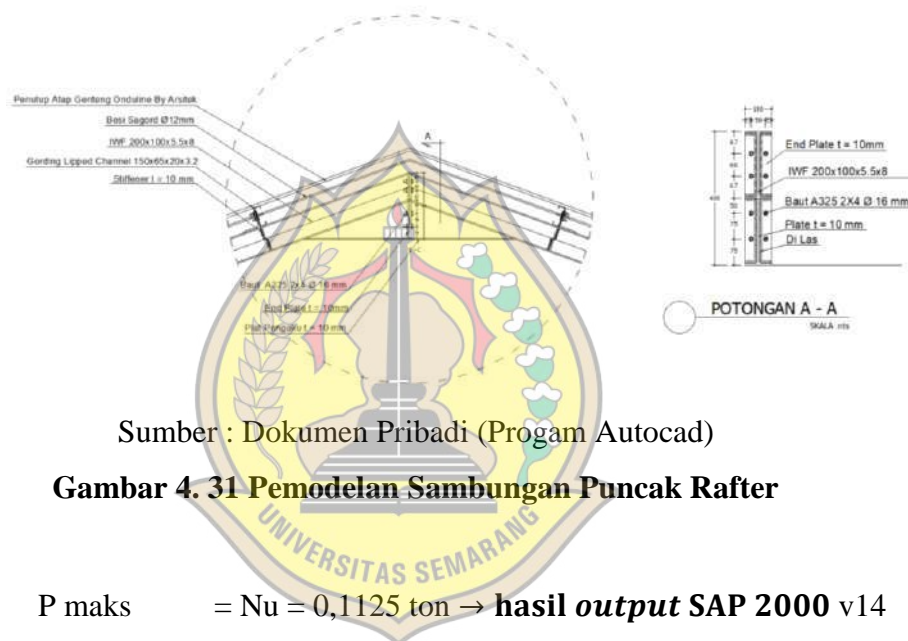
$$Nu < \phi Nn$$

$$0,1125 < 56,499 \text{ ton ... (OK)}$$

Profil 200.100.5,5.8 aman dan dapat digunakan

4.3.8.3 Perhitungan Sambungan

- Sambungan puncak rafter



Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 31 Pemodelan Sambungan Puncak Rafter

$$P \text{ maks} = Nu = 0,1125 \text{ ton} \rightarrow \text{hasil output SAP 2000 v14}$$

Spesifikasi baut yang digunakan :

- Tipe baut : A 325 - Fu : 60 Mpa

Diameter (*db*) : 16 mm Permukaan baut ulir pada bidang geser

(Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, hal 110)

Spesifikasi pelat buhul :

Tebal pelat : 10 mm

Mutu baja : Bj PS S400

f_y : 245 MPa

f_u : 400 Mpa

Tahanan geser baut :

Nilai r untuk baut tanpa ulir pada bidang geser = 0,5

$$\phi Vd = \phi \times r \times fub \times A$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 825 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) = 62172 \text{ N} = 6,217 \text{ ton}$$

(Persamaan 13.2-2, SNI 03-1729-2002, hal 100)

Tahanan tumpu baut :

f_u = nilai tegangan tarik putus terendah dari baut dan pelat buhul

$$\phi Rd = 2,4 \times db \times tp \times fu = 2,4 \times 16 \times 10 \times 400 = 142080 \text{ N} \\ = 14,208 \text{ ton}$$

(Persamaan 13.2-8, SNI 03-1729-2002, hal 101)

Diambil nilai terkecil dari tahanan geser baut dan tahanan tumpu baut

Jumlah baut yang dibutuhkan $\frac{Nu}{\phi Vd} = \frac{0,1125}{6,217} = 0,018$ dipakai = 2 baut

Jarak antar baut

$$S > 3 db$$

$$3 \times db = 3 \times 16 = 48 \text{ mm}$$

$$S < 15 tp$$

$$15 tp = 15 \times 10 = 150 \text{ mm}$$

$$S < 100 \text{ mm}$$

S diambil 50 mm

Jarak baut ke tepi pelat

$$S_{tepi} > 1,5 db$$

$$1,5 db = 1,5 \times 16 = 24 \text{ mm}$$

$$S_{tepi} 12 tp$$

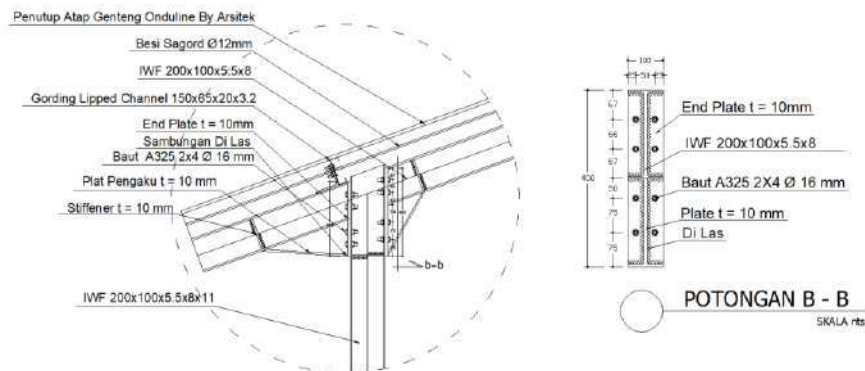
$$12 tp = 12 \times 10 = 120 \text{ mm}$$

$$S < 150 \text{ mm}$$

S1 diambil 25 mm

(Pasal 13.4.3 dan 12.4.3, SNI 03-1729-2002, hal 104)

- Sambungan Rafter dan Kolom



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4. 32 Pemodelan Sambungan Rafter dan Kolom

$P_{maks} = N_u = 0,1125 \text{ ton} \rightarrow$ *hasil output SAP 2000 v14*

Spesifikasi baut yang digunakan :

Tipe baut : A 325

Diameter (db) : 16 mm

f_u : 825 MPa

permukaan baut tanpa ulir pada bidang geser

(Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, hal 110)

Spesifikasi pelat buhul :

Nilai r untuk baut tanpa ulir pada bidang geser = 0,5

$$\phi V_d = \phi \times r \times f_{ub} \times A$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 825 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) = 62172 \text{ N} = 6,217 \text{ ton}$$

(Persamaan 13.2-2, SNI 03-1729-2002, hal 100)

Tahanan tumpu baut :

Nilai f_u = nilai tegangan tarik putus terendah dari baut dan pelat buhul

$$\phi R_d = 2,4 \times db \times t_p \times f_u = 2,4 \times 16 \times 10 \times 370 = 142080 \text{ N} = 14,208 \text{ ton}$$

(Persamaan 13.2-8, SNI 03-1729-2002, hal 101)

Diambil nilai terkecil dari tahanan geser baut dan tahanan tumpu baut

$$\text{Jumlah baut yang dibutuhkan } \frac{N_u}{\phi V_d} = \frac{0,1125}{6,217} = 0,018 \text{ dipakai} = 2 \text{ baut}$$

Jarak antar baut

$$S > 3 db$$

$$3 \times db = 3 \times 16 = 48 \text{ mm}$$

$$S < 15 tp$$

$$15 tp = 15 \times 10 = 150 \text{ mm}$$

$$S < 100 \text{ mm}$$

S diambil 50 mm

Jarak baut ke tepi pelat

$$S \text{ tepi} > 1,5 db$$

$$1,5 db = 1,5 \times 16 = 24 \text{ mm}$$

$$S \text{ tepi} 12 tp$$

$$12 tp = 12 \times 10 = 120 \text{ mm}$$

$$S < 150 \text{ mm}$$

S1 diambil 25 mm

(Pasal 13.4.3 dan 12.4.3, SNI 03-1729-2002, hal 104)

4.3.8.4 Perhitungan Plat Landas dan Baut Angkur

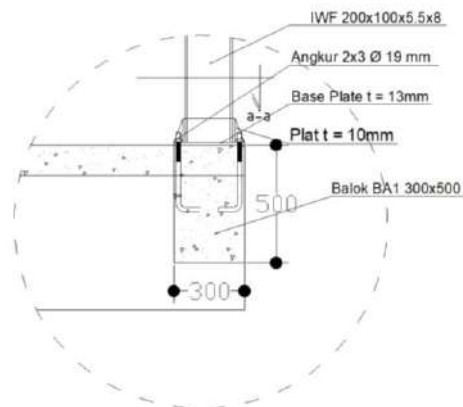
Tegangan tumpu pelat landas

Mutu beton $f_c' = 29 \text{ MPa}$

Digunakan tebal pelat = 13 mm

P vertikal pada tumpuan = 0,534 ton → *hasil output SAP* P

horizontal = 0,102 ton → *hasil output SAP*



Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4. 33 Pemodelan Plat Landasan

Spesifikasi yang digunakan :

Tipe baut : A 325

Diameter (db) : 16 mm

fu : 825 Mpa

Baut

Periksa terhadap geser baut

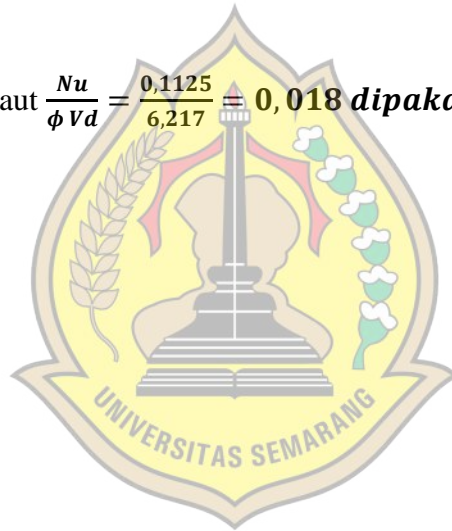
$$\phi Vd = \phi \times r \times fub \times A$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 825 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) = 62172 N = 6,217 ton$$

(Persamaan 13.2-2, SNI 03-1729-2002, hal 100)

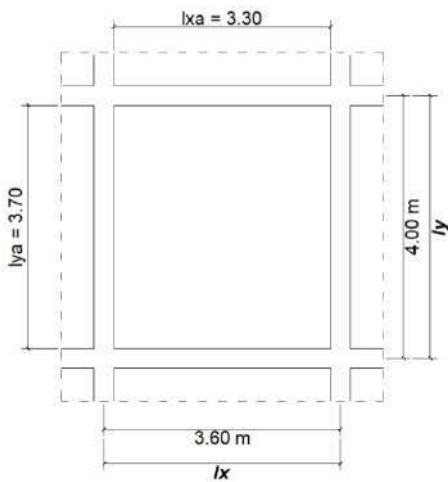
Jumlah baut

$$\text{Jumlah kebutuhan baut } \frac{Nu}{\phi Vd} = \frac{0,1125}{6,217} = 0,018 \text{ dipakai 2 baut}$$



USM

4.4 Perhitungan Tulangan Pelat Atap

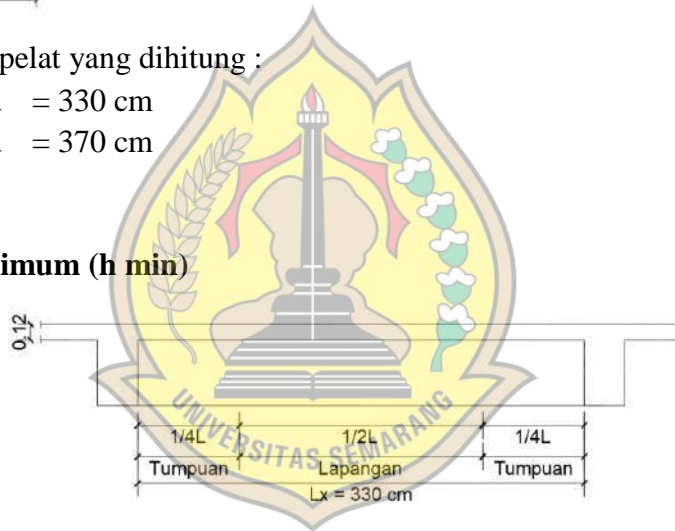


❖ Perhitungan pembebanan :

- Mutu Beton $F_c' = 29 \text{ Mpa}$
- Bj. Beton $= 2400 \text{ Kg/m}^3$
- Mutu Baja $F_y = 420 \text{ Mpa}$
- Lap. Pas. Lantai $= 4 \text{ cm}$
- Bj. Lantai $= 2000 \text{ Kg/m}^3$
- Lapisan Pasir $= 5 \text{ cm}$
- Bj. Pasir $= 1300 \text{ Kg/m}^3$
- Beban Plafond $= 18 \text{ Kg/m}^2$

- Ukuran pelat yang dihitung :
 - $L_{xa} = 330 \text{ cm}$
 - $L_{ya} = 370 \text{ cm}$

1) Tebal Pelat Minimum (h_{\min})



- (Melihat Tabel minimum pelat mendukung satu arah, $F_y = 420 \text{ Mpa}$, pelat menerus-menerus $= \frac{1}{28}$)
- $h_{\min} = \frac{1}{28} \times L_{xa} = \frac{1}{28} \times 330 \text{ cm} = 11,79 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$
Jadi $h_{\text{minimum}} = 12 \text{ cm}$

2) Menentukan Bentang Teoritis

- Bentang Pendek Teoritis $= l_{xa}$

$$l_{xa} = L_{xa} + \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \approx 330 \text{ cm} + \frac{12}{2} + \frac{12}{2}$$

$$= 342 \text{ cm} = 3,42 \text{ m}$$
- Bentang Panjang Teoritis $= l_{ya}$

$$l_{ya} = L_{ya} + \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \approx 370 \text{ cm} + \frac{12}{2} + \frac{12}{2}$$

$$= 382 \text{ cm} = 3,82 \text{ m}$$

3) Menentukan Beban yang bekerja

- Diambil contoh pelat lantai lebar = $b = 100 \text{ cm}$ (1 m) melajur ke arah bentang pendek (lx)

1) Beban Mati = WD

a) Berat Sendiri $= h \times b \times 1 \times B_j. \text{ Beton}$
 $= 0,12 \times 1 \times 1 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$

b) Lapisan Pasangan Lantai $= h \times b \times 1 \times B_j. \text{ Lantai}$
 $= 0,05 \times 1 \times 1 \times 2000 = 100 \text{ Kg/m}^2$

c) Beban Plafond + Peggantung $= 18 \text{ Kg/m}^2$

2) Beban Hidup = 250 Kg/m^2

3) Beban Total (W_u)

$$\begin{aligned} W_u &= (WD \times 1,2) + (WL \times 1,6) \\ &= (406 \times 1,2) + (250 \times 1,6) \\ &= 578,4 + 320 \\ &= 887,2 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

4) Menentukan Koefisien Momen Yang Dipakai

$$\frac{l_y a}{l_x a} = \frac{3,82}{3,42} = 1,17 < 2 \rightarrow \text{Penulangan Satu Arah}$$



- Dengan $\frac{l_y a}{l_x a} = 1,17$, maka didapat :

→ Dari Tabel didapat $\frac{l_y a}{l_x a} = 1,0$ dan $\frac{l_y a}{l_x a} = 1,2$

1,0	1,2
Koef $M_{lx} = 25$	Koef $M_{lx} = 34$
Koef $M_{ly} = 25$	Koef $M_{ly} = 22$
Koef $M_{tx} = 51$	Koef $M_{tx} = 63$
Koef $M_{ty} = 51$	Koef $M_{ty} = 54$

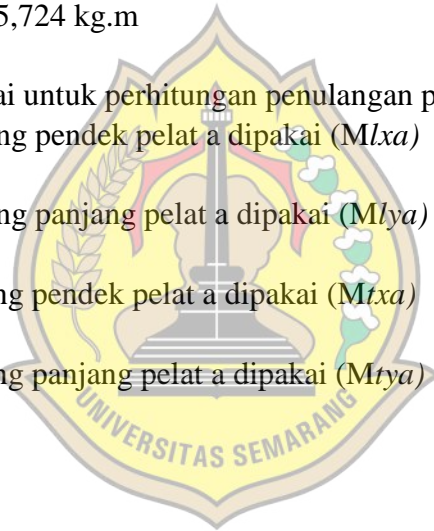
❖ Interpolasi untuk $\frac{l_y a}{l_x a} = 1,2$ dan $\frac{l_y a}{l_x a} = 1,4$

- Koef $M_{lx} = 25 + \frac{1,17-1,0}{1,2-1,0} \times (34-25) = 32,65$
- Koef $M_{ly} = 25 + \frac{1,17-1,0}{1,2-1,0} \times (22-25) = 22,45$
- Koef $M_{tx} = 51 + \frac{1,17-1,0}{1,2-1,0} \times (63-51) = 61,20$
- Koef $M_{ty} = 51 + \frac{1,17-1,0}{1,2-1,0} \times (54-51) = 53,55$

- M_{lxa} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{lxa})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 32,65)$
 = 375,413 kg.m
- M_{lya} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{lya})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 22,45)$
 = 258,133 kg.m
- M_{txa} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{txa})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 61,20)$
 = 703,685 kg.m
- M_{tya} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{tya})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 53,55)$
 = 615,724 kg.m

❖ Momen yang dipakai untuk perhitungan penulangan pelat a :

1. Lapangan bentang pendek pelat a dipakai (M_{lxa})
 = 3,754 KN.m
2. Lapangan bentang panjang pelat a dipakai (M_{lya})
 = 2,581 KN.m
3. Tumpuan bentang pendek pelat a dipakai (M_{txa})
 = 7,036 KN.m
4. Tumpuan bentang panjang pelat a dipakai (M_{tya})
 = 6.157 KN.m

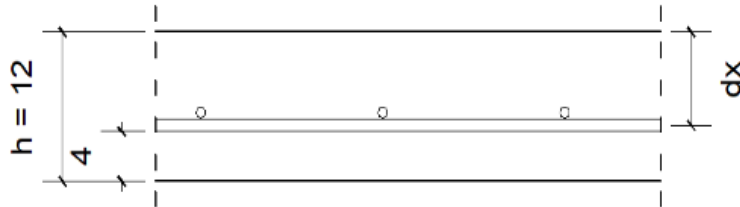


USM

5. Menentukan Luas Penampang Tulangan

❖ Lapangan Bentang Pendek Pelat A

- $M_{lxa} = 375,413 \text{ Kg. m} = 3,754 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 4 \text{ cm}$ (konstruksi yang langsung berhubungan dengan cuaca)



a) Tinggi efektif pelat :

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 12 - 4 - \frac{1}{2} \cdot 1 \\ &= 7,5 \text{ cm} = 0,075 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Ratio Tulangan = ρ

- Ditentukan $\phi = 1$, $F_c' = 30 \text{ Mpa}$, $F_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_{lxa}}{b \cdot d^2} = \frac{3,754}{1 \cdot 0,075^2} = 667,379$$

- Interpolasi :

Dari tabel didapat :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 600$$

$$\rho = 0,0025$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 700$$

$$\rho = 0,0030$$

$$\rho_{int} = 0,0025 + \frac{667,379 - 600}{700 - 600} \times (0,0030 - 0,0025)$$

$$= 0,0028$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0028 < 0,0484$$

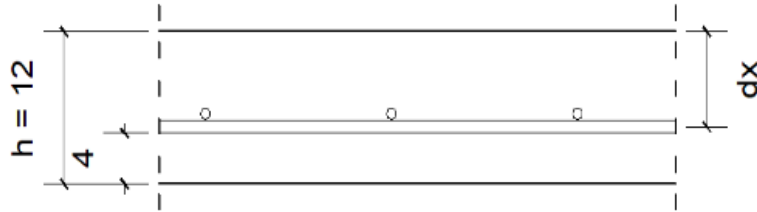
Karena $\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$ maka dipergunakan $\rho_{int} = 0,0028$

c) Luas Penampang Tulangan

$$\begin{aligned} A_{lx} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0028 \times 100 \times 7,5 \\ &= 2,125 \text{ cm}^2 = 212,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

❖ **Tumpuan Bentang Pendek Pelat A**

- $Mtxa = 703,685 \text{ Kg. m} = 7,036 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 4 \text{ cm}$ (konstruksi yang langsung berhubungan dengan cuaca)
- Tulangan menggunakan $\emptyset = 1$



a) **Tinggi efektif pelat :**

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 12 - 4 - \frac{1}{2} \cdot 1 \\ &= 7,5 \text{ cm} = 0,075 \text{ m} \end{aligned}$$

b) **Ratio Tulangan = ρ**

- Ditentukan $\emptyset = 1$, $Fc' = 30 \text{ Mpa}$, $Fy = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{Mtxa}{b \cdot d^2} = \frac{7,036}{1,0 \cdot 0,075^2} = \mathbf{1250,84}$$

- Interpolasi :

Dari tabel didapat :

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = 1200$$

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = 1300$$

$$\rho = 0,0051$$

$$\rho = 0,0055$$

$$\rho_{int} = 0,0055 + \frac{1250,84 - 1100}{1200 - 1100} \times (0,0051 - 0,0055)$$

$$= 0,0049$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0049 < 0,0404$$

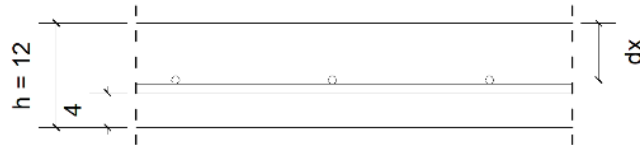
Karena $\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$ maka dipergunakan $\rho_{int} = 0,0049$

c) **Luas Penampang Tulangan**

$$\begin{aligned} Atx &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0049 \times 100 \times 7,5 \\ &= 3,68 \text{ cm}^2 = 368 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

❖ **Tumpuan Bentang Panjang Pelat A**

- $M_{tya} = 615,724 \text{ Kg. m} = 6.157 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 4 \text{ cm}$ (konstruksi yang langsung berhubungan dengan cuaca)
- Tulangan menggunakan $\emptyset = 1$



a) Tinggi efektif pelat :

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset - \emptyset \\ &= 12 - 4 - \frac{1}{2} 1 - 1 \\ &= 6.5 \text{ cm} = 0,065 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Ratio Tulangan = ρ

- Ditentukan $\emptyset = 1$, $F_c' = 30 \text{ Mpa}$, $F_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_{tya}}{b \cdot d^2} = \frac{6,157}{1,0 \cdot 0,065^2} = \mathbf{1457,278}$$

- Interpolasi :
Dari tabel didapat :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 1400$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 1500$$

$$\rho = 0,0063$$

$$\rho = 0,0067$$

$$\rho_{int} = 0,0063 + \frac{1457,278 - 1400}{1500 - 1400} \times (0,0067 - 0,0063)$$

$$= 0,0075$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0075 < 0,0484$$

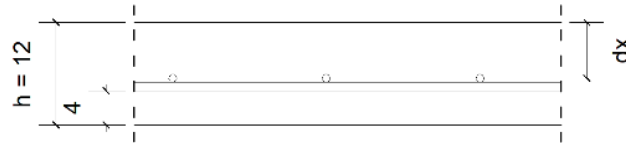
Karena $\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$ maka dipergunakan $\rho_{int} = 0,075$

c) Luas Penampang Tulangan

$$\begin{aligned} A_{ty} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0075 \times 100 \times 6,5 \\ &= 4,87 \text{ cm}^2 = 487 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

❖ **Lapangan Bentang Panjang Pelat A**

- $M_{lya} = 258,133 \text{ Kg. m} = 2,581 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 4 \text{ cm}$ (konstruksi yang langsung berhubungan dengan cuaca)
- Tulangan menggunakan $\emptyset = 1$



a) **Tinggi efektif pelat :**

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset - \emptyset \\ &= 11 - 4 - \frac{1}{2} 1 - 1 \\ &= 6,5 \text{ cm} = 0,065 \text{ m} \end{aligned}$$

b) **Ratio Tulangan = ρ**

- Ditentukan $\emptyset = 1$, $F_c' = 30 \text{ Mpa}$, $F_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_{lya}}{b \cdot d^2} = \frac{2.581}{1.0 \cdot 0,065^2} = \mathbf{610,888}$$

- Interpolasi :

Dari tabel didapat :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 600$$

$$\rho = 0,0025$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 700$$

$$\rho = 0,0029$$

$$\begin{aligned} \rho_{int} &= 0,0025 + \frac{610,888 - 600}{700 - 600} \times (0,0029 - 0,0025) \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0025 < 0,0484$$

Karena $\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$ maka dipergunakan $\rho_{int} = 0,0025$

c) **Luas Penampang Tulangan**

$$\begin{aligned} A_{ly} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0025 \times 100 \times 6,5 \\ &= 1.65 \text{ cm}^2 = 165 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

6. Pemilihan Tulangan

Syarat jarak pemasangan tulangan (S)

- Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} \leq S \leq S_{\text{Maks}} = 1,5 h$
- Tulangan Bagi $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} \leq S \leq 25 \text{ cm}$

1) Lapangan Bentang Pendek (Alx)

- ❖ $A_lx = 2,125 \text{ cm}^2$
 - Dengan $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_lx = 2,125 \text{ cm}^2$
- ❖ Kontrol Pemasangan
 - Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 < S_{\text{maks}} = 1,5h = 18$

2) Tumpuan Bentang Pendek (Atx)

- ❖ $A_{tx} = 3,68 \text{ cm}^2$
 - Tulangan Pokok $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_{tx} = 3,68 \text{ cm}^2$
 - Tulangan Bagi $\rightarrow A_{\text{tab}} = 20 \% \times A_{\text{tab}} = 0,2 \times 5,24 = 1,048 \text{ cm}^2$
 - Dipilih Tul. Bagi $\emptyset 8 - 25 \rightarrow A_{\text{tab}} = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{\text{tab}} = 1,048 \text{ cm}^2$
- ❖ Kontrol Pemasangan
 - Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 < S_{\text{maks}} = 1,5h = 18$
 - Tul. Bagi $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 25 \text{ cm} < S_{\text{maks}} = 25 \text{ cm}$

3) Tumpuan Bentang Panjang (Aty)

- ❖ $A_{ty} = 4,87 \text{ cm}^2$
 - Tulangan Pokok $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_{ty} = 4,87 \text{ cm}^2$
 - Tulangan Bagi $\rightarrow A_{\text{tab}} = 20 \% \times A_{\text{tab}} = 0,2 \times 5,24 = 1,048 \text{ cm}^2$
 - Dipilih Tul. Bagi $\emptyset 8 - 25 \rightarrow A_{\text{tab}} = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{\text{tab}} = 1,048 \text{ cm}^2$
- ❖ Kontrol Pemasangan
 - Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\text{maks}} = 18$
 - Tul. Bagi $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 25 \text{ cm} < S_{\text{maks}} = 25 \text{ cm}$

4) Lapangan Bentang Panjang (Alx)

- ❖ $A_{ly} = 1,65 \text{ cm}^2$
 - Dengan $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_{lx} = 1,65 \text{ cm}^2$
- ❖ Kontrol Pemasangan
 - Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 < S_{\text{maks}} = 1,5h = 18$

➤ **RESUME**

Karena tulangan satu arah maka tulangan tumpuan hanya ada pada bentang pendek, berikut adalah tulangan yang dipakai :

1) Lapangan Bentang Pendek (A_{lx})

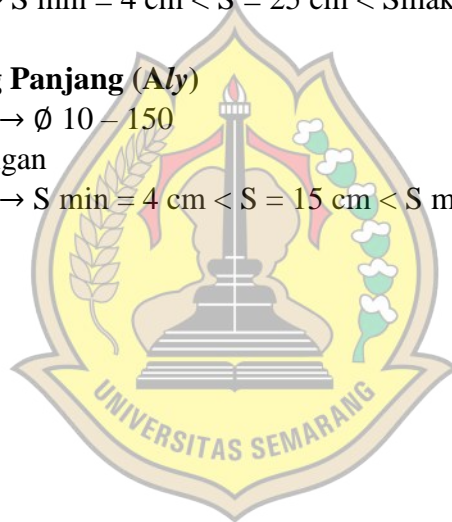
- Tulangan Pokok → \emptyset 10 – 150
- ❖ Kontrol Pemasangan
- Tulangan Pokok → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\max} = 1,5 h = 18 \text{ cm}$

2) Tumpuan Bentang Pendek (A_{tx})

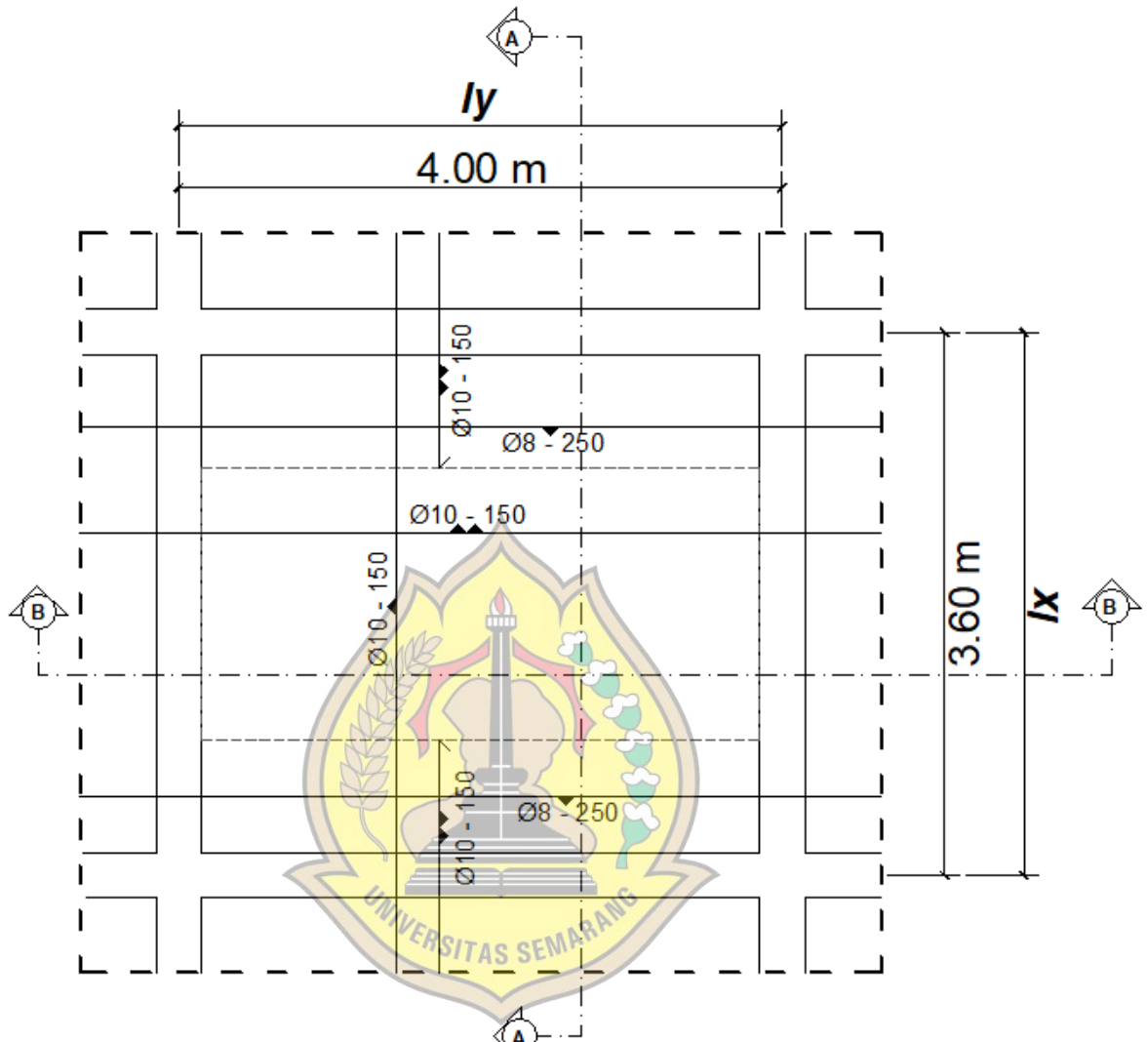
- Tulangan Pokok → \emptyset 10 – 150
- Tulangan Bagi → \emptyset 8 – 250
- ❖ Kontrol Pemasangan
- Tulangan Pokok → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\max} = 18 \text{ cm}$
- Tulangan Bagi → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 25 \text{ cm} < S_{\max} = 25 \text{ cm}$

3) Lapangan Bentang Panjang (A_{ly})

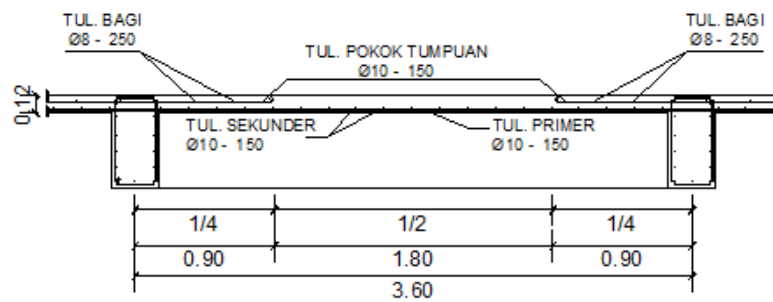
- Tulangan Pokok → \emptyset 10 – 150
- ❖ Kontrol Pemasangan
- Tulangan Pokok → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\max} = 18 \text{ cm}$



USM



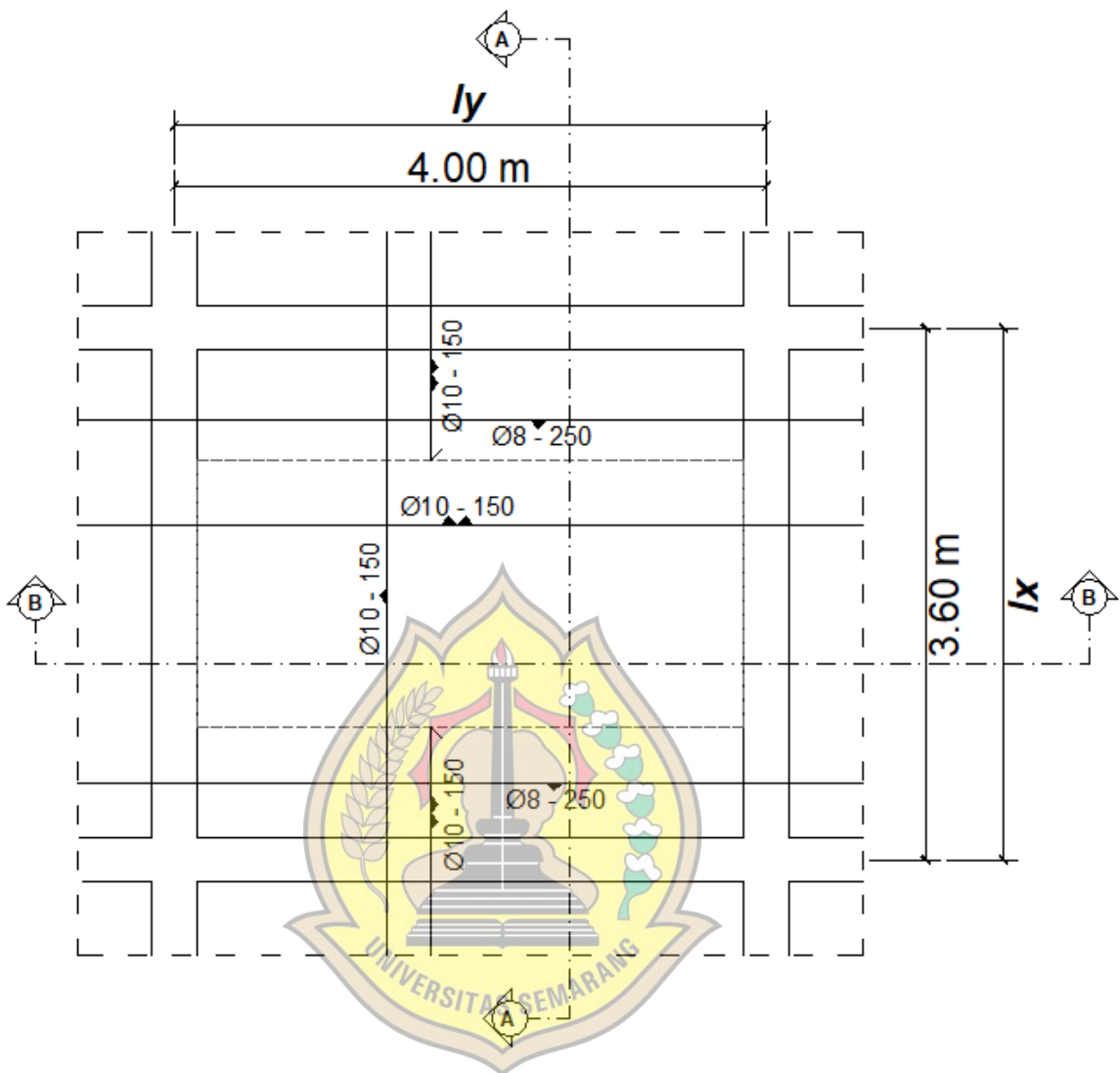
Denah penulangan plat atap
Skala 1: nts



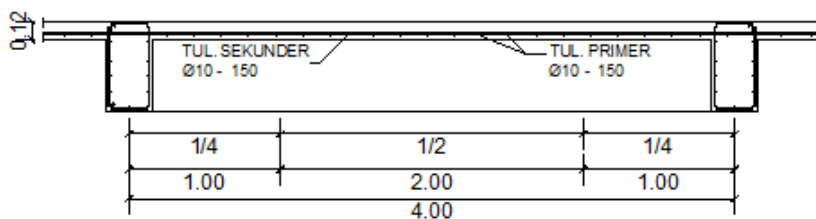
Potongan A-A
Skala 1: nts

Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4.32 Detail Pelat Atap (1)



Denah penulangan plat atap
Skala 1:nts

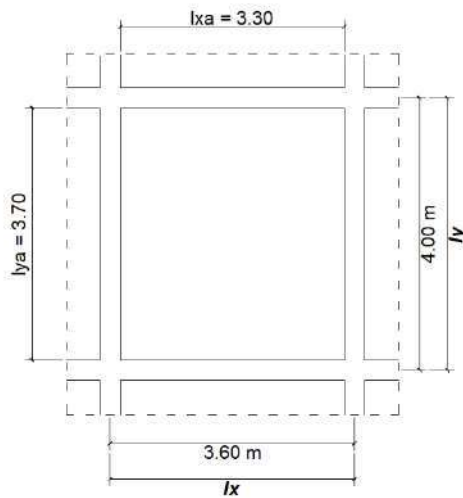


Potongan B-B
Skala 1:nts

Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4.33 Potongan Pelat Atap (2)

4.5 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai



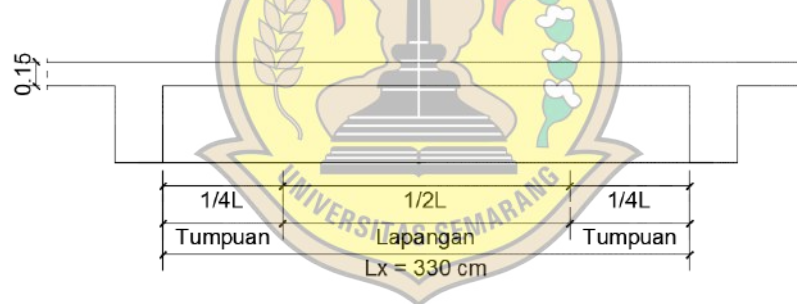
❖ Perhitungan pembebanan :

- Mutu Beton F_c' = 29 Mpa
- Bj. Beton = 2400 Kg/m^3
- Mutu Baja F_y = 420 Mpa
- Lap. Pas. Lantai = 4 cm
- Bj. Lantai = 2000 Kg/m^3
- Lapisan Pasir = 5 cm
- Bj. Pasir = 1300 Kg/m^3
- Beban Plafond = 18 Kg/m^2

- Ukuran pelat yang dihitung :

- $L_{xa} = 330$ cm
- $L_{ya} = 370$ cm

1) Tebal Pelat Minimum (h_{min})



- (Melihat Tabel minimum pelat mendukung satu arah, $F_y = 420$ Mpa, pelat menerus-menerus = $\frac{1}{28}$)
- $h_{min} = \frac{1}{28} \times L_{xa} = \frac{1}{28} \times 330 \text{ cm} = 11,79 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$
Jadi $h_{minimum} = 12 \text{ cm}$

2) Menentukan Bentang Teoritis

- Bentang Pendek Teoritis = l_{xa}
$$l_{xa} = L_{xa} + \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \approx 330 \text{ cm} + \frac{15}{2} + \frac{15}{2}$$
$$= 345 \text{ cm} = 3,45 \text{ m}$$
- Bentang Panjang Teoritis = l_{ya}
$$l_{ya} = L_{ya} + \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \approx 370 \text{ cm} + \frac{15}{2} + \frac{15}{2}$$
$$= 385 \text{ cm} = 3,85 \text{ m}$$

3) Menentukan Beban yang bekerja

- Diambil contoh pelat lantai lebar = $b = 100 \text{ cm}$ (1 m) melajur ke arah bentang pendek (lx)

1) Beban Mati = WD

a) Berat Sendiri $= h \times b \times 1 \times B_j. \text{ Beton}$
 $= 0,12 \times 1 \times 1 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$

b) Lapisan Pasangan Lantai $= h \times b \times 1 \times B_j. \text{ Lantai}$
 $= 0,05 \times 1 \times 1 \times 2000 = 100 \text{ Kg/m}^2$

c) Beban Plafond + Penggantung $= 18 \text{ Kg/m}^2$

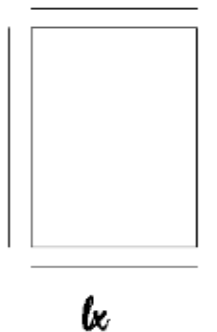
2) Beban Hidup = 250 Kg/m^2

3) Beban Total (W_u)

$$\begin{aligned} W_u &= (WD \times 1,2) + (WL \times 1,6) \\ &= (406 \times 1,2) + (250 \times 1,6) \\ &= 578,4 + 320 \\ &= 887,2 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

4) Menentukan Koefisien Momen Yang Dipakai

$$\frac{ly_a}{lx_a} = \frac{3,85}{3,45} = 1,12 < 2 \rightarrow \text{Penulangan Satu Arah}$$



- Dengan $\frac{ly_a}{lx_a} = 1,12$, maka didapat :

→ Dari Tabel didapat $\frac{ly_a}{lx_a} = 1,0$ dan $\frac{ly_a}{lx_a} = 1,2$

	1,0	1,2
Koef M_{lx}	= 25	= 34
Koef M_{ly}	= 25	= 22
Koef M_{tx}	= 51	= 63
Koef M_{ty}	= 51	= 54

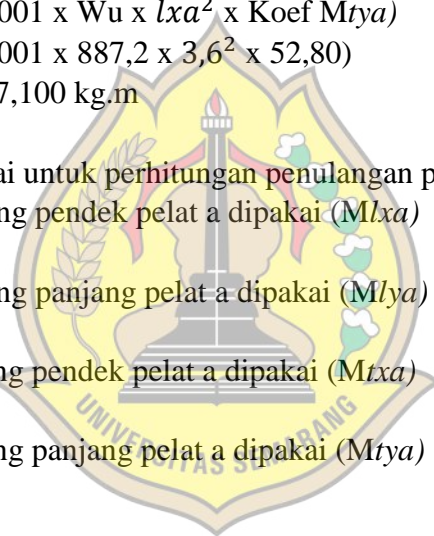
❖ Interpolasi untuk $\frac{ly_a}{lx_a} = 1,2$ dan $\frac{ly_a}{lx_a} = 1,4$

- Koef $M_{lx} = 25 + \frac{1,12-1,0}{1,2-1,0} \times (34-25) = 30,40$
- Koef $M_{ly} = 25 + \frac{1,12-1,0}{1,2-1,0} \times (22-25) = 23,20$
- Koef $M_{tx} = 51 + \frac{1,12-1,0}{1,2-1,0} \times (63-51) = 58,20$

- Koef M_{ty} = $51 + \frac{1,12-1,0}{1,2-1,0} \times (54-51) = 52,80$
- M_{lxa} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{lxa})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 30,40)$
 = 349,543 kg.m
- M_{lya} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{lya})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 23,20)$
 = 266,756 kg.m
- M_{txa} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{txa})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 58,20)$
 = 669,190 kg.m
- M_{tya} = $(0,001 \times W_u \times lxa^2 \times \text{Koef } M_{tya})$
 = $(0,001 \times 887,2 \times 3,6^2 \times 52,80)$
 = 607,100 kg.m

❖ Momen yang dipakai untuk perhitungan penulangan pelat a :

- 1.) Lapangan bentang pendek pelat a dipakai (M_{lxa})
 = 3,495 KN.m
- 2.) Lapangan bentang panjang pelat a dipakai (M_{lya})
 = 2,668 KN.m
- 3.) Tumpuan bentang pendek pelat a dipakai (M_{txa})
 = 6,692 KN.m
- 4.) Tumpuan bentang panjang pelat a dipakai (M_{tya})
 = 6.071 KN.m

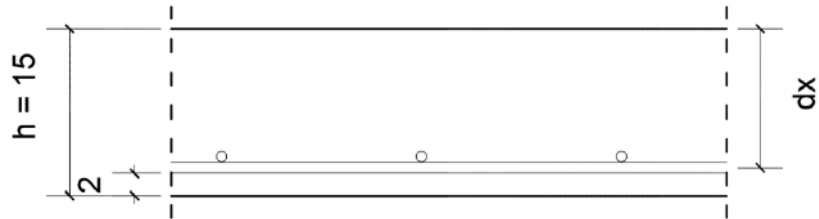


USM

5.) Menentukan Luas Penampang Tulangan

❖ Lapangan Bentang Pendek Pelat A

- $M_{lxa} = 349,543 \text{ Kg. m} = 3,495 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 2 \text{ cm}$ (konstruksi yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca)



a) Tinggi efektif pelat :

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 15 - 2 - \frac{1}{2} \cdot 1 \\ &= 12,5 \text{ cm} = 0,125 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Ratio Tulangan = ρ

- Ditentukan $\phi = 1$, $F_{c'} = 30 \text{ Mpa}$, $F_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_{lxa}}{b \cdot d^2} = \frac{3,495}{1,0 \cdot 125^2} = 223,68$$

- Interpolasi :

Dari tabel didapat :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 200$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 300$$

$$\rho = 0,0009$$

$$\rho = 0,0013$$

$$\rho_{int} = 0,0009 + \frac{223,68 - 200}{300 - 200} \times (0,0013 - 0,0009)$$

$$= 0,0014$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0014 < 0,0484$$

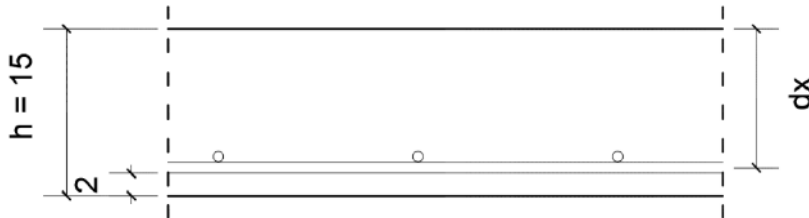
Karena $\rho_{min} > \rho_{int}$, maka dipergunakan $\rho_{min} = 0,0025$

c) Luas Penampang Tulangan

$$\begin{aligned} A_{lx} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0025 \times 100 \times 12,5 \\ &= 3,125 \text{ cm}^2 = 312,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

❖ **Tumpuan Bentang Pendek Pelat A**

- $M_{txa} = 669,190 \text{ Kg. m} = 6,692 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 2 \text{ cm}$ (konstruksi yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca)
- Tulangan menggunakan $\emptyset = 1$



a) **Tinggi efektif pelat :**

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 15 - 2 - \frac{1}{2} \cdot 1 \\ &= 12,5 \text{ cm} = 0,125 \text{ m} \end{aligned}$$

b) **Ratio Tulangan = ρ**

- Ditentukan $\emptyset = 1$, $F_c' = 30 \text{ Mpa}$, $F_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_{txa}}{b \cdot d^2} = \frac{6,692}{1,0 \cdot 125^2} = 428,288$$

- Interpolasi :

Dari tabel didapat :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 400$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 500$$

$$\rho = 0,0017$$

$$\rho = 0,0021$$

$$\begin{aligned} \rho_{int} &= 0,0017 + \frac{428,288 - 400}{500 - 400} \times (0,0021 - 0,0017) \\ &= 0,0018 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0018 < 0,0404$$

Karena $\rho_{min} > \rho_{int}$, maka dipergunakan $\rho_{min} = 0,0025$

c) **Luas Penampang Tulangan**

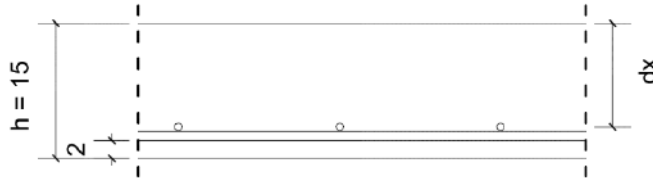
$$A_{tx} = \rho \times b \times dx$$

$$= 0,0025 \times 100 \times 12,5$$

$$= 3,125 \text{ cm}^2 = 312,5 \text{ mm}^2$$

❖ **Tumpuan Bentang Panjang Pelat A**

- $M_{tya} = 607,100 \text{ Kg. m} = 6,071 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 2 \text{ cm}$ (konstruksi yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca)
- Tulangan menggunakan $\emptyset = 1$



a) **Tinggi efektif pelat :**

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset - \emptyset \\ &= 15 - 2 - \frac{1}{2} 1 - 1 \\ &= 11.5 \text{ cm} = 0,115 \text{ m} \end{aligned}$$

b) **Ratio Tulangan = ρ**

- Ditentukan $\emptyset = 1$, $F_c' = 30 \text{ Mpa}$, $F_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_{tya}}{b \cdot d^2} = \frac{6,071}{1.0 \cdot 115^2} = \mathbf{459,055}$$

- Interpolasi :

Dari tabel didapat :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 400$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 500$$

$$\rho = 0,0017$$

$$\rho = 0,0021$$

$$\begin{aligned} \rho_{int} &= 0,0017 + \frac{459,055 - 400}{500 - 400} \times (0,0021 - 0,0017) \\ &= 0,0019 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0019 < 0,0484$$

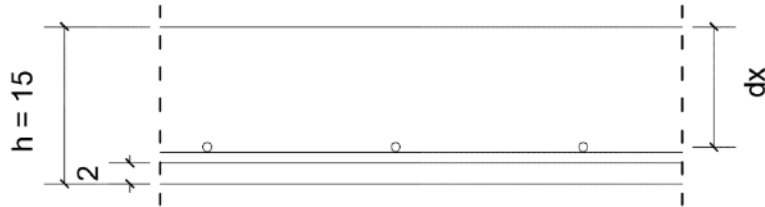
Karena $\rho_{min} > \rho_{int}$, maka dipergunakan $\rho_{min} = 0,0025$

c) **Luas Penampang Tulangan**

$$\begin{aligned} A_{ty} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0025 \times 100 \times 11,5 \\ &= 2,875 \text{ cm}^2 = 288,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

❖ **Lapangan Bentang Panjang Pelat A**

- $M_{lya} = 266,756 \text{ Kg. m} = 2,668 \text{ KN.m}$
- Ditentukan tebal penutup beton $p = 2 \text{ cm}$ (konstruksi yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca)
- Tulangan menggunakan $\emptyset = 1$



a) **Tinggi efektif pelat :**

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset - \emptyset \\ &= 15 - 2 - \frac{1}{2} \cdot 1 - 1 \\ &= 11,5 \text{ cm} = 0,115 \text{ m} \end{aligned}$$

b) **Ratio Tulangan = ρ**

- Ditentukan $\emptyset = 1$, $F_c' = 30 \text{ Mpa}$, $F_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \frac{M_{lya}}{b \cdot d^2} = \frac{2.668}{1.0 \cdot 0,115^2} = \mathbf{201,739}$$

- Interpolasi :

Dari tabel didapat :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 200$$

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 300$$

$$\begin{aligned} \rho &= 0,0009 \\ \rho &= 0,0013 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{int} &= 0,0009 + \frac{201,739 - 200}{300 - 200} \times (0,0013 - 0,0009) \\ &= 0,0011 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho_{int} < \rho_{maks}$$

$$0,0025 < 0,0011 < 0,0484$$

Karena $\rho_{min} > \rho_{int}$, maka dipergunakan $\rho_{min} = 0,0025$

c) **Luas Penampang Tulangan**

$$\begin{aligned} A_{ly} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0025 \times 100 \times 11,5 \\ &= 2,875 \text{ cm}^2 = 287,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

7. Pemilihan Tulangan

Syarat jarak pemasangan tulangan (S)

- Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} \leq S \leq S_{\text{Maks}} = 1,5 h$
- Tulangan Bagi $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} \leq S \leq 25 \text{ cm}$

1) Lapangan Bentang Pendek ($A_l x$)

❖ $A_l x = 3,125 \text{ cm}^2$

- Dengan $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_l x = 3,125 \text{ cm}^2$

❖ Kontrol Pemasangan

- Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 < S_{\text{maks}} = 1,5h = 22,5$

2) Tumpuan Bentang Pendek ($A_t x$)

❖ $A_t x = 3,125 \text{ cm}^2$

- Tulangan Pokok $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_t x = 3,125 \text{ cm}^2$

- Tulangan Bagi $\rightarrow A_{\text{tab}} = 20 \% \times A_{\text{tab}} = 0,2 \times 5,24$
 $= 1,048 \text{ cm}^2$

- Dipilih Tul. Bagi $\emptyset 8 - 25 \rightarrow A_{\text{tab}} = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{\text{tab}} = 1,048 \text{ cm}^2$

❖ Kontrol Pemasangan

- Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 < S_{\text{maks}} = 1,5h = 22,5$

- Tul. Bagi $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 25 \text{ cm} < S_{\text{maks}} = 25 \text{ cm}$

3) Tumpuan Bentang Panjang ($A_t y$)

❖ $A_t y = 2,875 \text{ cm}^2$

- Tulangan Pokok $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_t x = 2,875 \text{ cm}^2$

- Tulangan Bagi $\rightarrow A_{\text{tab}} = 20 \% \times A_{\text{tab}} = 0,2 \times 5,24$
 $= 1,048 \text{ cm}^2$

- Dipilih Tul. Bagi $\emptyset 8 - 25 \rightarrow A_{\text{tab}} = 2,01 \text{ cm}^2 > A_{\text{tab}} = 1,048 \text{ cm}^2$

❖ Kontrol Pemasangan

- Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\text{maks}} = 22,5$

- Tul. Bagi $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 25 \text{ cm} < S_{\text{maks}} = 25 \text{ cm}$

4) Lapangan Bentang Panjang ($A_l y$)

❖ $A_l y = 2,875 \text{ cm}^2$

- Dengan $\emptyset 10 - 15 \rightarrow A_{\text{tab}} \rightarrow 5,24 \text{ cm}^2 > A_l x = 2,875 \text{ cm}^2$

❖ Kontrol Pemasangan

- Tulangan Pokok $\rightarrow S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 < S_{\text{maks}} = 1,5h = 22,5$

➤ **RESUME**

Karena tulangan satu arah maka tulangan tumpuan hanya ada pada bentang pendek, berikut adalah tulangan yang dipakai :

a) Lapangan Bentang Pendek (A_{lx})

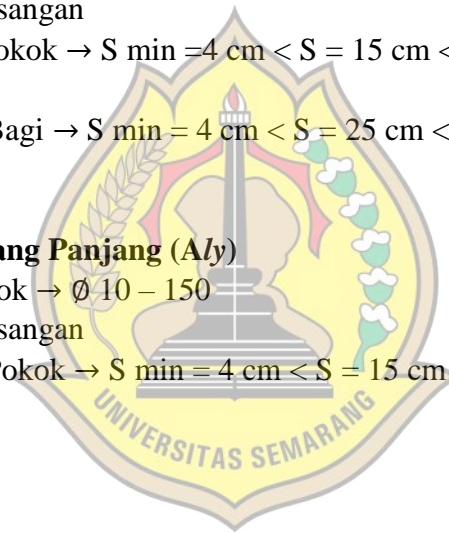
- Tulangan Pokok → \emptyset 10 – 150
- ❖ Kontrol Pemasangan
 - Tulangan Pokok → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\max} = 1,5 h = 22,5 \text{ cm}$

b) Tumpuan Bentang Pendek (A_{tx})

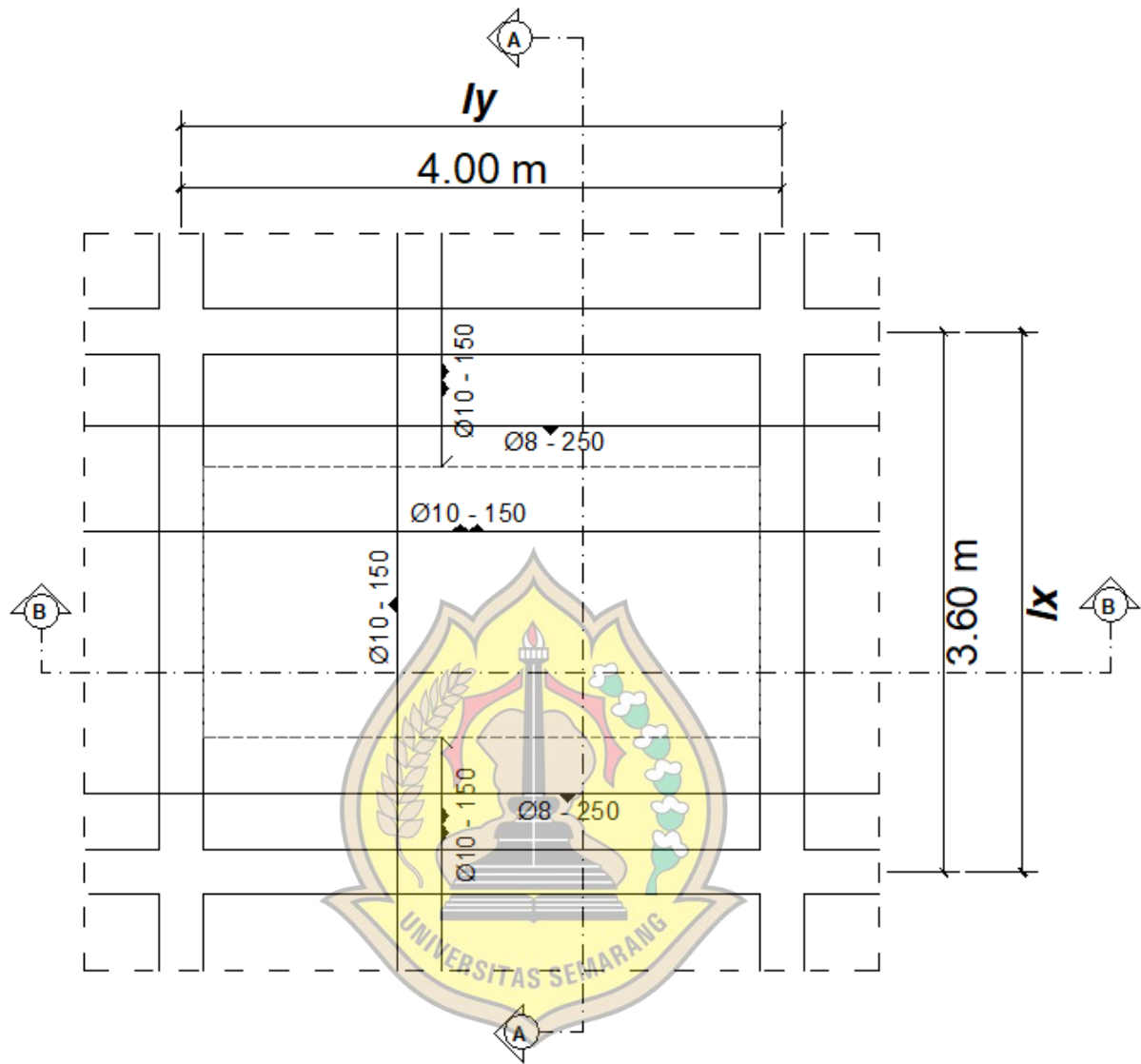
- Tulangan Pokok → \emptyset 10 – 150
- Tulangan Bagi → \emptyset 8 – 250
- ❖ Kontrol Pemasangan
 - Tulangan Pokok → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\max} = 22,5 \text{ cm}$
 - Tulangan Bagi → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 25 \text{ cm} < S_{\max} = 25 \text{ cm}$

c) Lapangan Bentang Panjang (A_{ly})

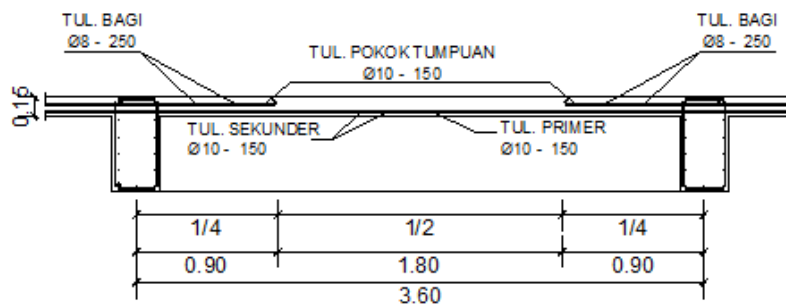
- Tulangan Pokok → \emptyset 10 – 150
- ❖ Kontrol Pemasangan
 - Tulangan Pokok → $S_{\min} = 4 \text{ cm} < S = 15 \text{ cm} < S_{\max} = 22,5 \text{ cm}$



USM



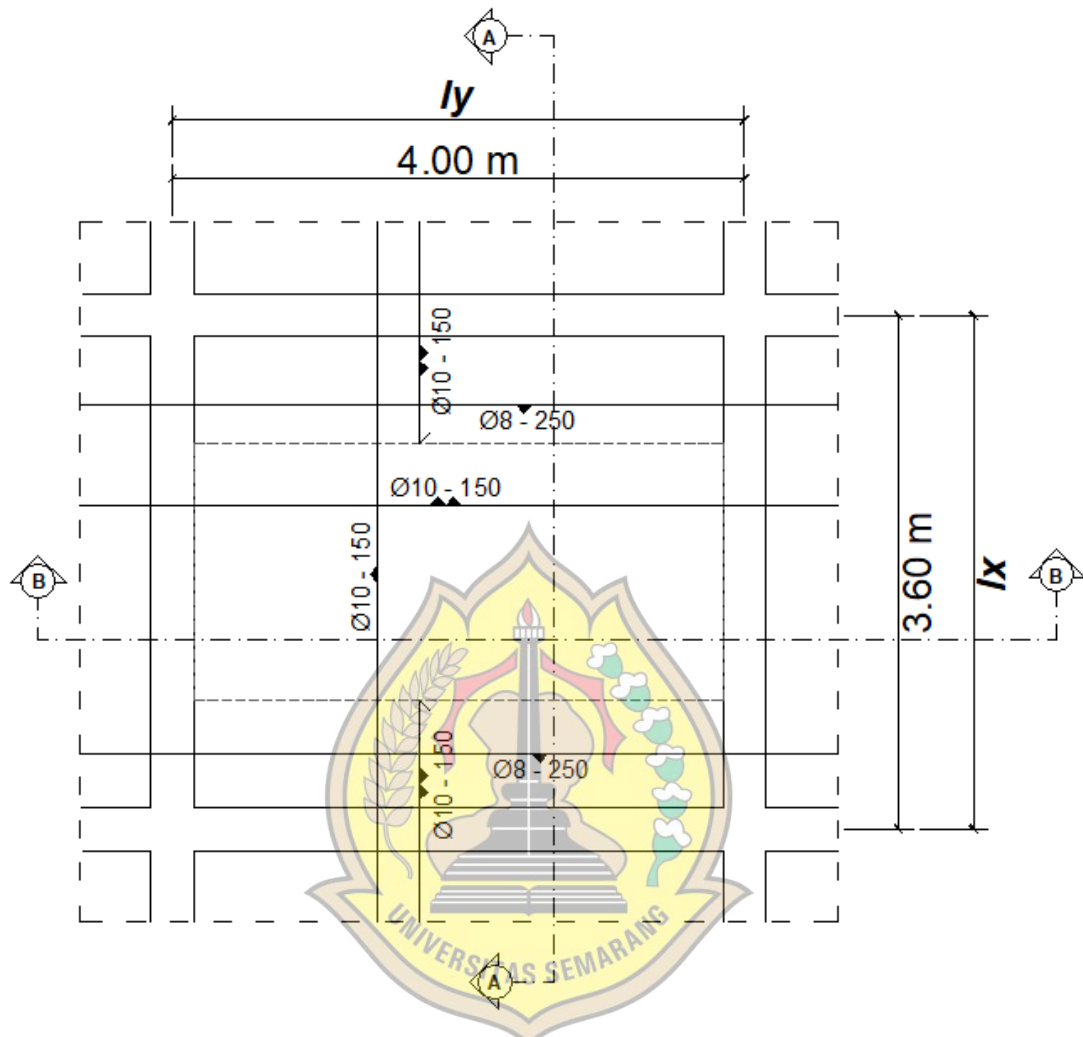
Denah penulangan plat lantai
Skala 1: nts



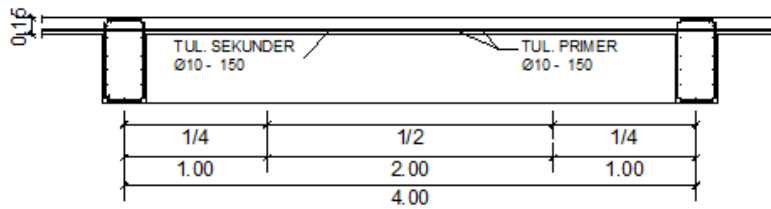
Potongan A-A
Skala 1: nts

Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4.34 Detail Pelat Lantai (1)



Denah penulangan plat lantai
Skala 1: nts

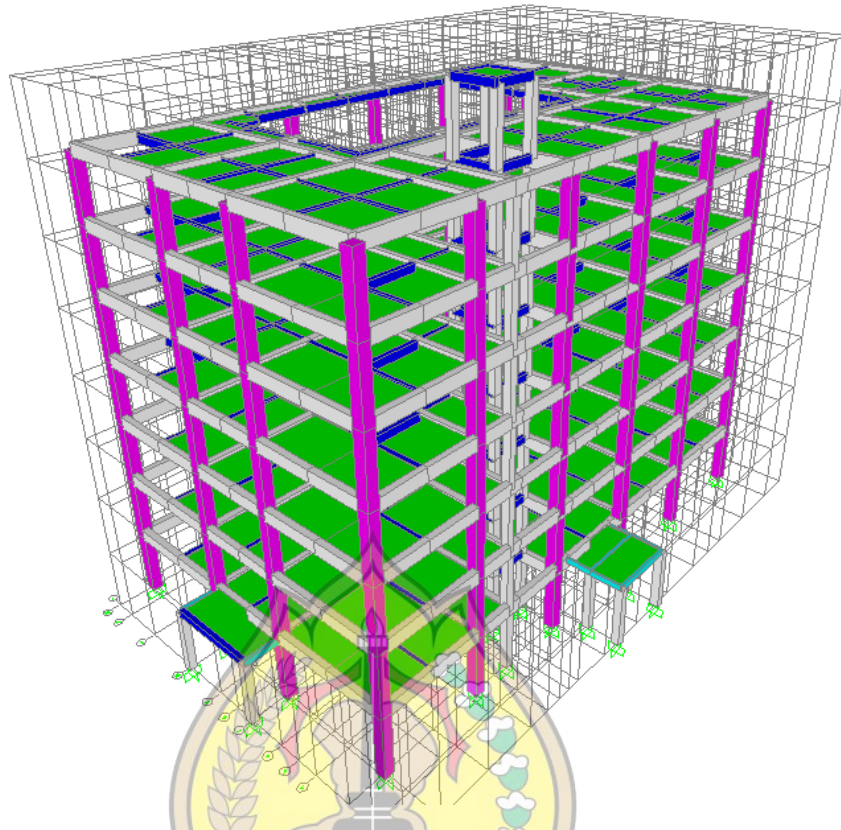


Potongan B-B
Skala 1: nts

Sumber : Dokumen Pribadi (Progam Autocad)

Gambar 4.35 Potongan Pelat Lantai (2)

4.6 Perhitungan Struktur Portal Balok Dan Kolom



Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

Gambar 4. 34 Perspektif Rangka Portal Struktur Beton

4.6.1 Data Teknis Portal

1. Material beton

Berat per unit volume = 2400 Kg/m³

f.c (kolom) = 30 Mpa

Modulus elastisitas = 25743 Mpa

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \rightarrow 4700\sqrt{30} = 25743 \text{ Mpa}$$

(SNI -03 -2847 -2002, pasal 10.5(1), hal 54)

f.c (balok) = 30 Mpa

Modulus elastisitas = 25743 Mpa

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \rightarrow 4700\sqrt{25} = 25743 \text{ Mpa}$$

(SNI -03 -2847 -2002, pasal 10.5(1), hal 54)

2. Material tulangan (*Menurut SNI 2052-2017, hal 9*)

Besi ulir, BJTS 420
Fy = 420 Mpa
Fu = 525 Mpa

Besi polos, BJTP280
Fy = 280 Mpa
Fu = 350 Mpa

Berat per unit volume = 7850 kg/m³

Modulus elastisitas = 200.000 Mpa

4.6.2 Menentukan Syarat Batas dan Panjang Bentang

Balok dianggap ditumpu bebas pada kedua tepinya, dengan panjang bentang 800 cm.

4.6.3 Menentukan Dimensi

1. Pada perencanaan dimensi balok menggunakan acuan dengan asumsi awal, 1/10 dari jarak antar kolom.

B1 = 40 × 80 cm

B2 = 30 × 50 cm

B3 = 20 × 40 cm

2. Pada perencanaan dimensi kolom dengan menyesuaikan beban yang terjadi dengan asumsi awal.

K1A = 70 × 70 cm

K1B = 50 × 50 cm

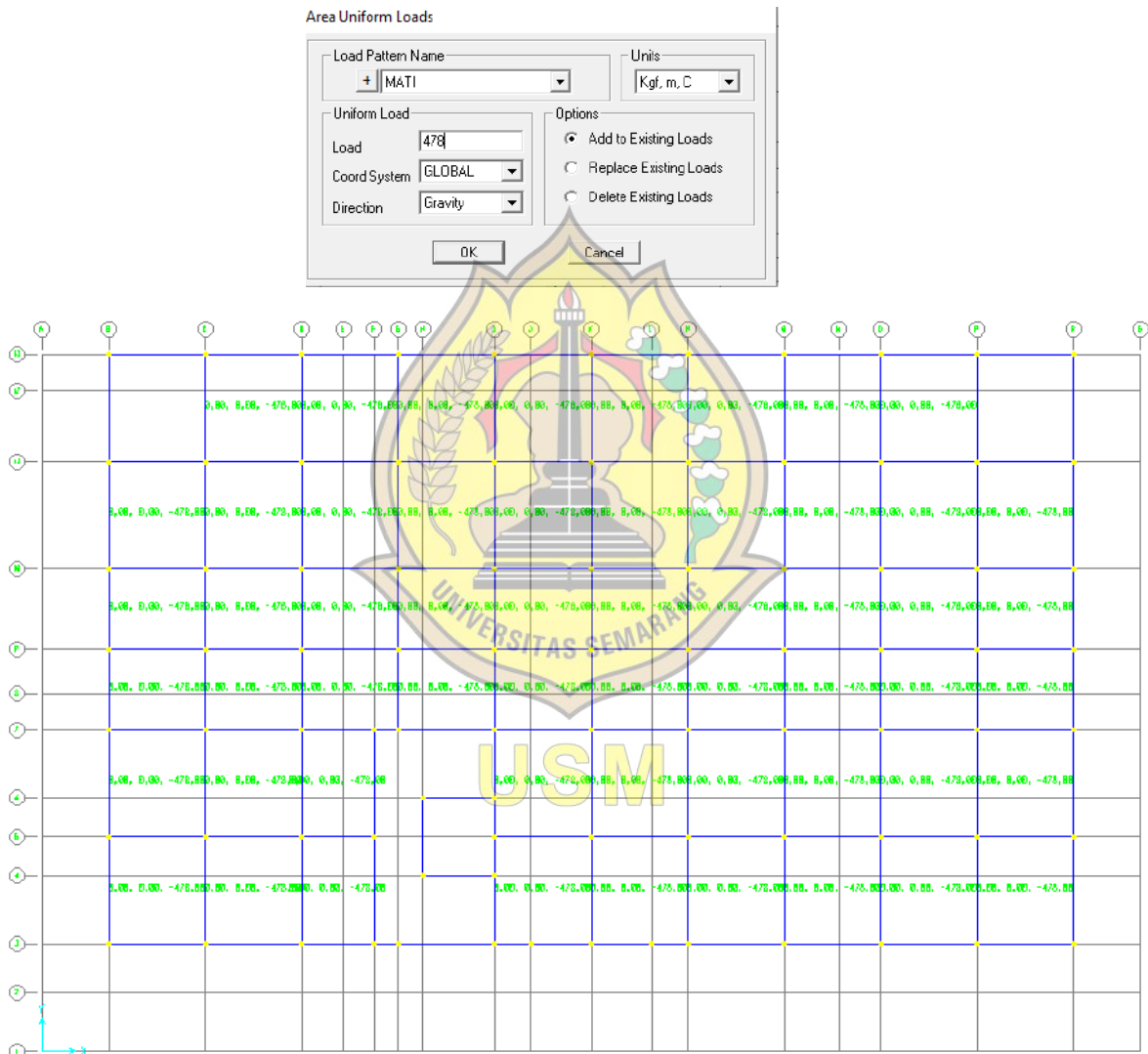
4.6.4 Pembebanan Portal

Sesuai dengan Peraturan Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987), ada empat pembebanan yang ditinjau dalam portal, yaitu beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa. Sesuai dengan kegunaannya, diperoleh beban sebagai berikut :

4.6.4.1 Beban pada Pelat Lantai & Pelat Atap

1. Beban mati (W_D) Pelat Lantai

Berat plat lantai	= $2400 \times 0,15$	= 360 kg/m ³
Berat pasangan lantai	= $0,05 \times 1 \times 1 \times 2000$	= 100 kg/m ³
Berat plafond		= 18 kg/m ²
Total pembebanan (W_D)		= 478 kg/m ²

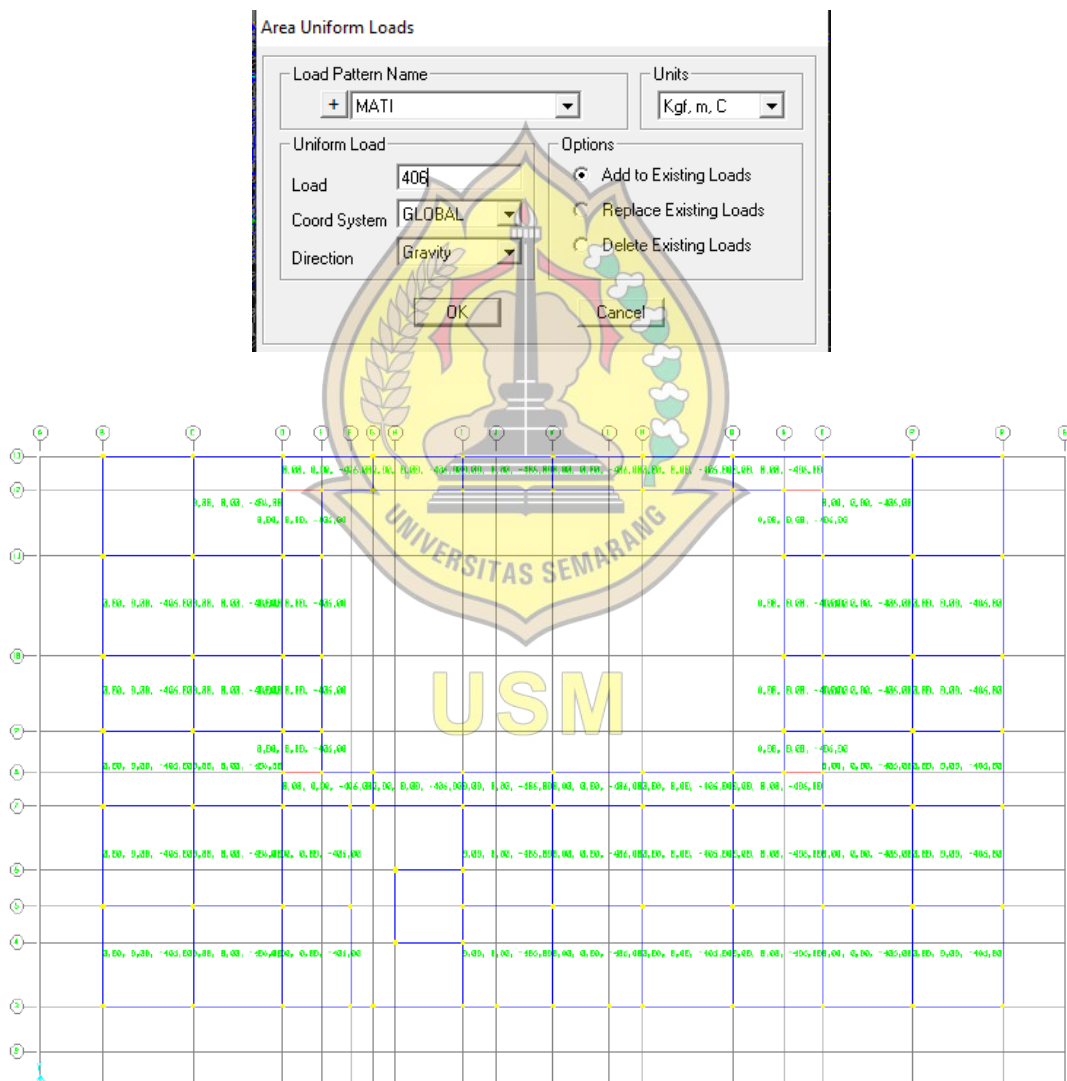


Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

Gambar 4. 35 Beban Mati Pelat Lantai

2. Beban mati (W_D) Pelat Atap

Berat plat lantai	= $2400 \times 0,12$	= 288 kg/m ²
Berat pasangan lantai	= $0,05 \times 1 \times 1 \times 2000$	= 100 kg/m ³
Berat plafond		= 18 kg/m ²
Berat air hujan	= $0,1 \times 1000$	= 100 kg/m ²
Total pembebanan (Wn)		= 406 kg/m ²

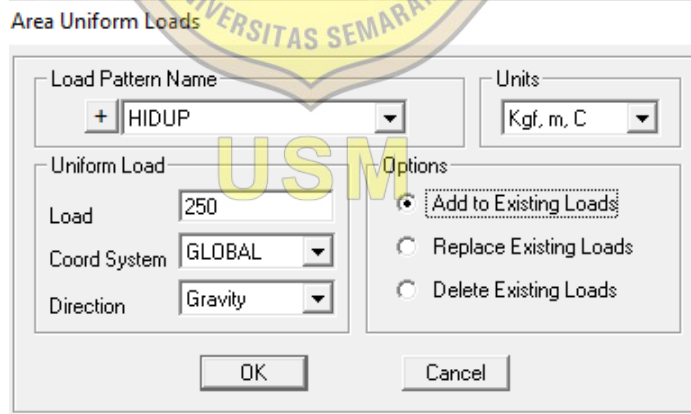
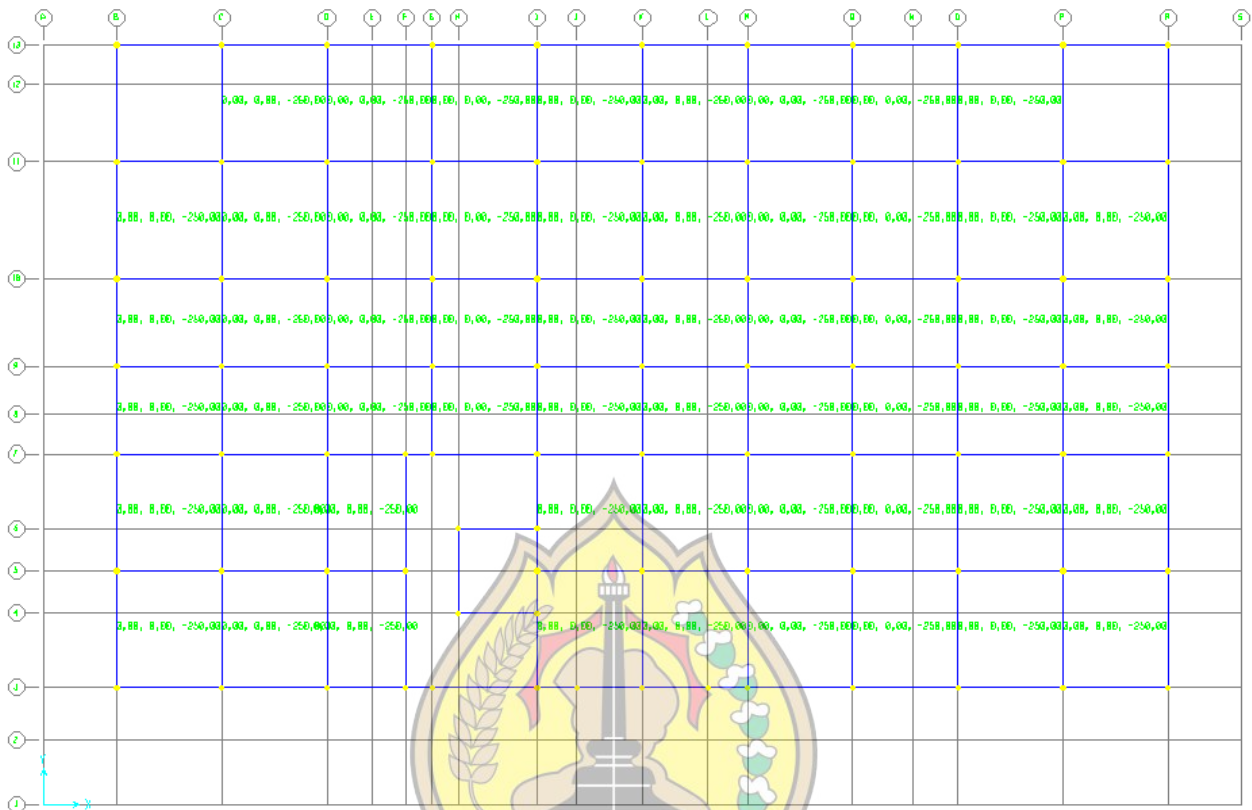


Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

Gambar 4. 36 Beban Mati Pelat Atap

3. Beban Hidup (W_L) Pelat Lantai

Beban hidup kantor = 250 kg/m² (PPPURG 1987)



Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

Gambar 4. 37 Beban Hidup Pelat Lantai

4. Beban Hidup (W_L) Pelat Atap

Beban hidup atap dak

= 100 kg/m² (PPPURG 1987)

Area Uniform Loads

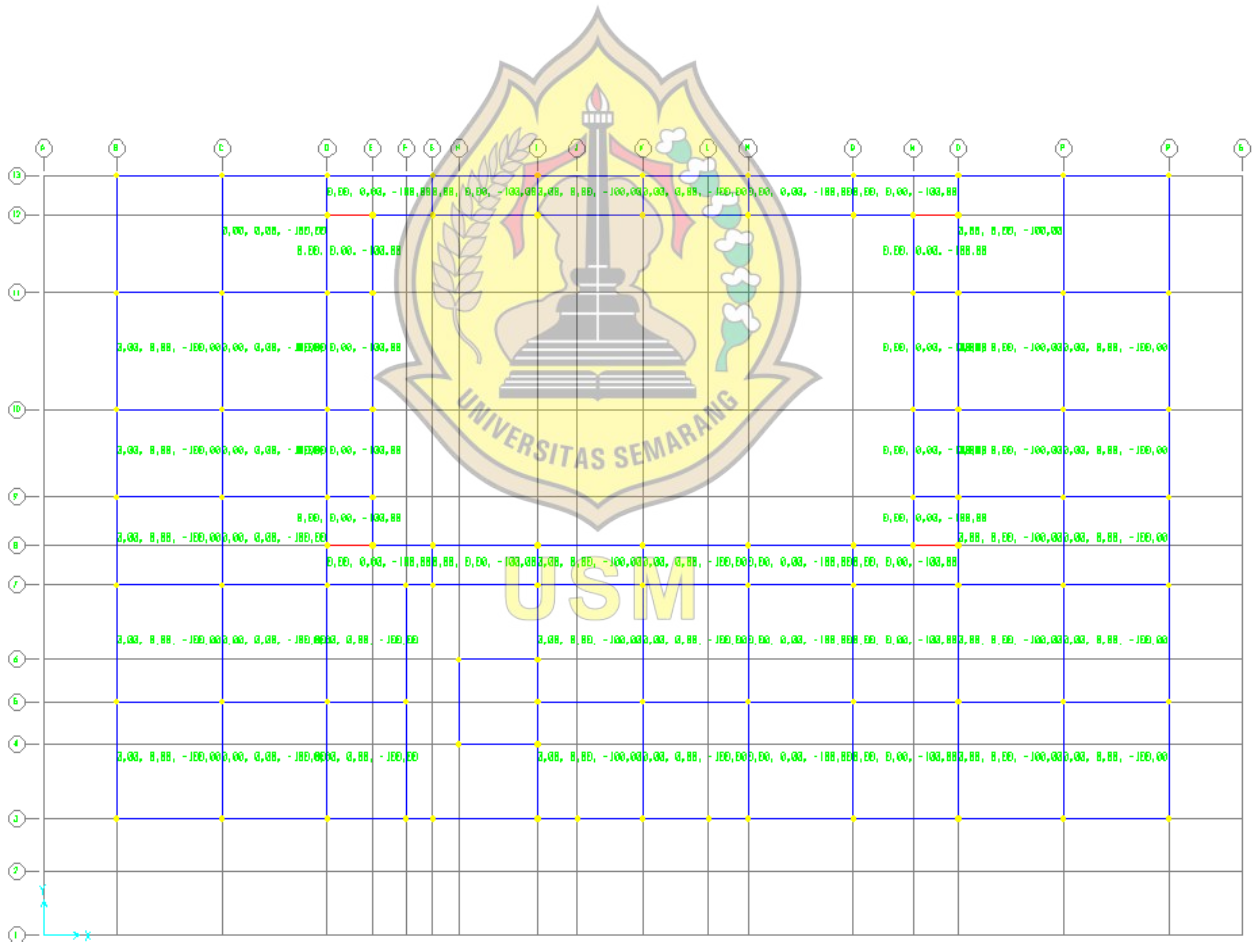
Load Pattern Name: + HIDUP

Units: Kgf. m. C

Uniform Load: Load: 100, Coord System: GLOBAL, Direction: Gravity

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads, Delete Existing Loads

Buttons: OK, Cancel



Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

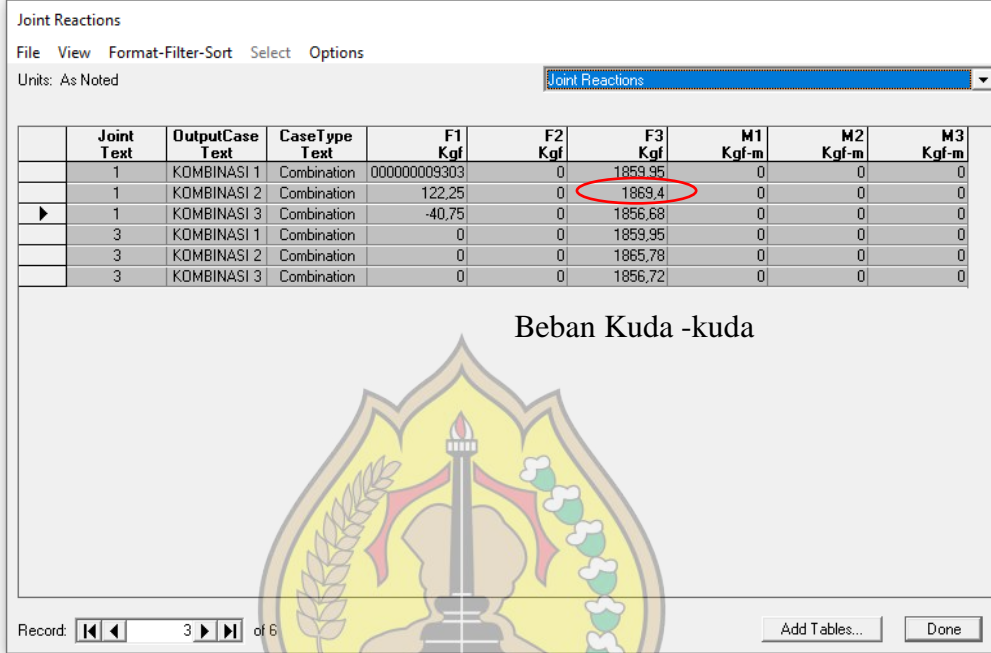
Gambar 4. 38 Beban Hidup Pelat Atap

4.6.4.2 Beban pada Balok

1. Beban mati (WD) Pada Balok

Berat dinding (batu bata merah) = 4 m x 250 kg= 1.000 kg/m

Berat kuda-kuda = 1869,4 kg (data terlampir SAP 2000)



Joint Reactions

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Joint Text	Output Case Text	Case Type Text	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf	M1 Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m
1	KOMBINASI 1	Combination	00000009303	0	1859,95	0	0	0
1	KOMBINASI 2	Combination	122,25	0	1869,4	0	0	0
▶ 1	KOMBINASI 3	Combination	-40,75	0	1856,68	0	0	0
3	KOMBINASI 1	Combination	0	0	1859,95	0	0	0
3	KOMBINASI 2	Combination	0	0	1865,78	0	0	0
3	KOMBINASI 3	Combination	0	0	1856,72	0	0	0

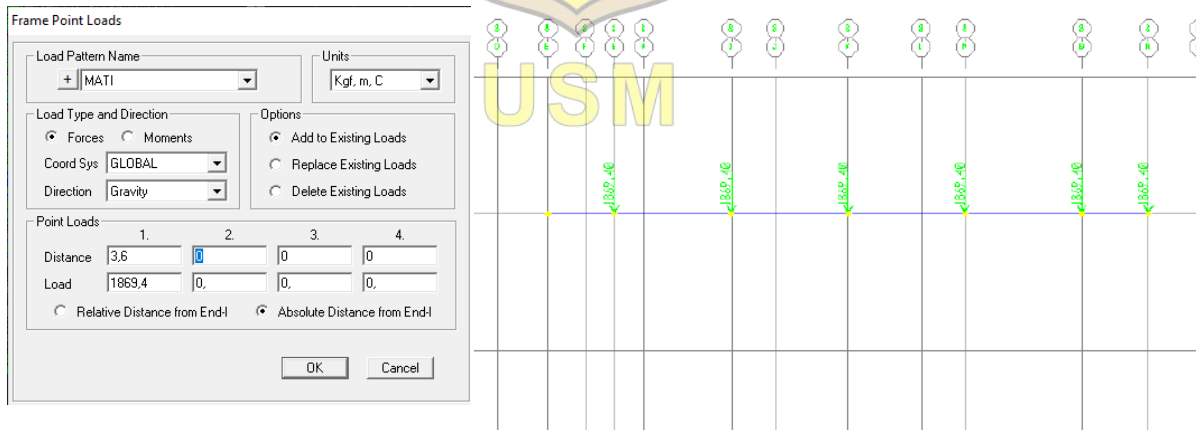
Beban Kuda -kuda

Record: 3 of 6

Add Tables... Done

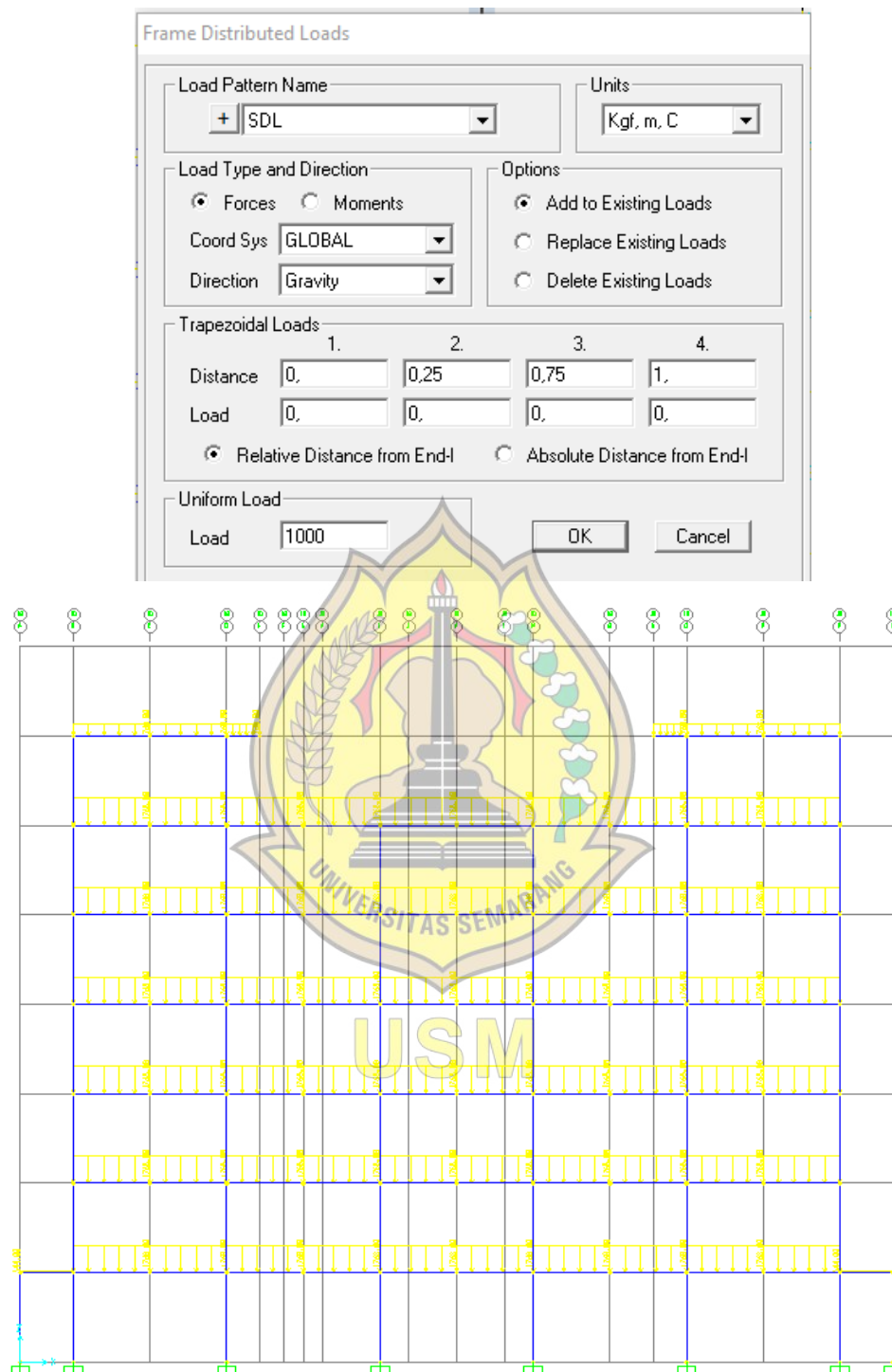
Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

Gambar 4. 39 Beban Kuda – kuda



Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

Gambar 4. 40 Beban Kuda – kuda Ditransfer ke Kolom



Sumber : Dokumen Pribadi(Program SAP)

Gambar 4. 41 Beban Dinding pada Balok

4.7 Perhitungan Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada seluruh bangunan gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut (PPPURG, 1987). Analisa *time history* merupakan metode yang paling mendekati untuk meramalkan respon struktur akibat gempa. Tetapi untuk melakukan analisa ini diperlukan banyak perhitungan yang cukup lama. Untuk penyederhanaan dari alasan tersebut, digunakan metode analisis statik ekuivalen. Selain itu metode statik ekuivalen juga cukup akurat untuk bangunan simetris.

4.7.1 Pedoman Perencanaan Gempa

Dalam perencanaan beban gempa, pedoman yang dipakai:

1. SNI 1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
2. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)
3. SNI 2847-2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

4.7.2 Perencanaan Beban Gempa

Beban gempa atau *respons spectrum* yang terjadi sesuai dengan data pada peritungan gempa, mengacu pada SNI 1726-2019. Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan metode analisis respon spektrum. Berdasarkan parameter respons percepatan perioda pendek (S_{DS}) dan perioda 1 detik (S_{DI}), bangunan gedung termasuk dalam Kriteria Desain Seismik (KDS) D, sehingga sistem penahan gaya gempa yang diizinkan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Berdasarkan *google maps*, Gedung perkantoran 8 lantai ini terletak pada lintang -7,016027 dan bujur 110,420799.

- a. Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan (I-IV) dan faktor keutamaan (I_e)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 4.33 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 4.34.

**Tabel 4. 1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung
untuk Beban Gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ol style="list-style-type: none"> Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan Fasilitas sementara Gudang penyimpanan Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ol style="list-style-type: none"> Perumahan Rumah toko dan rumah kantor Pasar Gedung perkantoran Gedung apartemen/ rumah susun Pusat perbelanjaan/ mall 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> <ol 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 kedalam 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> <ol style="list-style-type: none"> Pusat pembangkit listrik biasa Fasilitas penanganan air Fasilitas penanganan limbah Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam 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 dimana jumlah kandungan bahannya lebih berbahaya melebihi batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Tabel 4. 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Dari hasil evaluasi awal untuk analisis struktur terhadap beban gempa dengan SNI Gempa 2019, didapatkan data – data perencanaan sebagai berikut :

- Lokasi bangunan termasuk kelas situs SE (kondisi tanah lunak) dengan nilai $N < 15$
- Gedung yang direncanakan berupa gedung perkantoran dengan kategori risiko II, untuk faktor keutamaan gedung adalah : $I_e = 1,0$
- Sistem penahan gaya gempa yang diizinkan adalah sistem Rangka Pemikul Modem Khusus (SRPMK), dengan Koefisien Modifikasi Respon (R) = 8,0

b. Kombinasi Pembebanan untuk Analisa

Dalam analisa pembebanan dalam bangunan struktur ruang perkantoran menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menggunakan kombinasi beban tetap dan beban sementara, oleh karena itu pembebanan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Kombinasi pembebanan tetap : $1,2D + 1,6L$
- Kombinasi pembebanan sementara :
 $U = 1,2D + 0,5L + 1,0 (I/R) E_x + 0,3 (I/R) E_y$
 $U = 1,2D + 0,5L + 1,0 (I/R) E_y + 0,3 (I/R) E_x$
 $U = 1,0DL + 1,0LL$

Menurut pedoman perencanaan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung 1987 mengenai faktor reduksi beban hidup. Untuk bangunan kantor, maka faktor reduksi beban hidup untuk peninjauan gempa adalah sebesar 0,5.

c. Faktor Reduksi Gempa (R)

Desain gedung direncanakan sebagai Sisten Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana sistem struktur gedung direncanakan sebagai sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dimana beban lateral akibat gempa dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Dimana nilai faktor daktilitas maksimum dan faktor reduksi maksimum tersebut tidak melebihi ketentuan sebagai berikut:

- Faktor Reduksi Gempa dengan Koefisien Modifikasi respons Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (Portal Daktilitas / *Sway Special*) (R) = 8,0
- Faktor Pembesaran Defleksi (Cd) = 5,5

d. Menentukan Parameter Percepatan Gempa (S_s dan S₁)

Berdasarkan dari gambar respon spektra pada Tabel 4.3.3, Gambar 4.3.1 dan Gambar 4.5.2 didapat nilai parameter S_s dan S₁, dimana parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan parameter S₁ (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) : S_s = 0,8880 g dan S₁ = 0,3817 g.

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas	T ₀ (detik)	T _s (detik)	S _d (g)	S _{d1} (g)
SE - Tanah Lunak	0.18	0.89	0.71	0.63

Rentang T(s) Value: 6

PGA MCEG: 0.3932 (g) bedrock

SS MCEr: 0.8880 (g) bedrock

S1 MCEr: 0.3817 (g) bedrock

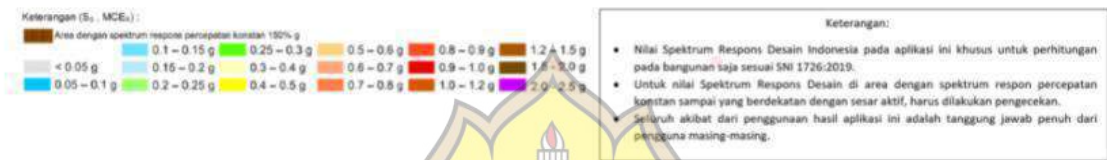
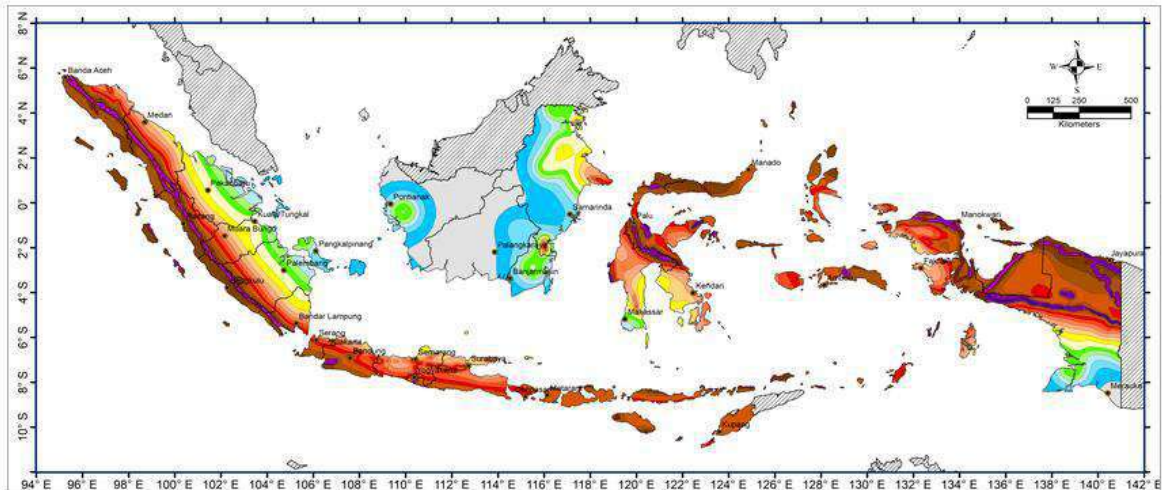
TL: 6 Detik

Save

Print

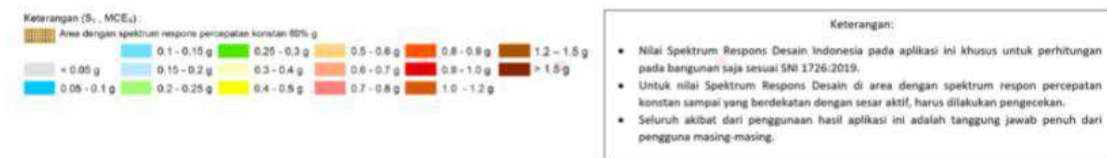
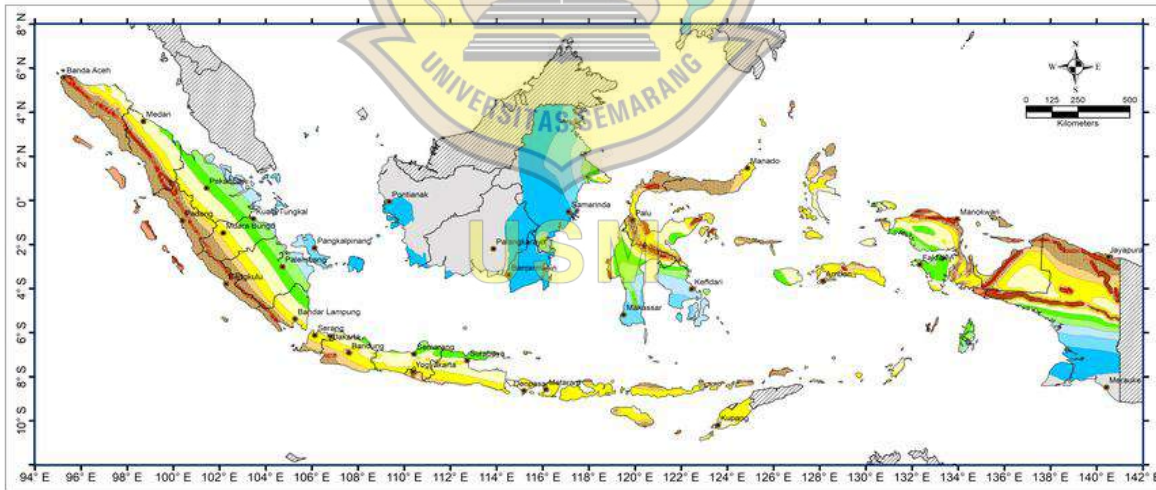
Sumber: Desain Spektra Indonesia (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id>), 2021

Gambar 4. 42 Nilai S_s dan S₁ Respon Spektra



Sumber: Desain Spektra Indonesia (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id>), 2021

Gambar 4. 43 Peta Parameter S_s Wilayah Indonesia



Sumber: Desain Spektra Indonesia (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id>), 2021

Gambar 4. 44 Peta Parameter S_1 Wilayah Indonesia

e. Menentukan Kelas Situs (SA – SF)

Menurut SNI Gempa 2019, klasifikasi tabel tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang, tanah lunak apabila untuk lapisan maksimum 50 meter paling atas dipenuhi syarat – syarat yang tercantum dalam tabel jenis – jenis tanah sebagai berikut :

Penetapan Kelas Situs dapat dilakukan melalui penyelidikan tanah dengan menguji nilai penetrasi standar rata-rata. N Profil tanah yang mengandung beberapa lapisan tanah atau batuan yang nyata berbeda, harus dibagi menjadi lapisan-lapisan yang diberi nomor ke-1 sampai ke- n dari atas ke bawah, sehingga ada total N- lapisan tanah yang berbeda pada lapisan 50 m paling atas tersebut. Nilai \bar{N} untuk lapisan tanah 50 m paling atas ditentukan sesuai dengan perumusan berikut :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i / N_i}$$

Keterangan :

Ti = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter;

Ni = tahanan penetrasi standar 60 persen energi (N60) yang terukur langsung di lapangan tanpa koreksi.

Berdasarkan hasil uji tanah di lapangan pada 14 April 2021, berikut adalah hasil uji nilai penetrasi standar rata-rata di lokasi Gedung Kantor Dinas Kesehatan dan PMI Kabupaten Semarang.

Tabel 4. 3 Nilai Penetrasi Standar Rata-rata (N)

No	Depth (m)	ti	Ni	ti/Ni
1	2	2	1	2
2	4	2	1	2
3	6	2	3	0,667
4	8	2	5	0,400
5	10	2	5	0,400
6	12	2	10	0,200
7	14	2	11	0,181
8	16	2	10	0,200
9	18	2	13	0,153
10	20	2	18	0,111

11	22	2	23	0,087
12	24	2	22	0,091
13	26	2	21	0,095
14	28	2	21	0,095
15	30	2	20	0,100
Σ		30		6,780

Sumber : Dokumen Pribadi (Tes Boring)

$$\sum_i n = d_2 + d_3 + \dots + d_{15} = 30 \text{ meter}$$

$$\sum_i n = \frac{d_2}{N_2} + \frac{d_3}{N_3} + \dots + \frac{d_{15}}{N_{15}} = 1,362$$

$$\bar{N} = \frac{30}{1,362} = 4,572$$

Berdasarkan klarifikasi situs di atas, untuk kedalaman 30 meter dengan nilai test penetrasi standar rata – rata (N) = 4,572 ($N < 15$), maka tanah di lokasi termasuk kelas situs SD (tanah lunak). Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari Tabel 5.37 dan sesuai pasal-pasal berikut.

Tabel 4. 4 Hubungan Klasifikasi Situs dengan Parameter Tanah

Kelas situs	Vs (m/detik)	N	Su (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $su < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah		

<p>mempunyai investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)</p>	<p>satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti pmudah 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 $su < 50$ kPa <p>CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai</p>
---	--

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Berdasarkan klasifikasi situs di atas, untuk kedalaman 30 meter dengan nilai test penetrasi standar rata-rata (\bar{N}) = 4,572 berada pada nilai (\bar{N}) = kurang dari **15** dan memenuhi pasal (SE) tanah lunak.

f. Menentukan koefisien - koefisien situs dan parameter-parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R)

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi 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 satu detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

Tabel 4. 5 Tabel 4.9 Koefisien Situs (F_a)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S _s					
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S _s ≥ 1,25	S _s ≥ 1,50
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					
(a)SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0						

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Tabel 4. 6 Tabel 4.10 Koefisien Situs (F_v)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S _s					
	S _s ≤ 0,1	S _s = 0,2	S _s = 0,3	S _s = 0,4	S _s = 0,5	S _s ≥ 0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					
a) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0						

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Tabel 4. 7 Nilai Hasil Tes Penetrasi Standar Rata – Rata (N)

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (d _i) dalam meter	Deskripsi Jenis Tanah	Nilai N-SPT
1	2	Sedikit pasir, sangat lunak, warna abu-abu kecoklatan	1
2	2	Sangat lunak, warna coklat kehitaman	1
3	2	Sangat lunak, warna abu-abu	3
4	2	Sangat lepas, warna abu-abu	5
5	2	Lunak sampa teguh, warna abu-abu	5
6	2		10
7	2		11
8	2		10
9	2		13
10	2		18
11	2	Teguh sampai kaku, warna abu-abu	23
12	2		22
13	2	Kaku, warna abu-abu kehitaman	21
14	2		21
15	2	Kaku warna abu-abu	20

Sumber : Dokumen Pribadi (Tes Boring)

Maka untuk $S_s = 0.8880$ g dan $S_1 = 0.3817$ g, diperoleh nilai F_a an F_v (interpolasi):

$$F_a = 1,19$$

$$F_v = 2,0$$

Menghitung nilai S_{MS} dan S_{M1} meggunakan rumus empiris:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$= 1,19 \times 0,888 = 1,056 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v S_1 \\ &= 2,0 \times 0,3817 = 0,7634 \text{ g} \end{aligned}$$

Didapat nilai S_{MS} , S_{M1} , langkah selanjutnya mencari harga S_{DS} , S_{D1} menggunakan rumus empiris:

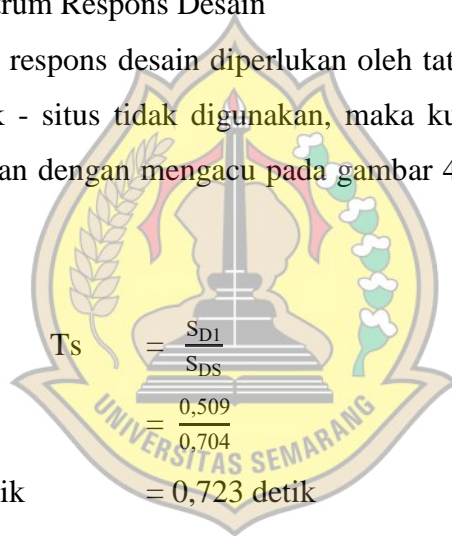
$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 S_{MS} \\ &= 2/3 \times 1,056 = 0,704 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= 2/3 S_{M1} \\ &= 2/3 \times 0,7634 = 0,509 \text{ g} \end{aligned}$$

g. Menentukan Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik - situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada gambar 4.5.5 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} & T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \cdot \frac{0,509}{0,704} & &= \frac{0,509}{0,704} \\ &= 0,145 \text{ detik} & &= 0,723 \text{ detik} \end{aligned}$$



Dalam menentukan periode fundamental struktur T dapat diperoleh dari hasil analisis struktur yang akan ditinjau. Namun SNI Gempa 2019 memberi persyaratan bahwa periode fundamental yang akan dipakai sebagai perhitungan tidak boleh melebihi dari batas atas periode fundamental pendekatan yang mana nilainya adalah perkalian dari koefisien periode batas atas (C_u) dengan periode pendekatan (T_a). Untuk memudahkan pelaksanaan, periode alami fundamental T ini boleh langsung digunakan periode pendekatan T_a .

Periode pendekatan ditentukan berdasarkan Persamaan berikut ini:

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

Tabel 4. 8 Koefisien Batas Atas Periode

S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Tabel 4. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

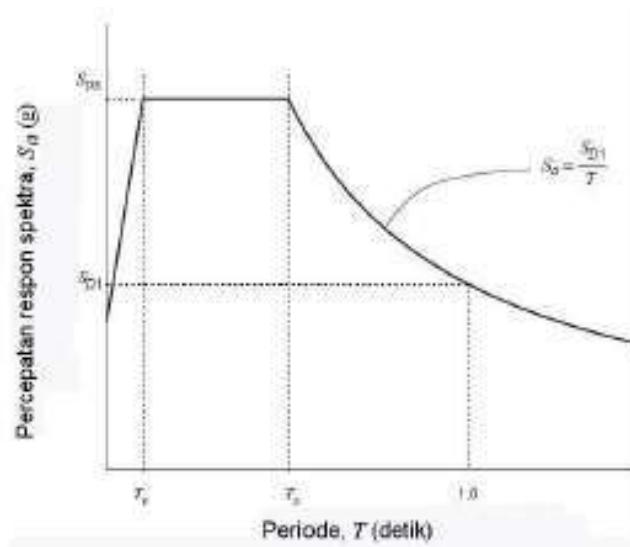
Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0.0724	0.8
Rangka beton pemikul 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

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 29,4^{0,9} \\
 &= 0,977 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dengan nilai $S_{D1} = 0,509$ g, maka didapat koefisien $C_u = 1,4$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{maks}} &= C_u \cdot T_a \\
 &= 1,4 \times 0,977 \\
 &= 1,367 \text{ detik}
 \end{aligned}$$



Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Gambar 4. 45 Spektrum Respons Desain SNI 03-1726-2019

- 1) Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$= 0,704 \left(0,4 + 0,6 \frac{0,1}{0,145} \right) = 0,573$$

- 2) Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
- 3) Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,509}{1,367} = 0,472$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_D = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

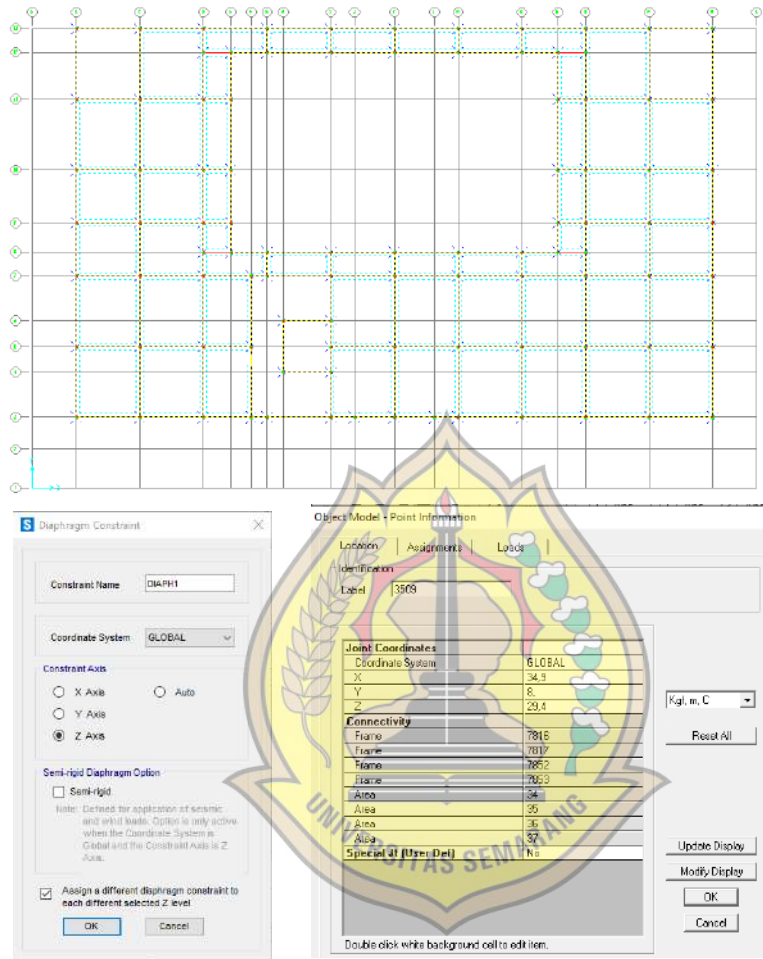
T = perioda getar fundamental struktur

**Tabel 4. 10 Spektrum Respons Desain Kantor Dinas Kesehatan dan
PMI Kabupaten Semarang**

T (detik)	T(detik)	SA (g)	T (detik)	T(detik)	SA (g)
0	0	0,284	Ts + 1,6	2,323	0,219
To	0,145	0,704	Ts + 1,7	2,423	0,210
Ts	0,723	0,704	Ts + 1,8	2,523	0,201
Ts + 0	0,723	0,704	Ts + 1,9	2,623	0,194
Ts + 0,1	0,823	0,618	Ts + 2,0	2,723	0,187
Ts + 0,2	0,923	0,551	Ts + 2,1	2,823	0,180
Ts + 0,3	1,023	0,498	Ts + 2,2	2,923	0,174
Ts + 0,4	1,123	0,453	Ts + 2,3	3,023	0,168
Ts + 0,5	1,223	0,416	Ts + 2,4	3,123	0,163
Ts + 0,6	1,323	0,385	Ts + 2,5	3,223	0,158
Ts + 0,7	1,423	0,358	Ts + 2,6	3,323	0,153
Ts + 0,8	1,523	0,334	Ts + 2,7	3,423	0,149
Ts + 0,9	1,623	0,314	Ts + 2,8	3,523	0,144
Ts + 1,0	1,723	0,295	Ts + 2,9	3,623	0,140
Ts + 1,1	1,823	0,279	Ts + 3,0	3,723	0,137
Ts + 1,2	1,923	0,265	Ts + 3,1	3,823	0,133
Ts + 1,3	2,023	0,252	Ts + 3,2	3,923	0,130
Ts + 1,4	2,123	0,240	4	4,023	0,127
Ts + 1,5	2,223	0,229			

4.7.3 Penentuan Berat, Massa dan Lokasi Titik Berat Tiap Lantai

Berdasarkan beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari bangunan, oleh karena itu perlu diperhitungkan berat dari masing – masing lantai bangunan. Berat dari setiap lantai bangunan diperhitungkan dengan meninjau beban yang bekerja di atasnya berupa beban mati dan beban hidup. Perhitungan berat dan lokasi titik berat tiap lantai bangunan dihitung menggunakan bantuan SAP2000 V14. Beban gempa dianggap sebagai beban titik tiap lantai. Penentuan pusat massa ditentukan pada lantai 8 dan berlanjut sampai lantai 2, dengan cara penentuan pusat massa sama seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.56.



Sumber : Dokumentasi Pribadi (Program SAP)

Gambar 4. 46 Penentuan Pusat Massa Lantai 8

h. Menentukan Kategori desain seismik (A-D)

Dalam menentukan Kategori desain seismik apabila digunakan alternatif prosedur penyederhanaan desain pada pasal 8 (SNI 1726-2019) kategori desain seismik diperkenankan untuk ditentukan dari tabel 4.5.11 dengan menggunakan nilai S_{DS} yang ditentukan dalam pasal 8.8.1 (SNI 1726-2019).

Tabel 4. 11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} \leq 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$S_{DS} \geq 0,5$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Tabel 4. 12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai S_{DI}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} \leq 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,2$	C	D
$S_{DI} \geq 0,2$	D	D

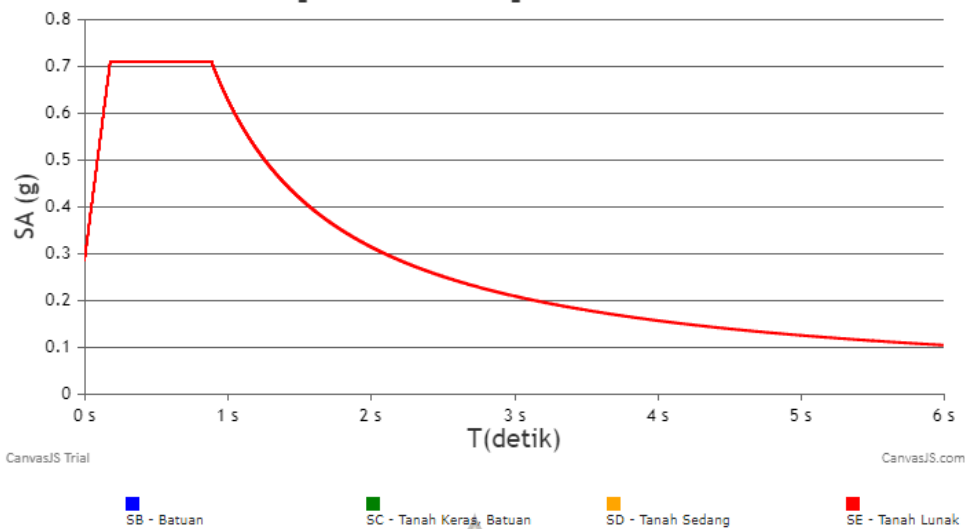
Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Harga,

$S_{DS} = 0,704$ ($S_{DS} > 0,5$) => Kategori Resiko Tipe D

$S_{DI} = 0,509$ ($S_{DI} > 0,2$) => Kategori Resiko Tipe D

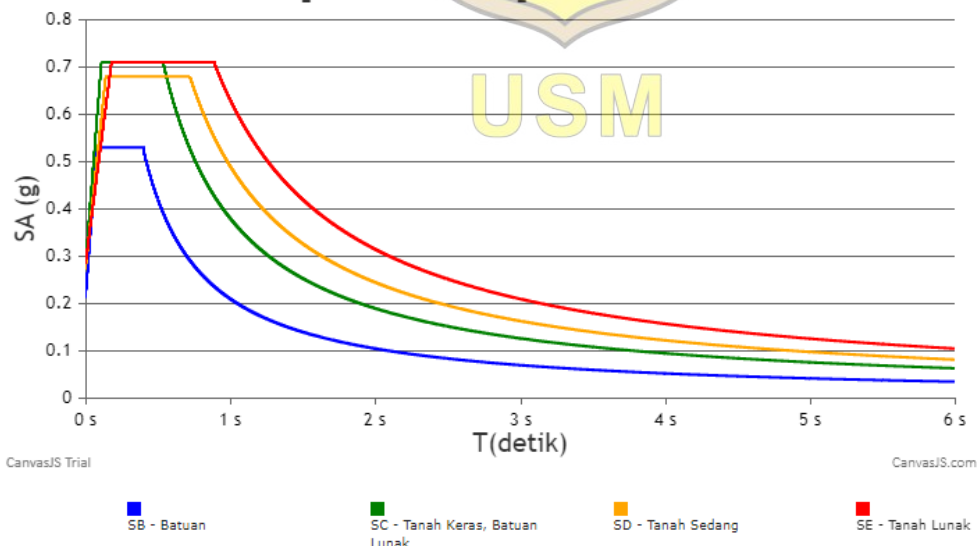
Spektrum Respon Desain



Sumber : Desain Spektra Indonesia (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id>), 2021

Gambar 4. 47 Gambar 4.61 Spektrum Respons Gempa Desain
 Spectrum Respon Desain SNI 2019 Susukan, Kota Semarang –
 Kelas Situs SE (tanah Lunak)

Spektrum Respon Desain



Sumber : Desain Spektra Indonesia (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id>), 2021

Gambar 4. 48 Spektrum Respons Desain

i. 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 6.20

Tabel 4. 13 Tabel 4.17 Faktor R , C_d dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Jenis struktur bangunan nongedung	Persyaratan Pendetailan	R	Ω_0	C_d	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Bangunan, h_n , (m) ^a				
					Kategori Desain Seismik				
					B	C	D ^b	E ^b	F ^b
Rak baja untuk penyimpanan	0	4	2	3,5	TB	TB	TB	TB	TB
Rak penyimpanan kantilever dari baja canai panas									
• Rangka pemikul momen biasa (arah melintang)	0 dan AISC 360	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
• Rangka pemikul momen biasa (arah melintang) ^c	0 dan AISC 341	2,5	2	2,5	TB	TB	TB	TB	TB
• Rangka dengan bresing biasa (arah melintang)	0 dan AISC 360	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
• Rangka dengan bresing biasa (arah melintang) ^c	0 dan AISC 341	3,25	2	3,25	TB	TB	TB	TB	TB
Rak penyimpanan kantilever dari baja canai dingin ^e									
• Rangka pemikul momen biasa (arah melintang)	0 dan AISI S100	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
• Rangka pemikul momen biasa (arah melintang)	0 dan AISI S100	1	1	1	TB	TB	TB	TB	TB
• Rangka dengan bresing biasa (arah melintang)	0 dan AISI S100	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
Sistem rangka gedung:									
• Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	AISC 341	6	2	5	TB	TB	48	48	30
• Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	AISC 341	3 ^{1/4}	2	3 ^{1/4}	TB	TB	10 ^f	10 ^f	TI ^f
• Dengan tambahan ketinggian yang diizinkan	AISC 341	2 ^{1/2}	2	2 ^{1/2}	TB	TB	48	48	30
• Tanpa batasan ketinggian	AISC 360	1,5	1	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
Sistem rangka pemikul momen:									
• Rangka baja pemikul momen khusus	AISC 341	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
• Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	SNI 2847, termasuk pasal 0	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
• Rangka baja pemikul momen menengah	AISC 341	4,5	3	4	TB	TB	10 ^{h,j}	TI ^{h,j}	TI ^{h,j}
• Dengan tambahan ketinggian yang diizinkan	AISC 341	2,5	2	2,5	TB	TB	48	48	30
• Tanpa batasan ketinggian	AISC 341	1,5	1	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	SNI 2847, termasuk pasal 0	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
• Dengan tambahan ketinggian yang diizinkan	SNI 2847, termasuk pasal 0	3	2	2,5	TB	TB	15	15	15
• Tanpa batasan ketinggian	SNI 2847, termasuk pasal 0	0,8	1	1	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja pemikul momen biasa	AISC 341	3,5	3	3	TB	TB	TI ^{k,l}	TI ^{k,l}	TI ^{k,l}
• Dengan tambahan ketinggian yang diizinkan	AISC 341	2,5	2	2,5	TB	TB	30	30	TI ^{k,l}
• Tanpa batasan ketinggian	AISC 360	1	1	1	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	SNI 2847, tidak termasuk pasal 0	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
• Dengan tambahan ketinggian yang diizinkan	SNI 2847, tidak termasuk pasal 0	0,8	1	1	TB	TB	15	15	15

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Struktur bangunan nongedung	Persyaratan Pendetailan ^c	R	Ω_0	Cd	Sistem Struktur dan Batasan Ketinggian (m) ^{a,b}				
					Kategori Desain Seismik				
					B	C	D	E	F
Tangki, vessel, bak atau hopper yang berada di ketinggian: • Kaki dengan bresing simetris (tidak serupa gedung) • Kaki tidak bresing atau dengan bresing tidak simetris (tidak serupa gedung)	0	3	2 ^d	2,5	TB	TB	48	30	30
	0	2	2 ^d	2,5	TB	TB	30	18	18
Vessel baja horizontal yang dilas yang dipikul dengan kuda-kuda	0	3	2 ^d	2,5	TB	TB	TB	TB	TB
Tangki yang rata pada sisi bawah dan menumpu langsung di tanah: • Baja atau plastik dengan penguat serat: • Diangkur secara mekanis • Diangkur sendiri • Beton bertulang atau prategang: • Dasar tidak bergeser yang diperkuat • Dasar fleksibel yang diangkur • Dasar fleksibel yang tidak diangkur dan dikekang • Jenis lainnya	0	3	2 ^d	2,5	TB	TB	TB	TB	TB
		2,5	2 ^d	2	TB	TB	TB	TB	TB
		2	2 ^d	2	TB	TB	TB	TB	TB
		3,25	2 ^d	2	TB	TB	TB	TB	TB
		1,5	1,5 ^d	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
	1,5	1,5 ^d	1,5	TB	TB	TB	TB	TB	
Silo beton yang dicetak di lapangan yang memiliki dinding yang menerus ke fondasi	0	3	1,75	3	TB	TB	TB	TB	TB
Seluruh struktur pasangan bata yang diperkuat yang tidak serupa gedung dengan pendetailan sebagai dinding geser pasangan bata menengah yang diperkuat	Pasal 14.4.1 ^f ASCE/SEI 7-16	3	2	2,5	TB	TB	15	15	15
Seluruh struktur pasangan bata yang diperkuat yang tidak serupa gedung dengan pendetailan sebagai dinding geser pasangan bata biasa yang diperkuat	Pasal 14.4.1 ASCE/SEI 7-16	2	2,5	1,75	TB	48	TI	TI	TI
Seluruh struktur dinding bata tak diperkuat yang tidak serupa gedung	Pasal 14.4.1 ASCE/SEI 7-16	1,25	2	1,5	TB	TI	15	15	15
Cerobong dan stacks beton	0 dan ACI 307	2	1,5	2	TB	TB	TB	TB	TB
Cerobong dan stacks baja	0 dan ASME STS-1	2	2	2	TB	TB	TB	TB	TB
Seluruh struktur kantilever baja dan beton bertulang dengan massa yang terdistribusi yang bila tidak tercakup disini, termasuk stacks, cerobong, silo, vessel dengan pedestal tunggal atau kolom sekeliling (<i>skirt-supported</i>) • Baja yang dilas • Baja yang dilas dengan pendetailan khusus • Beton prategang atau bertulang • Beton prategang atau beton bertulang dengan pendetailan khusus	0	2	2 ^d	2	TB	TB	TB	TB	TB
	0	3	2 ^d	2	TB	TB	TB	TB	TB
	0	2	2 ^d	2	TB	TB	TB	TB	TB
	0 dan SNI 2847, pasal 0, dan 0	3	2 ^d	2	TB	TB	TB	TB	TB
Menara rangka batang (berdiri bebas atau diikat kabel/ <i>guyed</i>), stacks yang diikat kabel/ <i>guyed</i> , dan cerobong	0	3	2	2,5	TB	TB	TB	TB	TB
Struktur pemikul tubular baja untuk sistem <i>onshore wind turbine generator</i>	0	1,5	1,5	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
Menara pendingin: • Beton atau baja • Rangka kayu		3,5	1,75	3	TB	TB	TB	TB	TB
		3,5	3	3	TB	TB	TB	15	15
Menara telekomunikasi • Rangka batang : baja • Tiang : baja • Kayu • Beton • Rangka : baja • Kayu • Beton	0	3	1,5	3	TB	TB	TB	TB	TB
		1,5	1,5	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
		1,5	1,5	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
		1,5	1,5	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
		3	1,5	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
		1,5	1,5	1,5	TB	TB	TB	TB	TB
	2	1,5	1,5	TB	TB	TB	TB	TB	
Struktur sarana rekreasi/hiburan dan monumen	0	2	2	2	TB	TB	TB	TB	TB
Struktur bertipe pendulum terbalik (kecuali tangki, vessel, bak, hopper yang berada di ketinggian)	0	2	2	2	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding kantilever atau pagar yang menumpu langsung di tanah	0	1,25	2	2,5	TB	TB	TB	TB	TB
Rambu-rambu dan papan reklame		3	1,75	3	TB	TB	TB	TB	TB
Seluruh struktur lainnya yang berdiri sendiri, tangki, atau vessel yang tidak tercakup diatas atau pada peraturan yang tidak serupa gedung		1,25	2	2,5	TB	TB	15	15	15

Untuk sistem penahan gaya gempa dengan rangka beton bertulang pemikul momen khusus, didapat :

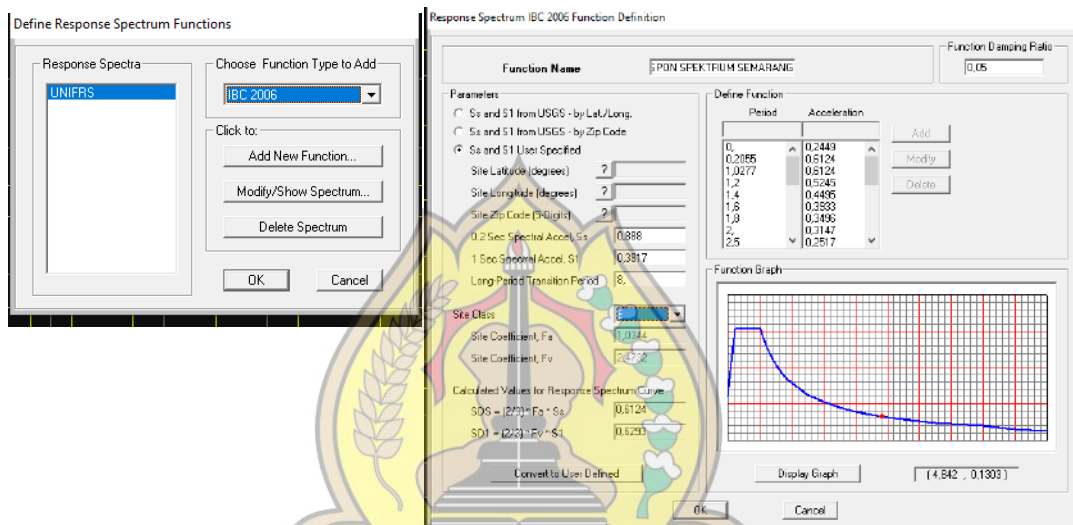
- Koefisien modifikasi respons (R) = 8
- Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3
- Faktor pembesaran defleksi (Cd) = 5,5

Faktor reduksi untuk perhitungan beban gempa

$$\begin{aligned} \text{Scale factor} &= I/R \times 9,81 \\ &= 1/8 \times 9,81 = 1,22625 \end{aligned}$$

Keterangan:

- SC = *Scale Factor* (dalam meter)
- I = Faktor keutamaan Gempa
- R = Faktor Reduksi Gempa
- 9,81 = Koefisien gravitasi



Sumber : Dokumentasi Pribadi (Program SAP)

Gambar 4. 49 Gambar 4.63 Input Data Respons Spektrum

4.7.4 Distribusi Beban Gempa Analisis Respon Dinamik

Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh Gempa Rencana terhadap struktur gedung tersebut harus ditentukan melalui respons dinamik 3 dimensi. Untuk mencegah terjadinya respons struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, dari hasil analisis vibrasi bebas 3D, paling tidak gerak ragam pertama (fundamental) harus dominan dalam translasi.

Daktilitas struktur gedung tidak beraturan harus ditentukan yang representatif mewakili daktilitas struktur 3D, tingkat daktilitas tersebut dapat dinyatakan dalam factor reduksi gempa R representatif, yang nilainya dapat dihitung sebagai nilai rata-rata berbobot dengan gaya geser dasar yang dipikul oleh struktur.

Untuk pembebanan pada joint special dapat dilakukan dengan rumus

$$\text{Massa} = W/g$$

Dimana :

W = berat lantai dari bangunan gedung

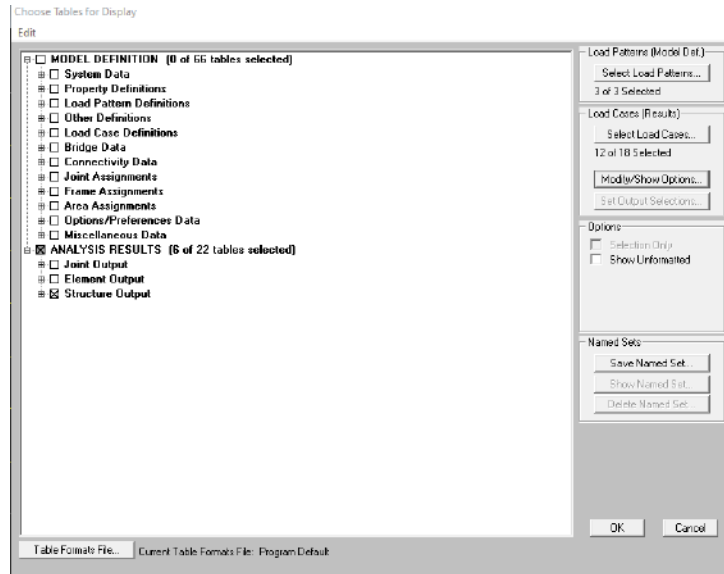
g = gravitasi (80 kg.dt²/cm)

4.7.5 Analisis Respon Dinamik Jumlah Ragam / Partisipasi Massa

Bila diinginkan, perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pengaruh Gempa Rencana, dapat dilakukan dengan metode analisis dinamik 3 dimensi berupa analisis respon dinamik linier dan non-linier riwayat waktu dengan suatu ekselerogram gempa yang diangkakan sebagai gerakan tanah masukan. Berhubung gerakan tanah akibat gempa pada suatu lokasi tidak mungkin dapat diperkirakan dengan tepat, maka sebagai gempa masukan dapat juga dipakai gerakan tanah yang disimulasikan. Parameter-parameter yang menentukan gerakan tanah yang disimulasikan ini antara lain terdiri dari waktu getar premodinan tanah, konfigurasi spectrum respons, jangka waktu gerakan dan intensitas gempanya.

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1 Analisis spektrum respon jumlah ragam/partisipasi massa, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa actual dalam masing – masing arah horizontal orthogonal dari respons yang di tinjau oleh model. Sehingga syarat yang harus di penuhi adalah:

Partisipasi Massa harus > 90 %



Modal Participating Mass Ratios

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Modal Participating Mass Ratios

Output Case Text	Step Type Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless	RZ Unitless	SumRX Unitless	SumRY Unitless	SumRZ Unitless
MODAL Mode	1	0.917346	0.002110	0.750	0.000000	0.000000	0.002110	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.002110	0.000000	0.000000
MODAL Mode	2	0.898233	0.002110	0.750	0.004404	0.000000	0.004404	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.004404	0.000000	0.000000
MODAL Mode	3	0.8275	0.018	0.1181	0.000000	0.004493	0.018	0.000000	0.004493	0.018	0.000000	0.004493	0.018	0.000000	0.004493
MODAL Mode	4	0.800726	0.000172	0.0589	0.000000	0.008093	0.018	0.000000	0.008093	0.018	0.000000	0.008093	0.018	0.000000	0.008093
MODAL Mode	5	0.29153	0.069	0.000000	0.000000	0.000000	0.017	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.017	0.000000	0.000000
MODAL Mode	6	0.270234	0.001851	0.001845	0.000000	0.000000	0.018	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.018	0.000000	0.000000
MODAL Mode	7	0.173867	0.000048	0.0039	0.000000	0.000000	0.018	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.018	0.000000	0.000000
MODAL Mode	8	0.169889	0.0039	0.000000	0.000000	0.000000	0.006	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.006	0.000000	0.000000
MODAL Mode	9	0.159713	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	10	0.115814	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	11	0.115963	0.018	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	12	0.111171	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	13	0.108855	0.003444	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	14	0.107893	0.000894	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	15	0.104068	0.002201	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	16	0.103704	0.000793	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	17	0.101669	0.00002124	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	18	0.101394	0.000458	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	19	0.099354	0.00001424	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	20	0.096991	0.0001937	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	21	0.094979	0.0000101	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	22	0.094953	0.00009192	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000
MODAL Mode	23	0.094823	0.0007509	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000	0.000000	0.000000

Record: 1 of 40

Partisipasi Massa OKE > 90 %

Sumber : Dokumentasi Pribadi (Program SAP)

Gambar 4. 50 Gambar 4.64 Structure Output Analysis

4.7.6 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai (Tory Drift)

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCa	CaseType	StepTyp	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	GEMPA X	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
1	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0	0	0	0	0	0
2	GEMPA X	LinRespSpec	Max	2,787949	0,383421	0,10421	0,000016	0,000109	2,5E-05
2	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0,236594	2,518867	0,15211	0,000136	9,088E-06	3,2E-05
3	GEMPA X	LinRespSpec	Max	6,921073	1,202145	0,18853	0,000109	0,000804	6,2E-05
3	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0,317429	6,336311	0,07362	0,00059	0,000036	7,7E-05
4	GEMPA X	LinRespSpec	Max	11,00395	1,900648	0,25476	0,000098	0,000725	9,8E-05
4	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0,503949	10,11429	0,09721	0,000542	0,000033	0,00012
5	GEMPA X	LinRespSpec	Max	14,53374	2,493937	0,29873	0,00008	0,000607	0,00013
5	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0,662884	13,40444	0,11243	0,000458	0,000027	0,00016
6	GEMPA X	LinRespSpec	Max	17,30643	2,946359	0,32435	0,000058	0,000455	0,00015
6	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0,784154	16,01607	0,12088	0,00035	0,000019	0,00019
7	GEMPA X	LinRespSpec	Max	19,20053	3,24113	0,33664	0,000036	0,000298	0,00017
7	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	0,863178	17,85323	0,12449	0,000242	0,000011	0,00022
8	GEMPA X	LinRespSpec	Max	21,11417	3,3983	0,32348	0,000024	0,000177	0,00018
8	GEMPA Y	LinRespSpec	Max	2,623919	18,98053	0,30442	0,000172	0,000018	0,00023

Sumber : Dokumentasi Pribadi (Program SAP)

Gambar 4. 51 Structure Output Analysis Joint Displacements

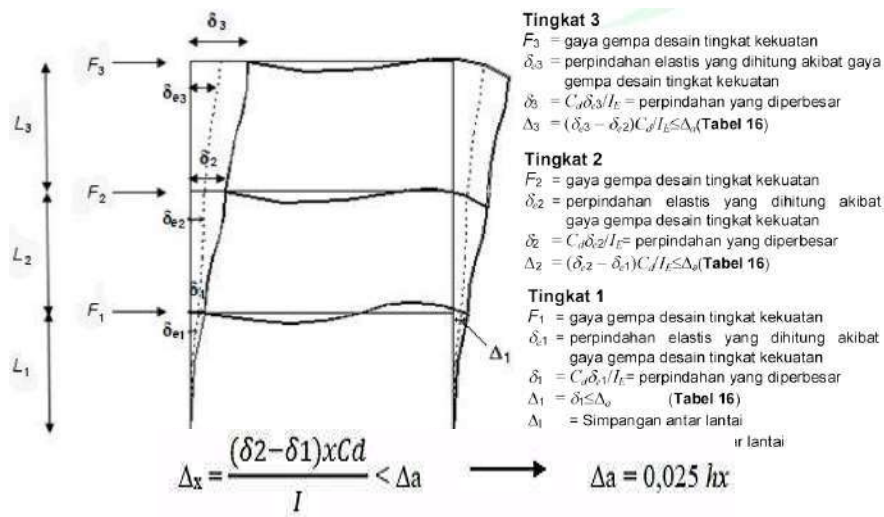
Tabel 4. 14 Simpangan Antara Lantai Ijin, Δ^a

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

^c Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam 7.12.3 tidak diabaikan.

^d Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

Sumber : SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung



Keterangan :

Δ_x = simpangan antar lantai

δ = defleksi yang terjadi

I = faktor keutamaan gempa

h_x = tinggi tingkat di bawah tingkat x

C_d = Faktor pembesaran defleksi

Gambar 4. 52 Penentuan Antar Simpangan

$C_d = 5,5$ (tabel 12 SNI 1726:2019)

$I = 1$ (tabel 4 SNI 1726:2019)

A. Pemeriksaan Simpangan antar Lantai arah X

1. Simpangan antara lantai 1 (dasar) dan lantai 2

$$\Delta_x = \frac{(d_2 - d_1) \times C_d}{I} < 0,025 \times h_x$$

$$\Delta_x = \frac{(2,788 - 0) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= 15,334 < 100 \quad \text{OKE}$$

2. Simpangan antara lantai 2 dan lantai 3

$$\Delta_x = \frac{(d_3 - d_2) \times C_d}{I} < 0,025 \times h_x$$

$$\Delta_x = \frac{(6,921 - 2,788) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= \frac{22,731}{1} \times 5,5 < 0,025 \times 4000$$

OKE

3. Simpangan antara lantai 3 dan lantai 4

$$\Delta x = \frac{(d4 - d3) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$

$$\Delta x = \frac{(11,004 - 6,921) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= \frac{22,456}{1} < 100$$

OKE

4. Simpangan antara lantai 4 dan lantai 5

$$\Delta x = \frac{(d5 - d4) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$

$$\Delta x = \frac{(14,534 - 11,004) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= \frac{19,415}{1} < 100$$

OKE

5. Simpangan antara lantai 5 dan lantai 6

$$\Delta x = \frac{(d5 - d4) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$

$$\Delta x = \frac{(17,306 - 14,534) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= \frac{15,246}{1} < 100$$

OKE

6. Simpangan antara lantai 6 dan lantai 7

$$\Delta x = \frac{(d5 - d4) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$

$$\Delta x = \frac{(19,200 - 17,306) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= \frac{10,417}{1} < 100$$

OKE

7. Simpangan antara lantai 7 dan lantai atap

$$\Delta x = \frac{(d_{atap} - d_5) \times Cd}{I} < 0,025 \times h_x$$

$$\Delta x = \frac{(21,114 - 19,200) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= 10,527 < 100 \quad \text{OKE}$$

Tabel 4. 15 Hasil Pemeriksaan Simpangan antar Lantai arah X

Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol Δx < Δ ijin
ATAP	4000	21,114	10,527	100	OK
LT.7	4000	19,200	10,417	100	OK
LT.6	4000	17,306	15,246	100	OK
LT.5	4000	14,534	19,415	100	OK
LT.4	4000	11,004	22,456	100	OK
LT.3	4000	6,921	22,731	100	OK
LT.2	4000	2,788	15,334	100	OK
LT.1 (DASAR)	0	0	0	0	

B. Pemeriksaan Simpangan antar Lantai arah Y

1. Simpangan antara lantai 1 (dasar) dan lantai 2

$$\Delta x = \frac{(d_2 - d_1) \times Cd}{I} < 0,025 \times h_x$$

$$\Delta x = \frac{(2,519 - 0) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= 13,854 < 100 \quad \text{OKE}$$

2. Simpangan antara lantai 2 dan lantai 3

$$\Delta x = \frac{(d3 - d2) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$
$$\Delta x = \frac{(6,336 - 2,519) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$
$$= 20,993 < 100 \quad \text{OKE}$$

3. Simpangan antara lantai 3 dan lantai 4

$$\Delta x = \frac{(d4 - d3) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$
$$\Delta x = \frac{(10,114 - 6,336) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$
$$= 20,779 < 100 \quad \text{OKE}$$

4. Simpangan antara lantai 4 dan lantai 5

$$\Delta x = \frac{(d5 - d4) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$
$$\Delta x = \frac{(13,404 - 10,114) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$
$$= 18,095 < 100 \quad \text{OKE}$$

5. Simpangan antara lantai 5 dan lantai 6

$$\Delta x = \frac{(d5 - d4) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$
$$\Delta x = \frac{(16,016 - 13,404) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$
$$= 14,336 < 100 \quad \text{OKE}$$

6. Simpangan antara lantai 6 dan lantai 7

$$\Delta x = \frac{(d5 - d4) \times Cd}{I} < 0,025 \times hx$$
$$\Delta x = \frac{(17,853 - 16,016) \times 5,5}{1} < 0,025 \times 4000$$

$$= \frac{1}{10,103} < 100 \quad \text{OKE}$$

7. Simpangan antara lantai 7 dan lantai atap

$$\Delta x = \frac{\text{datap} - d5}{I} \times Cd < 0,025 \times h_x$$

$$\Delta x = \frac{(18,980 - 17,853)}{1} \times 5,5 < 0,025 \times 4000$$

$$= 6,198 < 100 \quad \text{OKE}$$

Tabel 4. 16 Hasil Pemeriksaan Simpangan antar Lantai arah Y

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta y < \Delta$ ijin
ATAP	4000	18,980	13,854	100	OK
LT.7	4000	17,853	20,993	100	OK
LT.6	4000	16,016	20,779	100	OK
LT.5	4000	13,404	18,095	100	OK
LT.4	4000	10,114	14,336	100	OK
LT.3	4000	6,336	10,103	100	OK
LT.2	4000	2,518	6,198	100	OK
LT.1 (DASAR)	0	0	0	0	

4.7.7 Penentuan Momen pada Portal

Menentukan momen, perhitungan dilakukan menggunakan bantuan program aplikasi komputer (SAP 2000 v.14). Hasil momen yang didapat sesuai dengan data masukan.

Menentukan sengkang jika nilai $V_u < \phi V_c$ maka tanpa menggunakan tulangan geser, untuk mencari jarak minimal jika hasil seperti diatas maka menggunakan pedoman $S = d/2$ atau jarak maksimal 600 mm. (buku gideon jilid 1- grafik dan tabel perencanaan beton bertulang hal. 129)

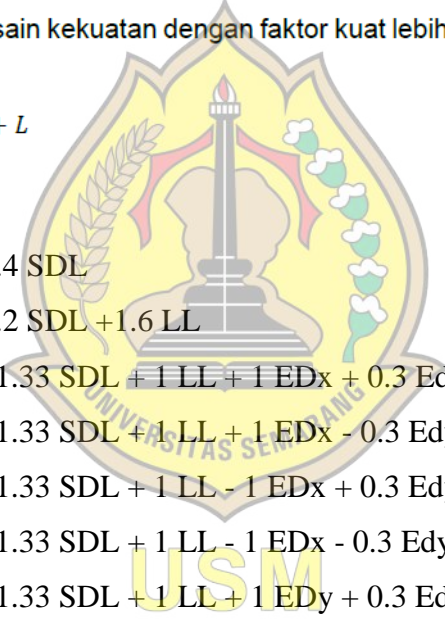
Dengan kombinasi Pembebanan menurut SNI 2847 : 2019 Pasal 5.3.1 :

Tabel 4. 17 Kombinansi Beban

Kombinasi beban	Persamaan	Beban utama
$U = 1,4D$	(5.3.1a)	D
$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$	(5.3.1b)	L
$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$	(5.3.1c)	$L_r \text{ atau } R$
$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$	(5.3.1d)	W
$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$	(5.3.1e)	E
$U = 0,9D + 1,0W$	(5.3.1f)	W
$U = 0,9D + 1,0E$	(5.3.1g)	E

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan dengan faktor kuat lebih (lihat 4.2.2 dan Pasal 3 untuk notasi):

6. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + E_{mh} + L$
7. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + E_{mh}$

- 
- Komb. 1 = $1.4 D + 1.4 SDL$
- Komb. 2 = $1.2 D + 1.2 SDL + 1.6 LL$
- Komb. 3 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL + 1 ED_x + 0.3 Ed_y$
- Komb. 4 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL + 1 ED_x - 0.3 Ed_y$
- Komb. 5 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL - 1 ED_x + 0.3 Ed_y$
- Komb. 6 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL - 1 ED_x - 0.3 Ed_y$
- Komb. 7 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL + 1 ED_y + 0.3 Ed_x$
- Komb. 8 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL + 1 ED_y - 0.3 Ed_x$
- Komb. 9 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL - 1 ED_y + 0.3 Ed_x$
- Komb. 10 = $1.33 D + 1.33 SDL + 1 LL - 1 ED_x - 0.3 Ed_y$
- Komb. 11 = $0.77 D + 0.77 SDL + 1 ED_x + 0.3 Ed_y$
- Komb. 12 = $0.77 D + 0.77 SDL + 1 ED_x - 0.3 Ed_y$
- Komb. 13 = $0.77 D + 0.77 SDL - 1 ED_x + 0.3 Ed_y$
- Komb. 14 = $0.77 D + 0.77 SDL - 1 ED_x - 0.3 Ed_y$
- Komb. 15 = $0.77 D + 0.77 SDL + 1 ED_y + 0.3 Ed_x$
- Komb. 16 = $0.77 D + 0.77 SDL + 1 ED_y - 0.3 Ed_x$
- Komb. 17 = $0.77 D + 0.77 SDL - 1 ED_y + 0.3 Ed_x$
- Komb. 18 = $0.77 D + 0.77 SDL - 1 ED_y - 0.3 Ed_x$

Keterangan:

D = Beban Mati Sendiri Struktur

SDL = Beban Mati Tambahan Pada Struktur

LL = Beban Hidup

EDx = Beban Gempa Arah x (dipilih beban gempa dinamik)

EDy = Beban Gempa Arah y (dipilih beban gempa dinamik)

Hasil momen berbentuk tabel terlampir sebagai lampiran.

4.7.7.1 Menghitung Tulangan Kolom

➔ Kolom K1A 70 × 70 (Analisis SAP)

a. Kolom Sentris

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStatic
7910	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-3,0391914	5,05388	-2,59844	2,6577	188,53125	171,74418	7910-1	4,2
7911	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-2611,079	-81,46737	-100,6139	0,75164	262,94428	233,36593	7911-1	4,2
7912	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-2169,3793	81,51041	-93,26416	1,18451	265,55748		7912-1	4,2
7913	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-1716,8773		14,83507	2,08358	262,00215		7913-1	4,2
7914	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-1249,9796		-108,4859	2,85647	258,24104		7914-1	4,2
7915	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-767,37735	72,77029	-98,56125	3,423	211,9267	195,12004	7915-1	4,2
7916	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-303,29728	117,08096	-40,24145	3,6517	284,11229	242,10623	7916-1	4,2
7917	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-3868,8109	-14,6195	83,46997	2,45753	227,43052	23,80439	7917-1	4,2
7918	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-3302,8472	-132,7681	45,16507	0,81776	310,35099	37,6838	7918-1	4,2
7919	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	110,62498	110,62498	35,15148	1,13576	313,28058	32,97307	7919-1	4,2
7920	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-19,26756	-19,26756	-53,37789	2,13909	310,61632	10,85359	7920-1	4,2
7921	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	30,50366	30,50366	104,85355	2,86098		-19,03714	7921-1	4,2
7922	4,2	ENVELOPE	Combination	Max	-978,18237	75,54693	-121,67281	3,43809		-39,74134	7922-1	4,2

Sumber : Dokumentasi Pribadi (Program SAP)

Gambar 4. 53 Structure Output Analysis Element forces

Kebutuhan Tulangan Utama adalah :

$$PU = 3868,810 \text{ KN}$$

$$M_x = 313,280 \text{ KNm}$$

$$M_y = 242,106 \text{ KNm}$$

$$\text{Mutu Beton } f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$A_g = 700 \times 700$$

Perhitungan pengaruh tekuk

$$\bullet \text{ Beban Mati} = 2592,906 \text{ KN/m}^2$$

$$\bullet \text{ Beban Hidup} = 451,413 \text{ KN/m}^2$$

$$\beta d = \frac{1,2 \times DL}{(1,2 \times DL) + (1,6 \times LL)}$$

$$\beta d = \frac{1,2 \times 2592,906}{(1,2 \times 2592,906) + (1,6 \times 451,413)} = 0,810$$

Modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} \\ = 4700 \times \sqrt{25} = 25743 \text{ Mpa} = 257430$$

Momen inersia kolom

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ = \frac{1}{12} \times 70 \times 70^3 \\ = 2000833 \text{ cm}^4$$

$$E_k = \frac{E_c \times I_g}{2,5 \times (1 + \beta d)} \\ = \frac{257430 \times 2000833}{2,5 \times (1 + 0,810)} = 11,138 \times 10^{10}$$

Momen inersia balok

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ = \frac{1}{12} \times 40 \times 80^3 \\ = 1706666 \text{ cm}^4$$

$$E_b = \frac{E_c \times I_g}{2,5 \times (1 + \beta d)}$$

$$= \frac{257430 \times 1706666}{2,5 \times (1+0,810)} = 9,709 \times 10^{10}$$

Kekakuan relatif pada ujung atas kolom dipengaruhi kekakuan dari balok. Ukuran dari balok 40×80 , dan panjang $l_b = 8,00 - 0,40 = 7,60$ m ; $l_k = 4,20$ m.

$$\begin{aligned}\Psi_A &= (E l_k / I_k) / (E l_b / I_b) \\ &= (11,138 \times 10^{10} / 420) / (9,709 \times 10^{10} / 760) \\ &= 2,076\end{aligned}$$

Kekakuan relatif pada ujung bawah kolom : $\Psi_B = 0$

$$\begin{aligned}K &= 0,7 + 0,05 \times (\Psi_A + \Psi_B) \\ &= 0,7 + 0,05 \times (2,076 + 0) \\ &= 0,804\end{aligned}$$

$$\text{Panjang tekuk kolom } L_c = K \times L_k = 0,804 \times 420 = 337,68$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk kolom persegi, jari - jari inersia } r &= 0,3 \times h \\ &= 0,3 \times 70 = 21\end{aligned}$$

$$\text{Rasio kelangsingan kolom, } \lambda = L_c / r = 337,68 / 21 = 16,08$$

Lengkungan yang terjadi pada kolom adalah lengkungan ganda.

$$M_1 = 313,280 \text{ KNm}$$

$$M_2 = 242,106 \text{ KNm}$$

Batas kelangsingan kolom adalah

$$34 - 12 \times M_1/M_2 = 34 - 12 \times 313,280/242,106 = 18,472$$

Pemeriksaan kelangsingan kolom

$$\lambda = L_c / r = 16,08 \leq 34 - 12 \times M_1/M_2 = 18,472 \text{ (OK)}$$

maka pengaruh tekuk tidak perlu ditinjau pada perhitungan penulangan kolom.

Perhitungan Penulangan Kolom Sentris

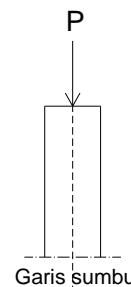
$$P_U = 3868,810 \text{ KN}$$

$$M_x = 313,280 \text{ KNm}$$

$$M_y = 242,106 \text{ KNm}$$

$$\rho_{\min} = 0,01$$

$$\rho = r \times \beta \quad \rho > \rho_{\min}$$



$$A_g \text{ perlu} = \frac{P_U}{0,85 \times \phi \times (0,85 \times f_c' \times (1 - \rho) + \rho \times f_y)}$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{3868810}{0,85 \times 0,8 \times (0,85 \times 30 \times (1 - 0,01) + 0,01 \times 420)}$$

$$A_g \text{ perlu} = 193222$$

Menentukan beban aksial kolom

$$\phi P_n \text{ beton} = 0,85 \times (0,85 \times f_c \times (1 - \rho) \times A_g \text{ perlu})$$

$$\phi P_n \text{ beton} = 0,85 \times (0,85 \times 30 \times (1 - 0,01) \times 193222)$$

$$\phi P_n \text{ beton} = 4146205 \text{ N} = 4146,205 \text{ KN}$$

$$\phi P_n \text{ beton} = 4146,205 \text{ KN} > P_U = 3868,810 \text{ KN}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_{st} = \frac{\phi P_n}{0,85 \times \phi \times f_y}$$

$$A_{st} = \frac{4146205}{0,85 \times 0,85 \times 420}$$

$$A_{st} = 13663,552 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan } n = \frac{A_{st}}{\left(\frac{1}{4} \times \pi\right) \times d^2}$$

$$= \frac{13663,552}{\left(\frac{1}{4} \times \pi\right) \times 25^2}$$

$$= 27,765 \sim 28 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan 28 D25 ($A_s = 13737,5 \text{ mm}^2$) $>$ $A_{st} = 13663,552 \text{ mm}^2$.

(OK)

Tulangan Senggang

$$V_u = 117,080 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \phi_S - \frac{1}{2} \phi_P \\ &= 700 - 40 - 10 - \left(\frac{1}{2} \times 25\right) \\ &= 637,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$P_u = N_u = 3868,81 \text{ KN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{117,080}{0,8} = 146,35 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left(1 + 0,073 \times \frac{N_u}{A_g}\right) \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \left(1 + 0,073 \times \frac{3868810}{700^2}\right) \times \sqrt{420} \times 700 \times 637,5 \\ &= 2450,817 \text{ N} = 2,450 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{2}{3}\right) \times f_c' \times b \times d \geq (V_n - V_c)$$

$$\left(\frac{2}{3}\right) \times 25 \times 700 \times 637,5 \geq (146,35 - 2,450)$$

$$8925 \text{ kN} \geq (143,900)$$

Maka ukuran penampang mencukupi

$$\varphi \times \frac{V_c}{2} = 0,8 \times \frac{2,450}{2} = < V_u$$

$$= 0,980 < V_u = 117,080 \text{ KN}$$

Maka perlu tulangan geser

Akan digunakan sengkang diameter 13 mm :

$$A_{st} = \frac{b \times s}{3 \times f_y}$$

$$A_{st} = \frac{700 \times 1000}{3 \times 240} = 972,222 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\varnothing 12 - 100$ ($A_s = 1130 \text{ mm}^2$) $> A_{st} = 972,222 \text{ mm}^2$. (OK)

b. Kolom Eksentris

Perhitungan tulangan kolom

$$P_u = 3868,810 \text{ KN}$$

$$M_x = 313,280 \text{ KNm}$$

$$M_y = 242,106 \text{ KNm}$$

$$\rho_{min} = 0,01$$

$$\rho = r \times \beta \quad \rho > \rho_{min}$$

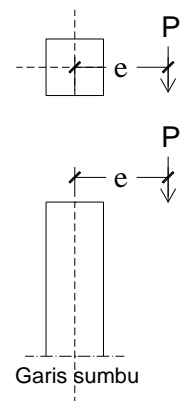
persyaratan eksentrisitas minimal kolom

$$e_{min} = (15 + 0,03 \times h) = (15 + 0,03 \times 70) = 17,10 \text{ cm}$$

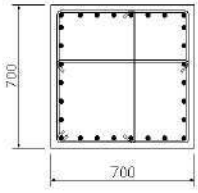
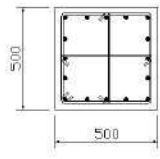
$$\text{eksentrisitas beban } e_t = M_u/P_u = 242,106/3868,810 = 0,063 \text{ m} = 6,3 \text{ cm}$$

karena $e_t = 6,3 \text{ cm} < e_{min} = 16,80 \text{ cm}$

maka bukan kolom eksentris.



DETAIL KOLOM :

TIPE KOLOM	K1	K2
PENAMPANG		
B X H	700 X 700	500 X 500
TULANGAN UTAMA	28 D25	16 D25
TULANGAN SENGGANG	D12-100	D12-100

Gambar 4. 54 Detail Penulangan Kolom

4.7.7.2 Menghitung Tulangan Balok

→ Balok Induk 40 x 80 (Analisis SAP)

Panjang balok (L) = 8000 mm

Lebar balok (b) = 400 mm

Tinggi balok (h) = 800 mm

Tebal penutup beton (p) = 40 mm

Diameter tulangan utama = D 25 mm

Diameter tulangan sengkang = D 13 mm

f_c' = 29 Mpa

f_y = 420 Mpa (tulangan pokok)

f_y = 280 Mpa (tulangan sengkang)

β_1 = 0,85

Mu tumpuan = - 462,9334 KNm

Mu lapangan = 709,9558 KNm

Vu tumpuan = 579,552 KN

Vu lapangan = 216,507 KN

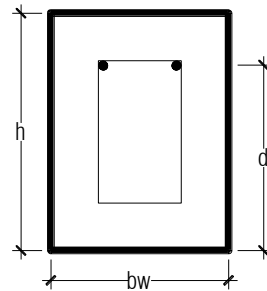
Tu = 9,7406 KN

- Tulangan Tumpuan

Misalkan tulangan pokok D25, tulangan sengkang D13, penutup beton = 4 cm

Tinggi efektif d adalah :

$$\begin{aligned} d &= h - p - \varnothing_{\text{sengkang}} - (\varnothing_{\text{tp}}/2) \\ &= 80 - 4 - 1 - (2,5/2) \\ &= 73,75 \text{ cm} \\ d &= 737,5 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$M_u (+) \text{ max} = - 462,9334 \text{ KNm}$$

$$M_n = \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \left(1 - \frac{0,59 \cdot f_y}{f_y} \right)$$

$$M_u = M_D = \Phi \cdot M_n \rightarrow \text{jika } M_u \text{ diketahui}$$

$$M_n = M_u / \Phi = 462,9334 / 0,85 = 544,627 \text{ KN-m}$$

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

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{420} \right) \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,030$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,030$$

$$= 0,0225$$

$$\rho_{\text{desain}} = 0,5 \rho_{\text{max}}$$

$$= 0,5 \times 0,0225$$

$$= 0,01125$$

$\rho < \rho_b$ (Balok Bertulang Seimbang / *Balance*)

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{0,59 \cdot f_y}{f_y} \right)$$

$$R_n = 0,030 \times 420 \times \left(1 - \frac{0,59 \times 420}{420} \right)$$

$$= 5,166$$

$$A_s = \rho_{\text{desain}} \times b \times d$$

$$= 0,01125 \times 400 \times 737,5$$

$$= 3318,75 \text{ mm}^2$$

Lebar efektif balok T

$$b_e = (16 \times hf) + b_w$$

$$= (16 \times 150) + 400$$

$$= 2800 \text{ mm}$$

Keseimbangan $c = T$ atau $c - T = 0$

$$T = A_s \times f_y$$

$$c = 0,85 \times f_c \times ab \rightarrow c = T$$

$$0,85 \times f_c \times ab = A_s \times f_y$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{\Phi \times f_c' \times be}$$

$$a = \frac{3318,75 \times 420}{0,85 \times 30 \times 2800} = \mathbf{19,52 \text{ mm}}$$

Letak garis netral (c) = $\alpha/\beta_1 = 19,52/0,85 = 22,967 \text{ mm} < hf = 120 \text{ mm}$

karena $c < hf$, garis netral di dalam flens, sebagai balok persegi dengan lebar be .

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - (a/2))$$

$$= 3318,75 \times 420 \times (737,5 - (19,52/2)) = 1014,378 \text{ KNm}$$

$$M_u = \Phi \times M_n$$

$$= 0,85 \times 1014,378 = 862,221 \text{ KNm}$$

$M_n > M_n \text{ perlu} \rightarrow$ aman

$$M_n = 1014,378 \text{ KNm} > M_n \text{ perlu} = 544,627 \text{ KNm} \rightarrow \text{Aman}$$

$M_u > M_u \text{ perlu} \rightarrow$ Aman

$$M_u = 862,221 \text{ KNm} > M_u \text{ perlu} = 462,9334 \text{ KNm} \rightarrow \text{Aman}$$

- Tulangan Lapangan

$$M_u (+) \text{ max} = 709,9558 \text{ KNm}$$

$$M_n = \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \left(1 - \frac{0,59 \cdot f_y}{f_y}\right)$$

$$M_u = M_D = \Phi \cdot M_n \rightarrow \text{jika } M_u \text{ diketahui}$$

$$M_n = M_u / \Phi = 709,9558 / 0,85 = 835,242 \text{ KN-m}$$

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

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{420}\right) \left(\frac{600}{600 + 420}\right) = \mathbf{0,030}$$

$$P_{\text{max}} = 0,75 \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,030$$

$$= 0,0225$$

$$\rho_{\text{desain}} = 0,5 \rho_{\text{max}}$$

$$= 0,5 \times 0,0225$$

$$= 0,01125$$

$P < \rho_b$ (Balok Bertulang Seimbang / Balance)

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{0,59 \cdot f_y}{f_y}\right)$$

$$Rn = 0,030 \times 420 \times \left(1 - \frac{0,59 \times 420}{420}\right)$$

$$= 5,166$$

$$As = \rho_{\text{desain}} \times b \times d$$

$$= 0,01125 \times 400 \times 737,5$$

$$= 3318,75 \text{ mm}^2$$

Lebar efektif balok T

$$be = (16 \times hf) + bw$$

$$= (16 \times 150) + 400$$

$$= 2800 \text{ mm}$$

Kesetimbangan $c = T$ atau $c - T = 0$

$$T = As \times fy$$

$$c = 0,85 \times fc \times ab \rightarrow c = T$$

$$0,85 \times fc \times ab = As \times fy$$

$$a = \frac{As \times fy}{\Phi \times fc' \times be}$$

$$a = \frac{3318,75 \times 420}{0,85 \times 30 \times 2800} = 19,522 \text{ mm}$$

$$\text{Letak garis netral (c)} = \alpha/\beta 1 = 19,522/0,85 = 22,967 \text{ mm} < hf = 150 \text{ mm}$$

karena $c < hf$, garis netral di dalam flens, sebagai balok persegi dengan lebar be .

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mn = As \times fy \times (d - (a/2))$$

$$= 3318,75 \times 420 \times (737,5 - (19,522/2)) = 1014,337 \text{ KNm}$$

$$Mu = \Phi \times Mn$$

$$= 0,85 \times 1014,337 = 862,22 \text{ KNm}$$

$Mn > Mn \text{ perlu} \rightarrow \text{aman}$

$$Mn = 1014,337 \text{ KNm} > Mn \text{ perlu} = 835,242 \text{ KNm} \rightarrow \text{Aman}$$

$Mu > Mu \text{ perlu} \rightarrow \text{Aman}$

$$Mu = 862,22 \text{ KNm} > Mu \text{ perlu} = 709,9558 \text{ KNm} \rightarrow \text{Aman}$$

- Perencanaan Tulangan Akibat Geser

$$Vu = 579,552 \text{ KN}$$

$$Vn = \frac{579,552}{0,75}$$

$$= 772,446 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 737,5 \\ &= 201972 \text{ N} = 210,972 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$3 \times \phi V_c = 3 \times 210,972 = 632,916 \text{ KN}$$

$\phi V_c < V_u < 3 \times \phi V_c$ (memerlukan tulangan geser)

$$210,972 \text{ KN} < 579,552 \text{ KN} < 632,916 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= V_u - \phi V_c \\ &= 579,552 - 210,972 \\ &= 368,580 \text{ KN} = 368580 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s \text{ max} &= 0,6 \times \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0,6 \times \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 400 \times 737,5 \\ &= 646312 \text{ N} = 646,312 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$V_s = \frac{\phi V_s}{\phi} = \frac{646312}{0,75} = 861750 \text{ N}$$

$\phi V_s < \phi V_s \text{ max} \dots \text{OK}$

$$\phi V_s = 368,580 \text{ KN} < \phi V_s \text{ max} = 646,312 \text{ KN} \dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{A_v \times d \times f_y}{V_s} \\ &= \frac{(2 \times 0,25 \times 3,14 \times 13^2) \times 737,5 \times 420}{861750} \\ &= 95,371 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jadi dipakai D10 – 150 ($A_s = 523 \text{ mm}^2$)

- Perencanaan Tulangan akibat Torsi

$$T_u = 9,7406 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}T_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{15} \times b \times h^2 \\ &= \frac{\sqrt{30}}{15} \times 400 \times 800^2 \\ &= 93477983 \text{ Nmm} = 93,478 \text{ KNm}\end{aligned}$$

$T_u < T_c$ maka tidak diperlukan tulangan torsi

- Menghitung Tulangan

Diambil contoh balok K1 40x80cm

4689,	1466,	3656,
2243,	6055,	1767,

Sumber : Dokumentasi Pribadi (Program SAP)

Gambar 4. *Structure Output Analysis forces*

Luas tulangan pada balok 40 x 80

Apabila menggunakan tulangan D25 mm, maka :

4689	1466	3656
2243	6055	1767

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 490,625 \text{ mm}^2$$

N tulangan = Luasan / A tulangan (min jumlah tulangan 2)

$$\text{Tumpuan kiri atas} = 4689 / 490,625 = 9,754 \rightarrow 10 \text{ buah}$$

$$\text{Tumpuan kiri bawah} = 2243 / 490,625 = 4,661 \rightarrow 5 \text{ buah}$$

$$\text{Lapangan atas} = 1466 / 490,625 = 2,988 \rightarrow 3 \text{ buah}$$

$$\text{Lapangan bawah} = 6055 / 490,625 = 12,341 \rightarrow 12 \text{ buah}$$

$$\text{Tumpuan kanan atas} = 3656 / 490,625 = 7,451 \rightarrow 8 \text{ buah}$$

$$\text{Tumpuan kanan bawah} = 1767 / 490,625 = 3,601 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

Kesimpulan :

Dari hasil analisis yang telah digunakan dapat disimpulkan bahwa struktur balok AMAN dan mampu menerima beban. Tulangan yang digunakan pada balok adalah :

10D25	3D25	10D25
5D25	12D25	5D25

DETAIL BALOK:

TIPE BALOK	B1	
	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
B X H	400 X 800	400 X 800
TULANGAN ATAS	10 D25	3 D25
TULANGAN BADAN	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	5 D25	12 D25
TULANGAN SENGKANG	3D 10-100	3D 10-150
TIPE BALOK	B2	
	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
B X H	300 X 500	300 X 500
TULANGAN ATAS	5 D25	3 D25
TULANGAN BADAN	2 D13	2 D13
TULANGAN BAWAH	3 D25	5 D25
TULANGAN SENGKANG	2D 10-100	2D 10-150
TIPE BALOK	B3	
	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
B X H	200 X 400	200 X 400
TULANGAN ATAS	4 D25	2 D25
TULANGAN BADAN	2 D13	2 D13
TULANGAN BAWAH	2 D25	4 D25
TULANGAN SENGKANG	2D 10-100	2D 10-150

Gambar 4. 55 Detail Penulangan Balok

4.8 Hubungan Balok Dan Kolom

Hubungan balok dan kolom dalam hal ini adalah konsep perencanaan desain *Strong Column Weak Beam* (SCWB) adalah salah satu inovasi desain struktur dengan cara membuat sistem struktur yang memiliki mekanisme keruntuhan sesuai hierarki yang dikehendaki, yakni terlebih dahulu sendi plastis diizinkan terbentuk pada balok dan mengusahakan tidak terjadi sendi plastis pada kolom selama gempa berlangsung. Jika sampai terjadi sendi plastis di kolom, jangan sampai terdapat di ujung atas kolom.

Berdasarkan Pasal 18.7.3.2 SNI Beton (SNI-2847-2019), kekuatan lentur kolom harus memenuhi batasan sebagai berikut.

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

Dimana:

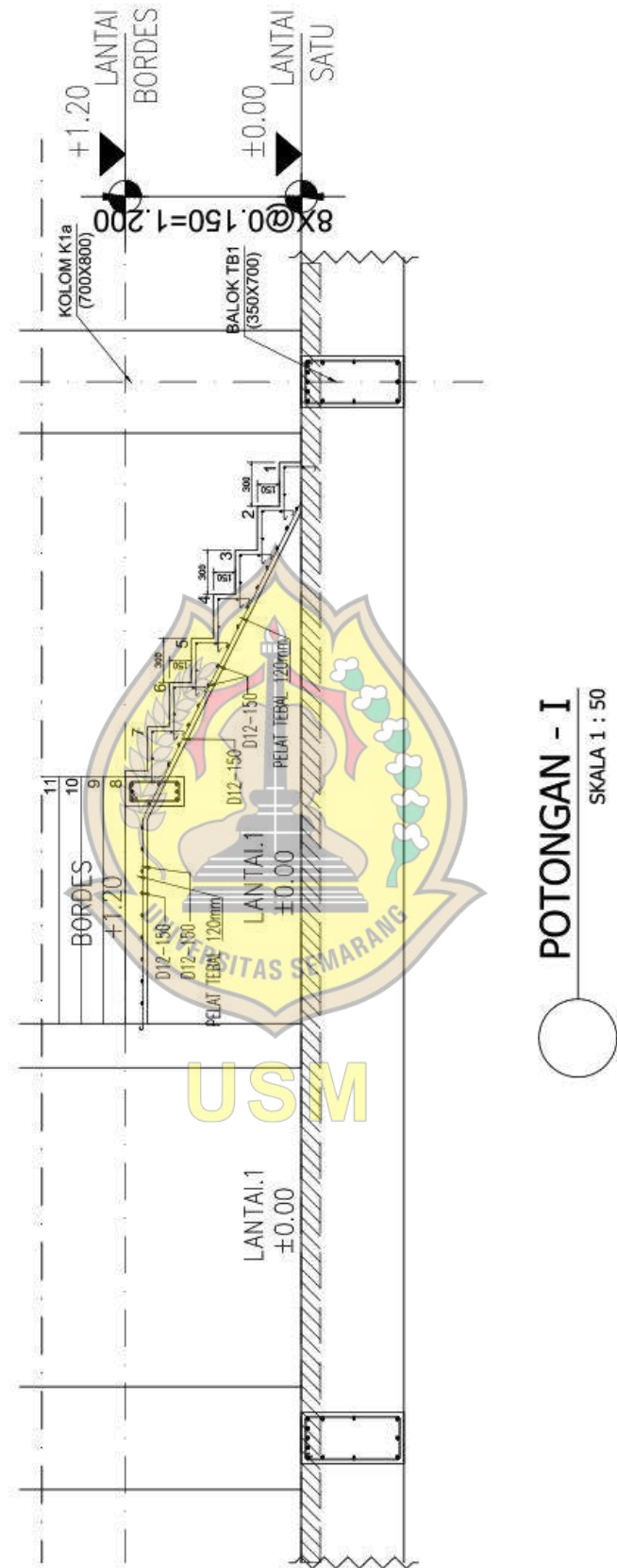
$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

$\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

Pengecekan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

	Rumus	Nilai	Satuan	Keterangan
Momen Nominal Kolom, M_{nc}		313,280	kN m	<i>Output SAP</i>
M_n - Tumpuan Balok		-462,933	kN m	<i>Output SAP</i>
M_n lapangan Balok		709,9558	kN m	<i>Output SAP</i>
Cek SCWB	$2 * M_{nc} \geq 1.2 * (M_n^- + M_n^+)$	OK		Syarat terpenuhi

Tabel 4. 18 Pengecekan Strong Column Weak Beam (SCWB)



Gambar 4. 57 Gambar 52.Potongan Tangga

Sumber : Dokumen Pribadi (Program AutoCAD), 2023

1. Data perencanaan tangga

Tinggi antar bordes	= 1,80 m
Lebar tangga	= 1,65 m
Kemiringan (α)	= 27°
Panjang bordes	= 2,00 m
Lebar bordes	= 1,80 m

2. Mencari tinggi *optrade* dan panjang *antrade* :

- Rumus umum yang digunakan adalah :

$$1 \text{ antrade (mendatar)} + 2 \text{ optrade (naik)} = 57 \text{ hingga } 65 \text{ cm}$$

Jadi untuk mendapatkan tangga yang nyaman dan ideal, dapat menggunakan rumus umum diatas.

- Syarat kenyamanan anak tangga :

$$O = \text{Optrade (langkah tegak)} = 15 \text{ cm} - 20 \text{ cm}$$

$$A = \text{Antrade (langkah datar)} = 20 \text{ cm} - 35 \text{ cm}$$

- Maka Direncanakan :

$$O = 15 \text{ cm}$$

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

Pengecekan kenyamanan :

$$2.O + A = 60 - 65 \rightarrow \text{ideal}$$

$$(2 \times 15) + 30 = 60 \rightarrow \text{ideal}$$

Pengecekan kemiringan :

$$\tan \alpha = \frac{15}{30} = 0,5$$

$$\alpha = 27^\circ$$

syarat kemiringan $25^\circ < 27^\circ < 45^\circ \rightarrow \text{OK}$

$$\text{jumlah antrade} = \frac{\text{SPL}}{30} = \frac{330}{30} = 11$$

$$\text{jumlah optrade} = \text{jumlah antrade} + 1 = 12$$

3. Menghitung tebal plat tangga

$$L = \sqrt{(SPL)^2 + H^2}$$

$$L = \sqrt{(330)^2 + 180^2}$$

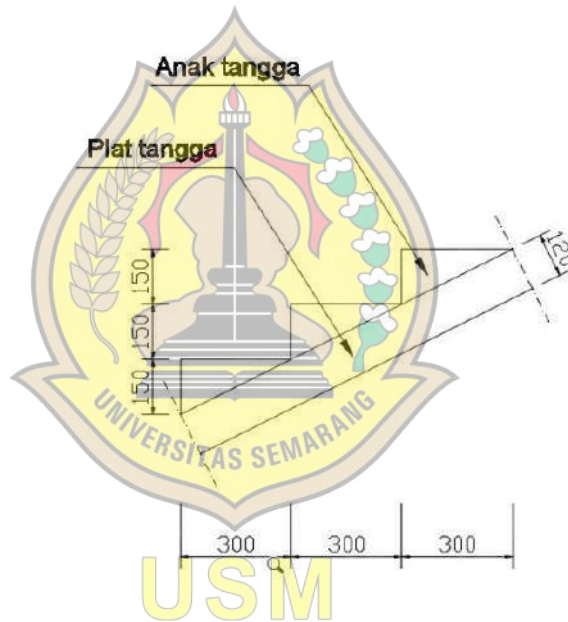
$$= 375,90 \text{ cm}$$

$$\text{tebal plat tangga (ht)} = \frac{1}{27} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$= \frac{1}{27} \times 375,90 \times \left(0,4 + \frac{240}{700} \right)$$

$$= 10,342 \text{ cm} \rightarrow \text{digunakan}$$

12cm



Sumber : Dokumen Pribadi (Program AutoCAD), 2023

Gambar 4. 58 Dimensi Tangga

4. Pembebanan plat tangga (h = 0,12 m)

- Beban mati (W_D)

$$\text{Beban anak tangga} = 0,1 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Penutup lantai (ubin)} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 2 cm)} = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Handrill (taksiran)} = 15 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total} = 321 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup (W_L) = 300 kg/m²

5. Pembebanan plat bordes

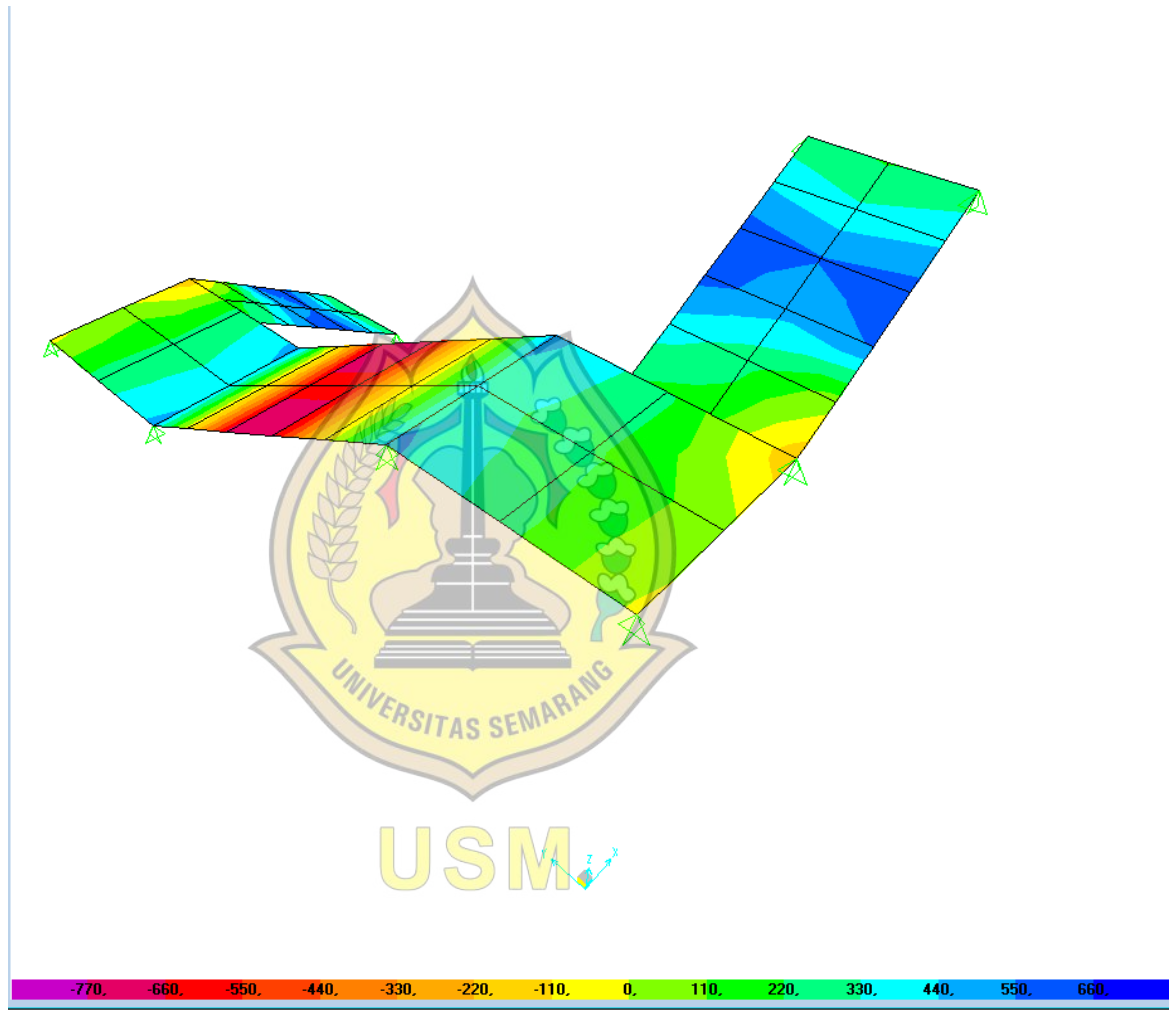
- Beban mati (W_D)
 - Penutup lantai (ubin) = 24 kg/m²
 - Spesi (t = 2 cm) = 42 kg/m²
 - Handrill (taksiran) = 15 kg/m² +
 - Total = 81 kg/m²
- Beban hidup (W_L) = 300 kg/m²

Selanjutnya beban dimasukkan sebagai beban merata (*Uniform Shell*) dalam program SAP 2014 .



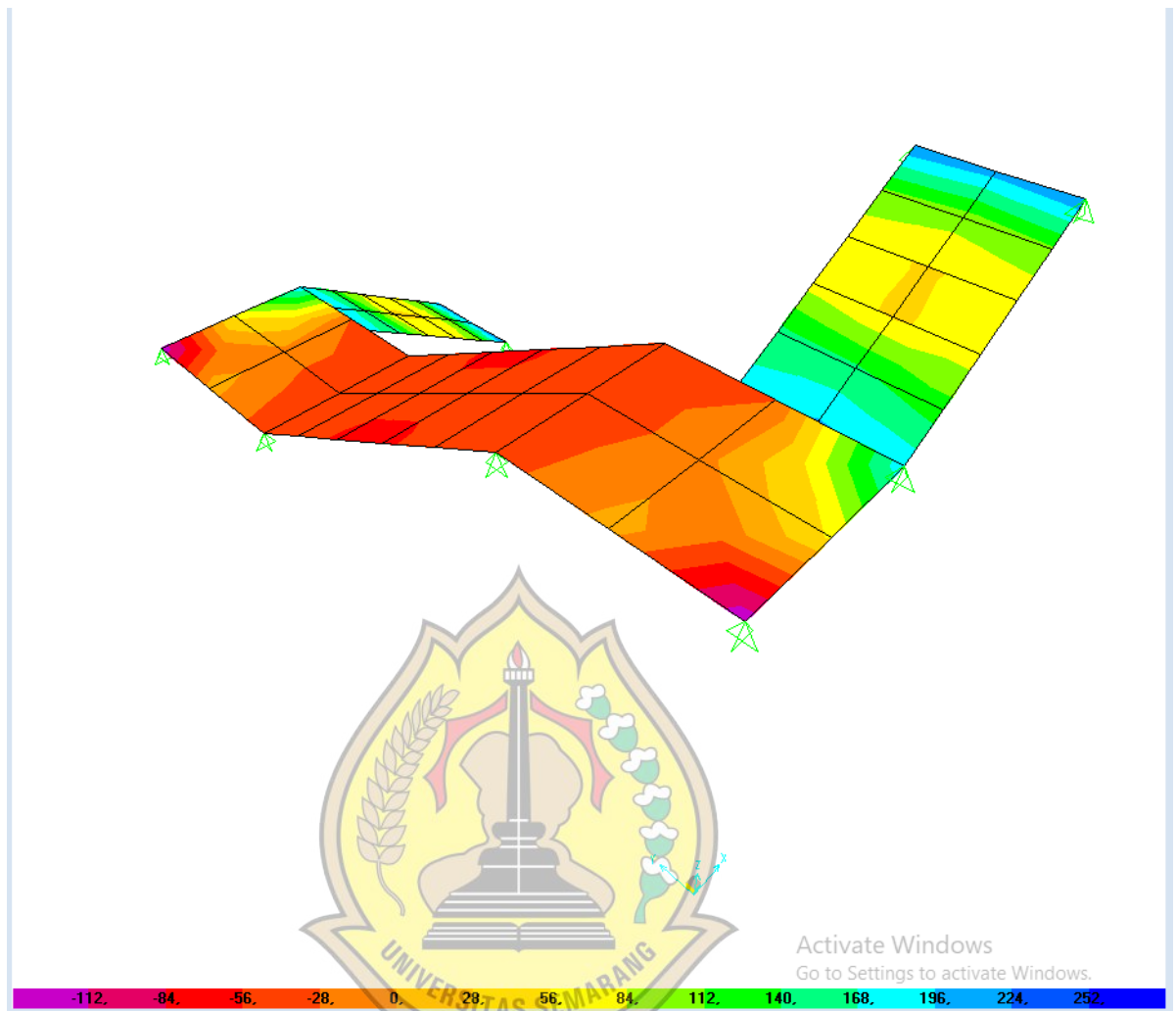
4.9.2 Analisa Gaya dalam Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Analisa gaya dalam (khususnya momen) pada pelat tangga dan pelat bordes dilakukan seperti halnya analisa pelat dengan bantuan program SAP 2000.



Sumber : Dokumen Pribadi (Program SAP2000), 2023

Gambar 4. 59 Momen M11 (momen arah X) Tangga dan Bordes



Sumber : Dokumen Pribadi (Program SAP2000), 2023

Gambar 4. 60 Momen M_{22} (momen arah Y) Tangga dan Bordes

Berikut analisa warna untuk ketahanan struktur pada program SAP2000 (Adrianto, 2007) :

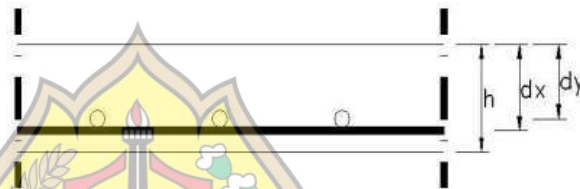
- Warna biru muda : rasio 0.00 sampai 0.50 : sangat aman
- Warna hijau : rasio 0.50 sampai 0.70 : aman
- Warna kuning : rasio 0.70 sampai 0.90 : aman
- Warna ungu : rasio 0.90 sampai 0.94 : cukup aman
- Warna merah : rasio > 0.95 : kritis (overstress/OS)

Jenis plat	M _{max} M11 (arah x)				M _{max} M22 (arah y)			
	Area	M _{tump.}	Area	M _{lap.}	Area	M _{tump.}	Area	M _{lap.}
	Text	kgf.cm	Text	kgf.cm	Text	kgf.cm	Text	kgf.cm
Tangga	31	-117,26	15	222,24	23	-844,26	8	636,2
Boredes	37	-131,96	36	247,83	36	-33,72	40	538,04

Hasil analisa pelat tangga dan pelat bordes disajikan sebagai berikut :

Tabel 4. 19 Hasil Output Pelat Tangga dan Bordes pada SAP2000

4.9.3 Perhitungan Penulangan Pelat Bordes



Gambar 4. 61 Gambar 55. Tebal Efektif pada plat tangga

Sumber: Dokumen Pribadi (Program AutoCAD), 2022

$$\begin{aligned}
 f'c &= 24,9 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2 \\
 fy &= 240 \text{ Mpa} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Tebal plat (h)} &= 120 \text{ cm} \\
 \text{Tebal selimut beton (p)} &= 2 \text{ cm} \\
 \text{Diameter tulangan } (\varnothing) &= 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi efektif sumbu x (dx)} &= h - p - \frac{1}{2} \varnothing \\
 &= 12 - 2 - \frac{1}{2} \times 1,2 \\
 &= 94 \text{ mm} = 9,4 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi efektif sumbu y (dy)} &= h - p - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing \\
 &= 12 - 2 - 1,2 - \frac{1}{2} \times 1,2 \\
 &= 8,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

a. Perhitungan tulangan tangga

Perhitungan tulangan tumpuan tangga arah x

$$M_u = 117,26 \text{ kg.m} = 117,26 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{117,26 \times 10^4}{0,8} = 146,575 \text{ kg.cm}$$

$$\beta = 0,85 \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ Mpa}$$

$$K = \frac{M_n}{b \cdot d^2 \cdot R_I}$$

$$R_I = \beta \cdot f'c = 0,85 \times 30 = 255 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = \frac{146,575}{100 \cdot 9,4^2 \cdot 255} = 0,00007$$

$$F = 1 - \sqrt{1 - 2K} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,00007} = 0,00007$$

$$F_{\min} = \frac{14}{R_I} \rightarrow F_{\min} = \frac{14}{255} = 0,055$$

$$F_{\max} = \beta \times \frac{4500}{6000 + f_y} \rightarrow F_{\max} = 0,85 \times \frac{4500}{6000 + 2400} = 0,455$$

Jika $F < F_{\max}$ maka digunakan tulangan tunggal

Jika $F > F_{\max}$ maka digunakan tulangan ganda

Maka digunakan hitungan tulangan tunggal dengan nilai $F = 0,055$

$$A_s = F \cdot b \cdot d \cdot \frac{R_I}{f_y} = 0,055 \cdot 100 \cdot 9,4 \cdot \frac{255}{2400} = 5,39 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipasang tulangan} = \text{Ø}12 - 150 (A_s = 7,54 \text{ cm}^2)$$

USM

(tabel Gideon Kusuma Jilid 4, hal 15)

$$\rho = \frac{A_s \text{ terpasang}}{b \cdot d} = \frac{7,54}{100 \times 9,4} = 0,008$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{2400} = 0,0058$$

$$\rho_{\max} = \beta \times \left(\frac{4500}{6000 + f_y} \times \frac{R_I}{f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,85 \times \left(\frac{4500}{6000 + 2400} \times \frac{255}{2400} \right) = 0,048$$

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

berikut hasil perhitungan momen tangga dan bordes:

HASIL PERHITUNGAN MOMEN PLAT TANGGA DAN BORDES

Jenis plat	posisi Tulangan	Momen (kg.cm)	Mn	K	F	F _{min}	F _{max}	As (cm ²)	Tulangan	As'	ρ	ρ _{min}	ρ _{max}	Ket.
Tangga	M _{tu}	117,26	146,575	0,00007	0,00007	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke
	M _{tu}	222,24	277,8	0,00012	0,00012	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke
	M _{tu}	844,26	1055,325	0,00047	0,00047	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke
	M _{tu}	636,2	795,25	0,00035	0,00035	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke
Bordes	M _{tu}	131,96	164,95	0,00007	0,00007	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke
	M _{tu}	247,83	309,7875	0,00014	0,00014	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke
	M _{tu}	33,72	42,15	0,00002	0,00002	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke
	M _{tu}	538,04	672,55	0,00030	0,00030	0,055	0,455	5,39	Ø12 – 150	5,39	0,008	0,0058	0,048	oke



4.10 Perhitungan Konstruksi Pondasi

Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Sifat dinamis gaya, gerak tanah yang diharapkan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas disipasi energi struktur, dan properti dinamis tanah harus disertakan dalam penentuan kriteria desain pondasi. Apabila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral.

Struktur bawah bangunan terdiri dari pondasi dan tanah pendukung pondasi. Pondasi berfungsi untuk mendukung seluruh beban bangunan dan meneruskan beban bangunan tersebut kedalam tanah dibawahnya. Suatu system pondasi harus mampu mendukung beban bangunan diatasnya, termasuk gaya-gaya luar seperti gaya angin, gempa, dan lain- lain. Untuk itu pondasi haruslah kuat dan kaku agar tidak mengalami penurunan, tidak mengalami patah, karena akan sulit untuk memperbaiki suatu system pondasi. Selain itu ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain struktur pondasi yaitu kapasitas dukung tiang yang mampu menahan beban. Oleh karena itu perlunya pengujian tanah dan pengujian tiang untuk untuk mendapatkan kapasitas dukung tiang sesuai dengan persyaratan. Pengujian tiang berfungsi sebagai pengecekan kapasitas dukung tiang yang sudah direncanakan tetapi hanya dipilih beberapa titik pondasi saja, sehingga perlu pengecekan kapasitas dukung tiang berdasarkan pengujian tanah.

Struktur bawah tidak boleh gagal dari struktur atas. Desain detail kekuatan (*strength*) struktur bawah harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana berdasarkan kombinasi beban untuk metoda ultimit. Analisis deformasi dan analisis lain seperti likuifaksi, rambatan gelombang, penurunan total dan diferensial, tekanan tanah lateral, deformasi tanah lateral, reduksi kuat geser, reduksi daya dukung akibat deformasi, reduksi daya dukung aksial dan lateral pondasi tiang, pengapungan (*flotation*) struktur bawah tanah, dan lain-lain, dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan beban kerja (*working stress*) yang besarnya minimum sesuai dengan Kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain struktur pondasi adalah:

1. Ekonomis
2. Kapasitas dukung tanah
3. Penurunan tanah.
4. Perubahan musim
5. Permasalahan konstruksi
6. Dampak lingkungan

Untuk memenuhi persyaratan kapasitas dukung tanah dan penurunan tanah, maka perlu dilihat terlebih dahulu seberapa besar beban yang akan didukung oleh tanah. Jika tanah pendukung sangat kompresible dan terlalu lemah mendukung struktur atas, maka penggunaan pondasi tiang sangat disarankan.

Selain itu faktor ekonomis, kemudahan pelaksanaan, dan dampak lingkungan merupakan bahan pertimbangan untuk pemilihan beberapa sistem pondasi yang masih memenuhi persyaratan kapasitas dukung tanah dan penurunan tanah.

4.10.1 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi untuk gedung perkantoran 8 lantai ini direncanakan menggunakan tiang pancang, karena tanah keras yang didapat terdapat pada kedalaman 4,40 meter. Permodelan untuk pondasi dibedakan sesuai dengan besar beban aksial (P) perkolom yang didapat pada SAP2000, permodelan pondasi gedung dibagi menjadi 3:

1. Model 1 untuk beban 3000 – 2000 kN
2. Model 2 untuk beban 2000 – 3000 kN
3. Model 3 untuk beban 1000 – 2000 KN
4. Model 4 untuk beban 0000 – 1000 KN

Data yang diperoleh dari SAP2000 :

1. Beban aksial kolom (P) = 3868 kN
2. Momen memutar sumbu x (M_x) = 313 kNm
3. Momen memutar sumbu y (M_y) = 242 kNm

Data tanah dari test sondir :

Data Sondir 1							
Ac= 10		As = 150		Ap= 10			
Kedalaman (m)	Cr (kg/cm ²)	Cr + Fs (kg/cm ²)	qc (kg/cm ²)	Fs (3 - 2)*Ac/As	local friction Fs x 20	total friction (total (6))	Friction ratio (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	6	9	6	0,20	4,00	4,00	3,33
0,40	8	12	8	0,27	5,33	9,33	3,33
0,60	9	14	9	0,33	6,67	16,00	3,70
0,80	10	16	10	0,40	8,00	24,00	4,00
1,00	11	19	11	0,53	10,67	34,67	4,85
1,20	13	22	13	0,60	12,00	46,67	4,62
1,40	14	24	14	0,67	13,33	60,00	4,76
1,60	19	30	19	0,73	14,67	74,67	3,86
1,80	21	33	21	0,80	16,00	90,67	3,81
2,00	23	35	23	0,80	16,00	106,67	3,48
2,20	27	40	27	0,87	17,33	124,00	3,21
2,40	32	46	32	0,93	18,67	142,67	2,92
2,60	39	52	39	0,87	17,33	160,00	2,22
2,80	40	54	40	0,93	18,67	178,67	2,33
3,00	45	60	45	1,00	20,00	198,67	2,22
3,20	54	68	54	0,93	18,67	217,33	1,73
3,40	60	73	60	0,87	17,33	234,67	1,44
3,60	66	80	66	0,93	18,67	253,33	1,41
3,80	63	76	63	0,87	17,33	270,67	1,38
4,00	71	85	71	0,93	18,67	289,33	1,31
4,20	76	90	76	0,93	18,67	308,00	1,23
4,40	80	94	80	0,93	18,67	326,67	1,17
4,60	85	98	85	0,87	17,33	344,00	1,02
4,80	90	102	90	0,80	16,00	360,00	0,89
5,00	98	110	98	0,80	16,00	376,00	0,82
5,20	103	116	103	0,87	17,33	393,33	0,84
5,40	108	122	108	0,93	18,67	412,00	0,86
5,60	112	127	112	1,00	20,00	432,00	0,89
5,80	120	134	120	0,93	18,67	450,67	0,78
6,00	124	136	124	0,80	16,00	466,67	0,65
6,20	129	142	129	0,87	17,33	484,00	0,67
6,40	150	164	150	0,93	18,67	502,67	0,62
6,60	213	228	213	1,00	20,00	522,67	0,47
6,80							

Sumber : Data Tanah

Gambar 4. 62 Data Tanah

Keterangan :

Tahan ujung (qc) adalah nilai perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Berikut adalah ketentuang qc :

- qc < 5 kg/cm² = Tanah yang sangat lunak
- qc 5-10 kg/cm² = Tanah lunak
- qc 10-20 kg/cm² = Tanah teguh
- qc 20-40 kg/cm² = Tanah kenyal
- qc 40-80 kg/cm² = Tanah sangat kenyal
- qc 80-150 kg/cm² = Tanah Keras
- qc > 150 kg/cm² = Tanah sangat keras

Spesifikasi pondasi tiang pancang :

D (mm)	Type	T (mm)	W (t/m)	Mcr (t.m)	P(ton)	L(m)	D (mm)	Type	T (mm)	W (t/m)	Mcr (t.m)	P(ton)	L(m)
					ACI 543							ACI 543	
300	A2	60	0.113	2,5	72,87	6-13	450	A1	80	0.242	7,5	150,83	6-13
	A3			3,0	69,47	6-13		A2			8,5	147,07	6-13
	B			3,5	67,59	6-13		A3			10,0	143,31	6-13
	C			4,0	63,83	6-13		B			11,0	139,55	6-13
350	A1	65	0.151	3,5	93,94	6-15	500	A1	90	0.301	10,5	188,93	6-15
	A3			4,2	92,06	6-15		A2			12,5	181,41	6-15
	B			5,0	88,30	6-15		A3			14,0	177,65	6-15
	C			6,0	84,54	6-15		B			15,0	175,08	6-15
400	A2	75	0.199	5,5	124,09	6-15	600	A1	100	0.408	17,0	255,03	6-16
	A3			6,5	120,34	6-15		A2			19,0	251,27	6-16
	B			7,5	116,58	6-15		A3			22,0	243,82	6-16
	C			9,0	110,94	6-15		B			25,0	237,67	6-16
								C			29,0	227,17	6-16

Desain pondasi tiang pancang menggunakan data *Dutchcone Penetration Test* dengan mutu beton yang digunakan K-600 kg/cm² dan tulangan digunakan BJTS 420A.

1. Prediksi kapasitas dukung tiang menggunakan *Dutchcone Penetration Test*

$$Q_{ijin} = (q_c \cdot A_{ujung})/3 + (T_f \cdot O)/5$$

$$= Q_{ujung} + Q_{friksi}$$

Keterangan:

Q_{ijin} = kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (kg)

q_c = perlawanan ujung sondir (kg/cm²)

T_f = total friction sondir (kg/cm²)

A_{ujung} = luas permukaan ujung tiang (cm²)

O = keliling tiang (cm)

Ukuran tiang (D) = 60 cm

Luas ujung tiang (A) = 2826 cm²

Keliling tiang (O) = 188,4 cm

Kedalaman tanah keras = 6,6 m

q_c = 213 kg/cm²

T_f = 522,67 kg/cm

$Q_{ijin} = (q_c \cdot A_{ujung})/3 + (T_f \cdot O)/5$

$$= (124 \cdot 2826)/3 + (466 \cdot 188,4)/5$$

$$= 220340 \text{ kg} = 220,340 \text{ ton} = 2203,40 \text{ kN}$$

4.10.2 Cek terhadap kekuatan bahan tiang pancang

Daya dukung berdasarkan spesifikasi pondasi tiang pancang Adhimix Precast, didapatkan daya dukung tiang $P_u \text{ max} = 255,03 \text{ Ton}$ dengan nilai $M_u \text{ max} = 17,0 \text{ Ton.m}$

Sehingga kapasitas tiang tunggal (Q_{ijin}) diambil 2203,40 kN (diambil dari yang terkecil antara prediksi CPT, Q_{ijin} , dan Q_{ijin} bahan).

4.10.3 Jumlah tiang yang dibutuhkan dalam desain

Jumlah tiang yang dibutuhkan dalam satu kolom dengan beban:

$$\text{Beban aksial kolom (P)} = 3868 \text{ kN}$$

$$\text{Momen memutar sumbu x (Mx)} = 313 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen memutar sumbu y (My)} = 242 \text{ kNm}$$

$$\text{Jarak antar tiang (s)} = 3(D) = 180 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah tiang rencana (n)} = 6$$

$$\text{Jumlah baris rencana (m)} = 2$$

Dengan jarak tiang 3D nilai efisiensi tiang kelompok (E_{ff})

$$E_{PG} = 1 - \frac{\theta}{90} \frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn}$$

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$$

$$= 1 - \frac{18,43}{90} \times \frac{(6-1)2 + (2-1)6}{(2 \times 6)}$$

$$= 0,727$$

$$\text{Jumlah tiang yang dibutuhkan (n)} = P / (Q_{ijin} \cdot E_{ff})$$

$$= 3868 / (2203,40 \cdot 0,727)$$

$$= 2,41 \text{ buah}$$

Kita tiang rencana, Jadi jumlah tiang yang dipasang 6 buah.

4.10.4 Distribusi beban kolom ke masing-masing tiang

Distribusi beban kolom ke masing-masing tiang dalam *pile cap* adalah:

$$Q_i = P/n \pm M_{y,x}/(\sum X^2) \pm M_{x,y}/(\sum Y^2)$$

N : jumlah tiang dalam satu pile cap

$\sum(X^2)$: jumlah kuadrat jarak X terhadap titik pusat berat kelompok tiang O.

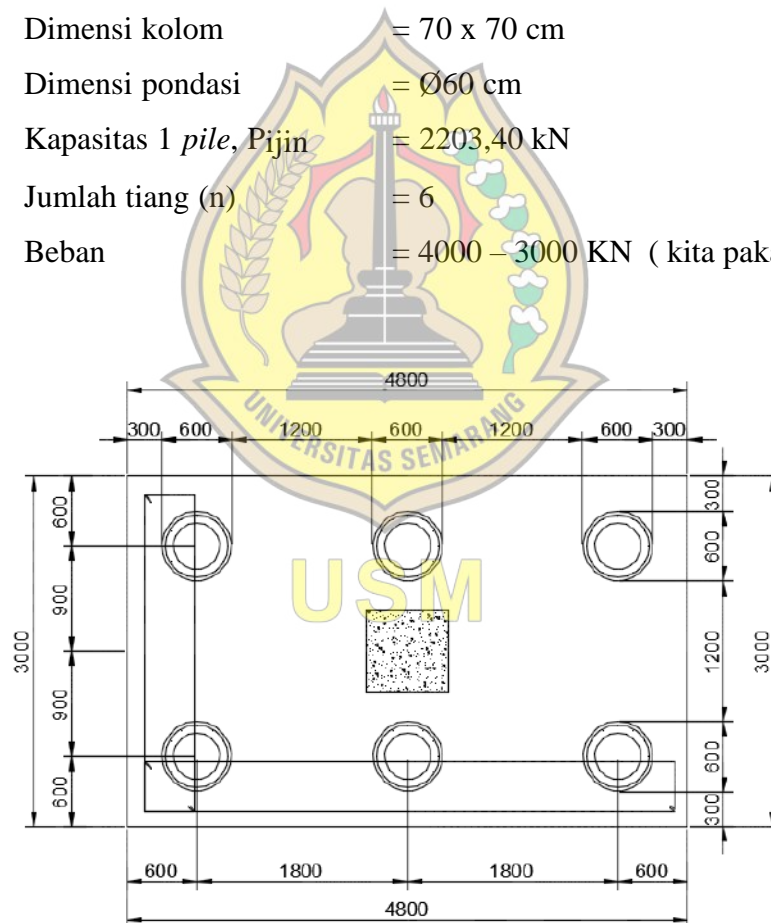
$\sum(Y^2)$: jumlah kuadrat jarak Y terhadap titik pusat berat kelompok tiang O.

Xi : jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu X

Yi : jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu Y

a. Pondasi Model 2

- Dimensi kolom = 70 x 70 cm
- Dimensi pondasi = Ø60 cm
- Kapasitas 1 *pile*, Pijin = 2203,40 kN
- Jumlah tiang (n) = 6
- Beban = 4000 – 3000 KN (kita pakai terbesar)



Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 63 Rencana Pondasi model 1

$$Q_i = P/n \pm M_y \cdot x / (\Sigma x^2) \pm M_x \cdot y / (\Sigma y^2)$$

$$\Sigma x^2 = 6 \cdot (1,8 / 2)^2 = 4,86 \text{ m}^2$$

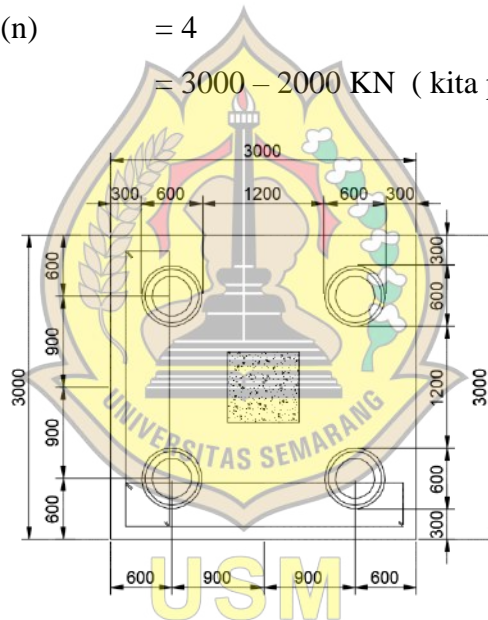
$$\Sigma y^2 = 6 \cdot (1,8 / 2)^2 = 4,86 \text{ m}^2$$

$$Q_i = 4000/6 + 242 \cdot (1,8) / 4,86 + 313 \cdot (0,9) / 4,86$$

$$= 1747,99 \text{ kN} < Q_{ijin} \cdot E_{ff} = 2203,40 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

b. Pondasi Model 2

- Dimensi kolom = 70 x 70 cm
- Dimensi pondasi = Ø60 cm
- Kapasitas 1 pile, P_{ijin} = 2203,40 kN
- Jumlah tiang (n) = 4
- Beban = 3000 – 2000 KN (kita pakai terbesar)



Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 64 Gambar 4.70 Rencana Pondasi model 2

$$Q_i = P/n \pm M_y \cdot x / (\Sigma x^2) \pm M_x \cdot y / (\Sigma y^2)$$

$$\Sigma x^2 = 4 \cdot (1,8 / 2)^2 = 3,24 \text{ m}^2$$

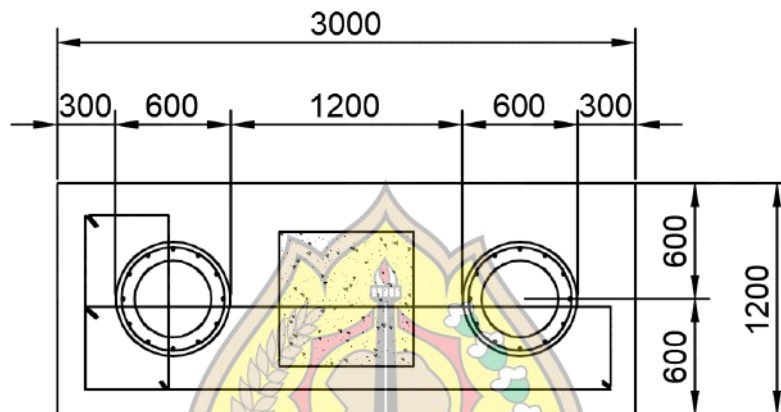
$$\Sigma y^2 = 4 \cdot (1,8 / 2)^2 = 3,24 \text{ m}^2$$

$$Q_i = 3000/4 + 242 \cdot (0,9) / 3,24 + 313 \cdot (0,9) / 3,24$$

$$= 904,167 \text{ kN} < Q_{ijin} = 2203,40 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

c. Pondasi Model 3

- Dimensi kolom = 70 x 70 cm
- Dimensi pondasi = Ø60 cm
- Kapasitas 1 *pile*, Pijin = 2203,40 kN
- Jumlah tiang (n) = 2
- Beban = 2000 – 1000 KN (kita pakai terbesar)



Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 65 Rencana Pondasi model 3

$$Q_i = P/n \pm M_y \cdot x / (\Sigma x^2) \pm M_x \cdot y / (\Sigma y^2)$$

$$\Sigma x^2 = 2 \cdot (1,8 / 2)^2 = 1,62 \text{ m}^2$$

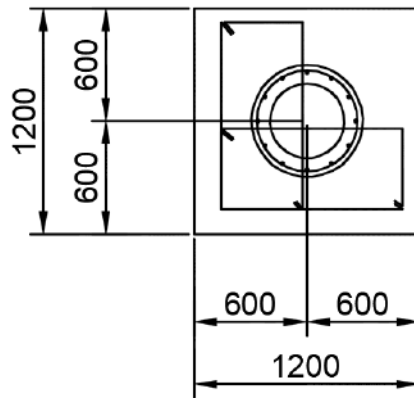
$$\Sigma y^2 = 2 \cdot (1,8 / 2)^2 = 1,62 \text{ m}^2$$

$$Q_i = 2000/2 + 242 \cdot (0,9) / 1,62 + 313 \cdot (0,0) / 1,62$$

$$= 1,351 \text{ kN} < Q_{ijin} = 2203,40 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

d. Pondasi Model 4

- Dimensi kolom = 70 x 70 cm
- Dimensi pondasi = Ø60 cm
- Kapasitas 1 *pile*, Pijin = 2203,40 kN
- Jumlah tiang (n) = 1
- Beban = 1000 – 0000 KN (kita pakai terbesar)



Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 66 Rencana Pondasi model 4

$$Q_i = P/n \pm M_y \cdot x / (\Sigma x^2) \pm M_x \cdot y / (\Sigma y^2)$$

$$\Sigma x^2 = 1 \cdot (1,8 / 2)^2 = 0,81 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 1 \cdot (1,8 / 2)^2 = 0,81 \text{ m}^2$$

$$Q_i = 1000/1 + 242 \cdot (0,0) / 0,81 + 313 \cdot (0,0) / 0,81$$

$$= 1000 \text{ kN} < Q_{ijin} = 2203,40 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

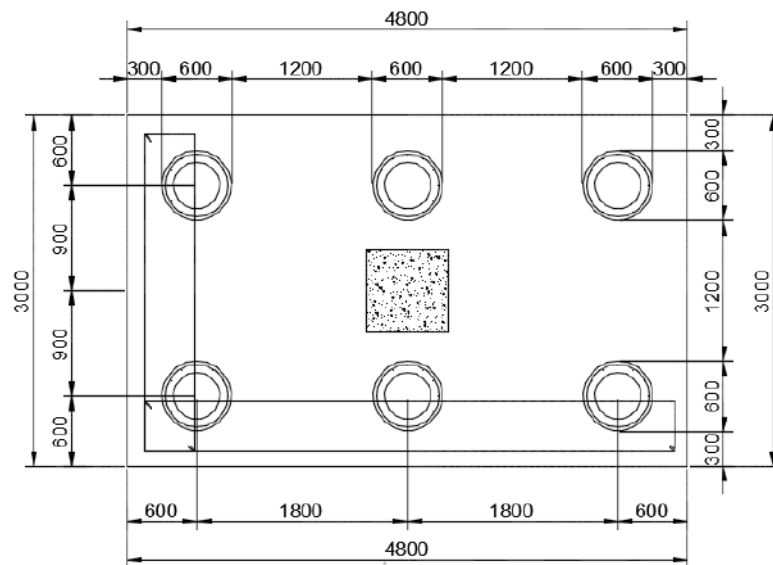
4.10.5 Menghitung Tinggi Pile Cap dan penulangnya

Pile cap pengikat antara pondasi dan kolom. Fungsi dari *pile cap* adalah untuk menyalurkan beban dari beban dari atasnya yang kemudian di teruskan ke tiang pancang.

Pile Cap model 1

Data perencanaan untuk *Pile Cap* sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c)	= K-400 ($f'_c = 33,2 \text{ MPa}$)
Mutu baja tulangan	= 420 MPa
Dimensi kolom	= 70 cm x 70 cm
Selimut beton	= 7 cm
Baja tulangan bawah	= D22
Baja tulangan atas	= D22
Beban Aksial kolom	= 3868 kN



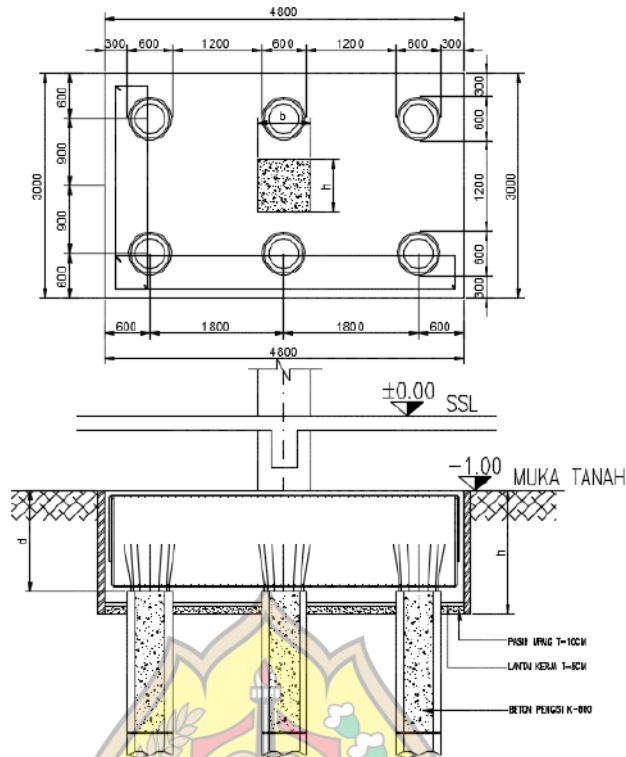
Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 67 Rencana Pile Cape 1

a. Cek Terhadap Geser Pons

Perhitungan geser pons bertujuan untuk mengetahui apakah tebal pilecap cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Bidang kritis untuk perhitungan geser pons dapat dianggap tegak lurus bidang plat yang terletak pada jarak $0,5d$ dari keliling beban reaksi terpusat tersebut dimana d adalah tinggi efektif plat

USM



Sumber : Dokumen Pribadi (Program Autocad)

Gambar 4. 68 Geser Pons

- 1) Tinggi efektif (d) *pile cap*

Dicoba 120 cm

$$V_{u\text{pons}} = P_u$$

$$V_{u\text{pons}} = 3868 \text{ kN}$$

- 2) Keliling bidang kritis geser pons (b_o)

$$\begin{aligned} b_o &= 2 \times (b + d) + 2 \times (h + d) \\ &= 2 \times (700 + 1200) + 2 \times (700 + 1200) \\ &= 7600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_{c\text{pons}} &= 0,75 \times 0,33 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ &= 0,75 \times 0,33 \times \sqrt{33,2} \times 7600 \times 1200 \\ &= 13,006 \times 10^6 \text{ N} \\ &= 13006 \text{ kN} = 130,06 \text{ ton} \end{aligned}$$

kontrol :

$$V_{u\text{pons}} < V_{c\text{pons}}$$

$$3868 \text{ kN} < 13006 \text{ kN (memenuhi)}$$

b. Perhitungan tulangan *pile cap*

Momen terhadap titik berat

$$\begin{aligned} M_u &= P_a \times 0,6 \\ &= 2203,40 \times 0,6 \\ &= 1322,04 \text{ kN.m} = 1322,04 \times 10^6 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$B = 4800 \text{ mm}$$

$$d = 1200 \text{ mm}$$

$$f'_c = 33,2 \text{ Mpa}$$

$$U = 420 \text{ Mpa}$$

Mencari nilai β_1

jika $f'_c \leq 300 \text{ kg/cm}^2$ maka $\beta_1 = 0,85$

$f'_c > 300 \text{ kg/cm}^2$ maka

$\beta_1 = 0,85 - 0,0008 (f'_c - 300)$ jika $\beta_1 < 0,65$ maka $\beta_1 = 0,65$

untuk $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ maka nilai $\beta_1 = 0,80$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{1322,04 \times 10^6 \text{ N.mm}}{0,8} = 16,53 \times 10^8 \text{ N.mm}$$

$$K = \frac{M_n}{B \times d^2 \times 0,85 \times f'_c} = \frac{16,53 \times 10^8 \text{ N.mm}}{4800 \times 1200^2 \times 0,85 \times 33,2} = 0,008$$

$$\begin{aligned} F &= 1 - \sqrt{1 - 2 \times k} \\ &= 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,008} = 0,008 \end{aligned}$$

$$F_{\max} = \frac{\beta_1 \times 450}{600 + f_y} = \frac{0,80 \times 450}{600 + 420} = 0,353$$

$F \leq F_{\max} \rightarrow$ Tulangan tunggal

$F > F_{\max} \rightarrow$ Tulangan rangkap

Karena $F < F_{\max}$ maka digunakan perhitungan tulangan tunggal

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{F \times B \times d \times 0,85 \times f'_c}{f_y} = \frac{0,008 \times 4800 \times 1200 \times 0,85 \times 33,2}{420} \\ &= 3096,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \times B \times d$$

$$= 0,0025 \times 4800 \times 1200$$

$$= 14400 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s < A_{s \text{ min}}$ maka digunakan $A_{s \text{ min}} = 14400 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D22

$$A_{\text{tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$\text{jumlah tulangan}(A_s) = \frac{14400}{379,94} = 37,9 \rightarrow 38 \text{ D22}$$

$$\text{jarak tulangan} = \frac{4800}{38} = 126 \rightarrow 125 \text{ mm}$$

untuk tulangan atas

$$(A_s')$$

$$= 0,15\% \times B \times d$$

$$= 0,15\% \times 4800 \times 1200$$

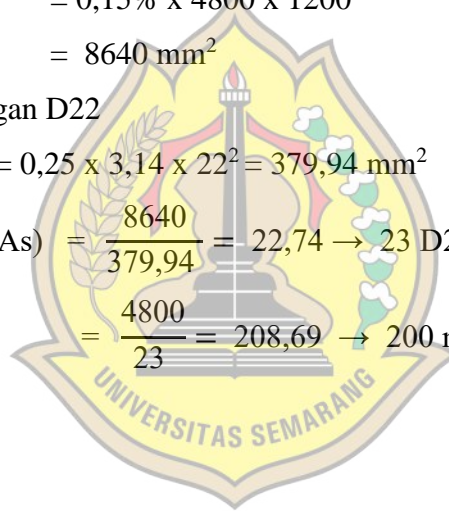
$$= 8640 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22

$$A_{\text{tul}} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$\text{jumlah tulangan}(A_s) = \frac{8640}{379,94} = 22,74 \rightarrow 23 \text{ D22}$$

$$\text{jarak tulangan} = \frac{4800}{23} = 208,69 \rightarrow 200 \text{ mm}$$



USM

Tabel 4.25 Rekap Pondasi

Tipe	Arah Tulangan	P (KN)	Diameter Tiang (cm)	Jarak Tiang (CM)	n Tiang (Buah)	Jumlah Baris	B (cm)	As	As'
1	x	4000-3000	60	180	6	2	480	38D22	23D22
	y	4000-3000	60	180			300	24D22	15D22
2	x	3000-2000	60	180	4	2	300	24D22	15D22
	y	3000-2000	60	180			300	24D22	15D22
3	x	2000-1000	60	180	2	1	300	24D22	15D22
	y	2000-1000	60	180			120	10D22	6D22
4	x	1000-0	60	180	1	1	120	10D22	6D22
	y	1000-0	60	180			120	10D22	6D22



USM

BAB V

PENUTUP

Dalam penyusunan Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang ini masih banyak kekurangan. Hal ini terjadi karena keterbatasan pengalaman serta pengetahuan dalam bidang perencanaan struktur. Sehingga perlu adanya kritik saran untuk meningkatkan kualitas tugas akhir ini pada tahun selanjutnya.

Dengan penyusunan laporan tugas akhir ini, penyusun dapat mengaplikasikan ilmu teknik sipil yang diperoleh selama kuliah dari semester awal sampai akhir. Serta sebagai modal awal penyusun untuk terjun dalam dunia kerja bidang teknik sipil. Dalam bagian akhir, penyusun memberikan beberapa kesimpulan dan saran mengenai tugas akhir Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang.

Penyelesaian Tugas Akhir ini diawali dengan melakukan perhitungan secara manual dan dilanjutkan analisa menggunakan Program *Software* SAP 2000 Versi 14. Analisa perhitungan dengan Program SAP 2000 dilakukan guna mengetahui apakah struktur yang direncanakan sudah kokoh dan mampu menopang beban yang direncanakan. dimana dalam perencanaan penyusun melakukan tafsiran untuk menentukan dimensi awal hingga menghasilkan dimensi yang sesuai dengan kebutuhan. Dalam hal ini penyusun melakukan beberapa kali percobaan dengan melakukan perubahan pada jumlah tulangan untuk hasil yang sesuai dengan pembebanan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penyusunan laporan Tugas Akhir ini disimpulkan antara lain:

1. Perhitungan perencanaan atap dengan bentang kuda-kuda 18 meter, jarak antar kuda-kuda 4 meter menggunakan Profil Baja IWF 200.100.5,5.8 dan Gording C150.65.20.3,2 dinyatakan Aman.
2. Perhitungan perencanaan pelat atap dengan tebal pelat 12cm menggunakan mutu beton f_c 29 Mpa, mutu baja f_y 420 Mpa dengan tulangan pokok \varnothing 10 – 150 dan tulangan bagi \varnothing 8 – 25 dan untuk Perhitungan perencanaan plat lantai dengan tebal pelat 15 cm menggunakan mutu beton f_c 29 Mpa, mutu baja f_y 420 Mpa dengan tulangan pokok \varnothing 10 – 150 dan tulangan bagi \varnothing 8 – 25

3. Perhitungan perencanaan tangga dengan *optrade* 150 mm dan *antrade* 300 mm memiliki jumlah 28 anak tangga menggunakan mutu beton F_c 25 Mpa dan mutu baja F_y 280 Mpa.
4. Perhitungan perencanaan Balok menggunakan mutu beton F_c 29 Mpa dan mutu baja F_y 420 Mpa dengan dimensi 400 x 800 mm untuk Balok B1, dimensi 300 x 500 mm untuk Balok B2 dan dimensi 200 x 400 mm untuk Balok B3 .
5. Perhitungan perencanaan Kolom menggunakan 2 Tipe Kolom. Pertama, Kolom dengan dimensi 700 x 700 mm menggunakan tulangan pokok 28 D25 dan tulangan sengkang D12 – 100. Kedua, Kolom dengan dimensi 500 x 500 mm menggunakan tulangan pokok 16 D25 dan tulangan sengkang D12 – 100.
6. Perhitungan perencanaan Pondasi dengan kedalaman 6,6 meter menggunakan jenis pondasi Tiang Pancang (*Spun Pile*) diameter 600 mm. Dibagi menjadi 4 model. Model 1 untuk beban 3000 – 4000 kN Untuk Kolom 70 x 70 cm menggunakan 6 tiang pancang. Model 2 untuk beban 2000 – 3000 kN Untuk Kolom 70 x 70 cm menggunakan 4 tiang pancang. Model 3 untuk beban 1000 – 2000 kN Untuk Kolom 70 x 70 cm menggunakan 2 tiang pancang. Model 4 untuk beban 0000 – 1000 kN Untuk Kolom 50 x 50 cm menggunakan 1 tiang pancang.

5.2 Saran

Berdasarkan kendala yang penyusun hadapi selama penyusunan laporan tugas akhir ini. Penyusun memberikan saran dalam perencanaan struktur gedung antara lain:

1. Mencari sumber buku yang lebih banyak untuk menambah wawasan pengetahuan mengenai dasar – dasar untuk merencanakan sebuah struktur gedung.
2. Untuk dapat mengerjakan Tugas Akhir dengan hasil yang baik mahasiswa perlu dibekali dengan pelatihan khusus Program Software terkait, seperti SAP 2000.
3. Mahasiswa perlu membuat *time schedule* agar penyusunan Tugas Akhir dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
4. Mahasiswa perlu melakukan observasi terkait bidang yang akan diambil agar tidak kesulitan dalam penyusunan Tugas Akhir, sehingga bidang yang diambil sudah sesuai dengan kemampuan.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penyusun meminta kritik serta saran untuk menyempurnakan laporan tugas akhir untuk masa yang akan datang. Demikian laporan tugas akhir ini, semoga bermanfaat bagi civitas akademik Universitas Semarang, khususnya jurusan Teknik Sipil.



DAFTAR PUSTAKA

- BSN. 2019. *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2019. *SNI 1729:2019 Perencanaan Struktural Baja untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2019. *SNI 1729:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1991)*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Dinas Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Imran, Iswandi. 2010. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Krismahadi, Widi. 2013. *Perencanaan Struktur Gedung "Sunter Park View Apartment" Sunter – Jakarta Utara*. Jurnal Teknik Sipil.
- Leady, Paul D. Jeanne E Ormroad. 2005. *Practical Reasearch : Edisi 8*. Ohlo: Pearson Merrill Pretice Hall.
- Masagala, A. A. dan Ma'arif, F. 2016. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berlantai 4 (Studi Kasus Gedung Baru Kampus 1 Universitas Teknologi Yogyakarta)*. Jurnal Semesta Teknika.
- Maulana, Rangga dkk. 2017. *Perencanaan Gedung Pascasarjana Poltekkes Semarang*. Jurnal Teknik Sipil.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
- Prasakti, A. T., Marciano, S., Tudjono, S., dan Adi, R. Y. 2017. *Redesain Struktur Gedung Rawat Inap RSUD Kabupaten Temanggung*. Jurnal Karya Teknik Sipil.

Purnomo, E., Purwanto, E., dan Supriyadi, A. 2014. *Analisa Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus: Bangunan Hotel di Semarang)*. Matriks Teknik Sipil.

Schuller, Wolfgang. 2013. *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: PT.Refika Aditama.

Setianingrum, T., Nurhuda, I., dan Sukamta, S. 2018. *Redesain Struktur Gedung Hotel Citihub Magelang*. Jurnal Karya Teknik Sipil.

Zulkifli, E. 2017. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang*. Bandung: Insitut Teknologi Bandung.





**YAYASAN ALUMNI UNIVERSITAS DIPONEGORO
UNIVERSITAS SEMARANG
UPT PERPUSTAKAAN**

Sekretariat : Jl. Soekarno-Hatta, Tlogosari, Semarang 50196 Telp. (024) 6702757 Fax (024) 6702272
Website : <http://eskripsi.usm.ac.id> e_mail : perpustakaan@usm.ac.id

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLISH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Muntolib
NIM : C.131.19.0047 Email : abdulmuntolib94@gmail.com
Fakultas : Teknik Program Studi : Teknik Sipil
Judul SKRIPSI/TA : Perencanaan Struktur Gedung 2 Lantai
di kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada UPT Perpustakaan Universitas Semarang untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses SKRIPSI/TA elektronik sebagai berikut (beri tanda (√) pada kotak yang sesuai):

Kategori Upload (√)	Akses Jaringan Lokal USM	Akses Jaringan Internet
<input type="checkbox"/> Published	Full Document (Upload di Eskripsi)	Full Document (Upload di Eskripsi)
<input checked="" type="checkbox"/> Approved	Full Document (Upload di Eskripsi)	Half Document (Upload di Eskripsi) (Judul, Abstrak (Indonesia-Inggris), Halaman Persetujuan, Surat Keaslian (Orisinalitas), Daftar Isi, Bab Penutup, Daftar Pustaka)
<input type="checkbox"/> NANP (Not Approved and Not Published)	File Tersimpan secara offline di Perpustakaan USM Semua File Dokumen Skripsi (Judul, Halaman Persetujuan, Surat Keaslian (Orisinalitas), Abstrak (Indonesia-Inggris), Daftar Isi, Bab I, Bab II, Bab III, Bab IV, Bab V, Bab Penutup, Daftar Pustaka, File Komplit Lembar Konsultasi, dan Lembar Publish) dikirim ke email tugasakhir@usm.ac.id	

- Kategori upload dengan pilihan (√) **published** atau **approve** wajib mengisi data dan upload seluruh file di e-skripsi, sedangkan kategori upload dengan pilihan (√) **NANP** hanya mengisi data dan mengupload lembar pengesahan, lembar publish, dan lembar bimbingan di e-skripsi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Semarang, 24 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan

Abdul Muntolib

Mengetahui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Hani Pujiwanti, ST, MT.
NIM : 0617017201



YAYASAN ALUMNI UNIVERSITAS DIPONEGORO
UNIVERSITAS SEMARANG

Sekretariat : Jl. Soekarno Hatta Tlogosari Semarang 50196 Telp.(024)6702757 Fax.(024)6702272

LEMBAR BIMBINGAN

Tugas Akhir

Nama Mahasiswa : ABDUL MUNTOLIB
N I M : C.131.19.0047
Judul : Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang

NO	TANGGAL	PEMBAHASAN	VALIDASI
1	08-07-2023	BAB I * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 1 nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : Coba cek lagi antara Batasan masalah dan Rimisan masalah - Perbedaan utama antara rumusan masalah dan batasan masalah adalah pada fokusnya. Rumusan masalah fokus pada masalah atau fenomena yang akan diteliti, sedangkan batasan masalah fokus pada batasan-batasan yang diterapkan dalam penelitian. Rumusan masalah menjadi acuan dalam menentukan batasan masalah. Tanpa ada rumusan masalah yang jelas, sulit untuk menentukan batasan masalah yang tepat	Revisi
2	08-07-2023	BAB II * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 2 nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : BAB II Untuk Tinjauan Pustaka -Buku literatur yang diapak/Dikutip adalah buku terbitan tahun diata tahun 2000 - Tuliskan nama penerbit dan tahun buku dalam Daftar Pustaka menurut Buky Pedoman - Daftar Pustaka minimal 15 Referensi - Perbaiki dan Lanjutkan	Revisi
3	08-07-2023	BAB III * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 3 nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : - Perbaiki penulisan, tanda baca - fc' 29 Mpa - Konstruksi Beton bertulang - Lanjut bab 4 - Tambahkan referensi	Revisi
4	08-07-2023	BAB IV * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 4 perhitungan rangka atap nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : BAB IV dst ke Pembimbing II	Revisi
5	08-07-2023	BAB IV * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 4 perhitungan plat atap nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : 22-11-2022 - Buku yang digunakan ditulis lengkap, judul, & tahun terbit untuk daftar pustaka. - Notasi, gambar, dan ukuran ditambahkan dalam sket. - penulisan, notasi dicek dan rumus - perhitungan dan sket -> saling dukung - Hasil/output dari SAP lampirkan -> pekerjaan berikutnya perbaiki dan lanjutkan s/d perhitungan baut/plat -> atap 29-11-2022 - Lanjutkan 13-12-2022 - Gambar, notasi, ukuran diperjelas - Penulisan dalam gambar diambilkan dari hasil perhitungan - Satuan angka disamakan - Cek perhitungan "Resume" - lap. bentang pendek - lap. bentang panjang - atap dan lantai - perbaiki dan lanjutkan $l_y/l_x = 1,12 < 2$, penulangan saatu arah dengan hasil kurang dari 2, penulangan sebaiknya dibuat 1 arah. Hasil asistensi lalu apa sudah dibetulkan, dibawa kembali. - asistensi bertahap, hasil koreksi & perbaiki dibawa baru lanjut	Revisi

		keperjaan berikutnya. Hasil asistensi lalu apa sudah dibetulkan, dibawa kembali. - asistensi bertahap, hasil koreksi & perbaikan dibawa baru lanjut keperjaan berikutnya. Masih sama dengan hasil koreksi tanggal 19 des 2022. - lanjutkan ke perhitungan tangga dan pondasi. - untuk program SAP simulasikan pada waktu asistensi Kamis.	
6	08-07-2023	BAB IV * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 4 perhitungan plat lantai nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : - Masih sama dengan hasil koreksi tanggal 19 des 2022. - lanjutkan ke perhitungan tangga dan pondasi. - untuk program SAP simulasikan pada waktu asistensi Kamis. - Revisi Perhitungan tangga OK - Pondasi ada 4 Type - Buat denah Pondasi, mana yg masuk type 1, type 2, type 3, type 4 - Lanjutkan dengan Perhitungan - Lanjutkan ke BAB V . Up LOad di SIMA	Revisi
7	08-07-2023	BAB IV * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 4 perhitungan gempak, balok, dan kolom nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : - Sertakan Denah, plat balok dan kolom dari perhitungan yang anda Lakukan - Denah dilengkapi dengan notasi, ukuran dan Kop sesuai dengan aturan yang ada	Revisi
8	08-07-2023	BAB IV * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 4 perhitungan struktur tangga nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : OK Lanjutkan ke Perhitungan Pondasi	Revisi
9	08-07-2023	BAB IV * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum. maaf mengganggu bu. ijin upload bab 4 perhitungan pondasi nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : Lanjutkan	Revisi
10	14-07-2023	BAB I * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum bu hani, selamat pagi. ijin mengupload revisi bab 1 nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : hasil perbaikan segera di up load	Revisi
11	14-07-2023	BAB II * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum bu hani, selamat pagi. ijin mengupload revisi bab 2 nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : Perbaikan segera di up load	Revisi
12	14-07-2023	BAB III * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum bu hani, selamat pagi. ijin mengupload revisi bab 3 nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : Perbaikan perhitungan tangga, dilanjutkan dan segera di up load	Revisi
13	23-07-2023	BAB IV * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum, ijin mengajukan revisi bab 4 perhitungan pondasi nggeh bu, Terimakasih bu * Uraian Dosen Pembimbing : Untuk Perhitungan Pondasi lampirkan 1. DATA Tanah (Sondir /Boring) 2. Gambar Denah, dan Tampak dari Gedung yang di re Design Diunggah dan dikonsultasikan	Revisi
14	23-07-2023	BAB V * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum, ijin mengajukan bab 5 nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : Dari data tanah dan perhitungan pembebanan tentukan jenis Pondasi yang akan anda buat Ada berapa type Pondasi yang anda rencanakan Tunjukan di Denah lokasi Pondasi yang anda hitung Mulai dibuat perhitungan dari type Pondasi 1 dan seterusnya	Revisi

15	02-08-2023	Laporan Lengkap * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum bu hani, ijin mengirim file laporan TA nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : OK	Acc
16	02-08-2023	Laporan Lengkap * Uraian Mahasiswa : Assalamuallaikum bu hani, ijin mengirim lampiran gambar TA nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : - Perhitungna dan Gambar Ok - Lembar Bimbingan bimbinganna bisa di print out	Acc

Semarang, 4/8-2023
 Pembimbing,



HANI PURWANTI, S.T., M.T.
 NIS. 06557003102204



USM



**YAYASAN ALUMNI UNIVERSITAS DIPONEGORO
UNIVERSITAS SEMARANG**

Sekretariat : Jl. Soekarno Hatta Tlogosari Semarang 50196 Telp.(024)6702757 Fax.(024)6702272

LEMBAR BIMBINGAN

Tugas Akhir

Nama Mahasiswa
NIM
Judul

: ABDUL MUNTOLIB
: C.131.19.0047
: Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran 8 Lantai di Kawasan Gajah Mungkur Kota Semarang

NO	TANGGAL	PEMBAHASAN	VALIDASI
1	15-06-2023	Proposal * Uraian Mahasiswa : Assalamualaikum. Selamat pagi bu, ijin mengajukan proposal TA bab 1-3 . terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : 1. data tanah dilampirkan 2. tambahkan referenensi PP 16 th 2021 3. cek kembali penulisa, satuan.	Revisi
2	24-06-2023	Proposal * Uraian Mahasiswa : Assalamualaikum. Selamat sorel bu, ijin mengajukan revisi proposal TA bab 1-3 . terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : Koreksi lagi, sesuaikan dengan revisi pada lembar kerja	Revisi
3	24-06-2023	Proposal * Uraian Mahasiswa : Lampiran data tanah * Uraian Dosen Pembimbing : Revisi proposal sambil dilanjutkan bab IV	Acc
4	08-07-2023	Proposal * Uraian Mahasiswa : selamat malam bu, maaf mengganggu. ijin mengajukan revisi proposal nggeh bu. terimakasih bu. * Uraian Dosen Pembimbing : Sedikit revisi. Lanjutkan bab IV Bab III nya diperdalam lagi	Acc

Semarang,
Pembimbing.

NUR FITHRIANI FATMA CHOLIDA, S.T., M.T.
NIS. 06557003102224