

TUGAS AKHIR

**ALTERNATIF PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG KULIAH IAIN PALU
SULAWESI TENGAH**



DI SUSUN OLEH:

MUH.RAMDHAN AINUN WICAKSONO

(4517041071)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS BOSOWA

MAKASSAR

2023



UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp.(0411) 452901 – 452789 Fax. 452949
MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar A-120/FT/UNIBOS/III/2023 tanggal 16 Februari 2023, perihal pengangkatan panitia dan tim penguji tugas akhir, maka pada:

Hari/Tanggal : Kamis / 16 Februari 2023

N a m a : MUH RAMDHAN AINUN WICAKSONO

No.Stambuk : 45 17 041 071

Judul Tugas Akhir : "Alternatif Perancangan Struktur Atas Gedung Kuliah IAIN Palu Sulawesi Tengah"

Telah diterima dan disahkan oleh penitia tugas akhir fakultas Teknik universitas bosowa makassar setelah dipertahankan di depan tim penguji ujian sarjana strata satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik pada jurusan Teknik sipil fakultas Teknik universitas bosowa makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex.Officio) : Ir. Arman Setiawan, ST.MT.

Sekretaris (Ex Officio) : Ir. Eka Yuniarto , ST.MT.

Anggota : Hj. Savitri Prasandi Mulyani, ST.MT

Ir. Fauzy Lebang, ST. MT

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Makassar, 16 Februari 2023

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

Dr. Ir. H. Nasrullah ST. MT.
NIDN.09-0807-7301

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil
Univ Bosowa Makassar

Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN. 09-04126502



UNIVERSITAS
BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp.(0411) 452901 – 452789 Fax. 452949
MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : "Alternatif Perancangan Struktur Atas Gedung Kuliah IAIN Palu
Sulawesi Tengah"

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : MUH RAMDHAN AINUN WICAKSONO

No.Stambuk : 45 17 041 071

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil /
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar


Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : Ir. Arman Setiawan, ST.MT. (.....)

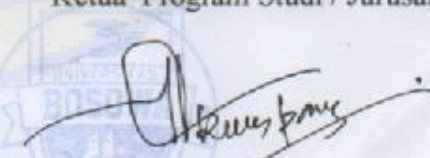
Pembimbing II : Ir. Eka Yuniarto, ST.MT. (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ir. H. Nasrullah ST. MT.
NIDN.09-0807-7301

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf. MT
NIDN. 09-04126502

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **MUH. RAMDHAN AINUN WICAKSONO**
Stambuk : **45 17 041 071**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul : **ALTERNATIF PERANCANGAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG KULIAH IAIN PALU SULAWESI TENGAH**

Mengatakan dengan sebenarnya bahwa

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan, dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan Pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 16 Februari 2023

nembuat pernyataan



Muh. Ramdhan Ainun Wicaksono

ABSTRAK

“ALTERNATIF PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG KULIAH IAIN PALU SULAWESI TENGAH”

Muh.Ramdhan Ainun Wicaksono ¹, Arman Setiawan ², Eka Yuniarto³

Penggunaan material struktur baja sebagai struktur bangunan belum meluas seperti di negara-negara lain, umumnya material baja digunakan untuk membangun jembatan. Tetapi apabila menggunakan kekuatan struktur baja sebagai pemikul beban yang bekerja maka akan menghasilkan desain profil yang lebih kuat, dan mudah pelaksanaannya. Tugas akhir ini menggunakan struktur baja sebagai konstruksi Gedung Kuliah IAIN Palu berlokasi memiliki empat lantai dengan panjang bangunan 83,25 m, lebar bangunan 70 m dan tinggi bangunan 16,8 m. Tugas akhir ini direncanakan ulang dengan rangka baja pada strukturnya. Perencanaan Gedung ini mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1729-2020. Software yang digunakan ETABS v.19 dan Autocad 2019. Analisa beban berupa beban mati, beban hidup, dan gempa. Hasil dari perencanaan memperoleh balok induk B1 WF 800.300.14.26, B2 WF 582.300.12.17, B3 WF 390.300.10.16, dan L1 WF 340.250.9.14; kolom K1 WF 900.300.16.28, K2 WF 350.350.12.19 dan K3 WF 700.300.13.24.

Kata kunci: Struktur Baja, Studi Perencanaan, Gedung Kuliah.



ABSTRACT

"ALTERNATIVE DESIGN OF THE UPPER STRUCTURE OF THE IAIN PALU LECTURE BUILDING IN CENTRAL SULAWESI"

Muh.Ramdhan Ainun Wicaksono ¹, Arman Setiawan ², Eka Yuniarto³

The use of steel structure material as a building structure has not been as widespread as in other countries, generally steel material is used to build bridges. But if you use the strength of the steel structure as a working load bearer, it will result in a stronger profile design, and easy to implement. This final project uses a steel structure as the construction of the IAIN Palu Lecture Building has a fourfloors with a building length of 83.25 m, a building width of 70 m and a building height of 16.8 m. This final project re-plans with a steel frame in its structure. This building planning refers to SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, and SNI 1729-2020. Software used ETABS v.19 and Autocad 2019. Load analysis in the form of dead load, live load, and earthquake. The primary beam B1 WF 800.300.14.26; B2 WF 582.300.12.17; B3 WF 390.300.10.16 and L1 WF 340.250.9.14; column K1 WF 900.300.16.28; K2 WF 350.350.12.19.; and K3 WF 700.300.13.24.

Keywords: Steel Structure, Planning Studies, Lecture Building

BUSUWA



Prakata

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Alternatif Perancangan Struktur Atas Gedung Kuliah IAIN Palu Sulawesi Tengah”**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk Melengkapi Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar sebagai syarat untuk mencapai derajat kesarjanaan.

Penyusun menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini Penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan jalan yang terbaik dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Kepada dosen pembimbing Bapak Ir. Arman setiawan, ST. MT selaku pembimbing pertama dan bapak Ir. Eka Yuniarto, ST. MT selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan panduan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak/ Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan
4. Keluarga yang telah memberikan doa, dorongan dan semangat yang tiada hentinya kepada penyusun

5. Semua Pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Penyusun menyadari tugas akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penyusun mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Makassar, 15 Februari 2023



UNIVERSITAS
BOSOWA

Penyusun

DAFTAR ISI

Prakata	iii
DAFTAR ISI	9
DAFTAR TABEL	13
DAFTAR GAMBAR	15
DAFTAR NOTASI	17
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4 Pokok Pembahasan dan Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika	
Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	1
2.1 Tinjauan Umum	1
2.1.1 Pengertian Struktur Bangunan	1
2.2 Sistem Pembebanan	3
2.2.1 Beban Vertikal.....	3
2.2.2 Beban Horisontal.....	5
2.2.3 Beban Hujan Desain	7

2.3 Analisis Gaya Gempa	8
2.3.1 Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa	8
2.4 Defleksi Lateral.....	16
2.4.1 Batasan Simpangan Antara lantai Tingkat.....	17
2.5 Baja	18
2.5.1 Sifat Mekanis Baja.....	18
2.5.2 Metode Desain Load and Resistance Faktor Design (LRFD)....	18
2.5.3 Kombinasi Beban dan Faktor	19
2.5.4 Batang Tekan LRFD.....	21
2.5.5 Batang Lentur.....	24
2.5.6 Tekuk Torsi Lateral.....	27
2.5.7 Batang Portal (Akial-Momen)	29
2.5.8 Sambungan Baut.....	32
2.5.9 Sambungan Pelat Ujung (<i>End Plate</i>).....	39
2.5.10 Pelat Dasar Kolom Baja	40
2.6 Penelitian Terdahulu.....	46
BAB III METODE PENELITIAN	1
3.1 Alur Bagan Penelitian	1
3.2 Data Perencanaan.....	1
3.3 Alat dan Bahan	2

3.3.1 Alat.....	2
3.3.2 Bahan.....	2
3.4 Tahapan Penelitian.....	3
3.5 PERMODELAN STRUKTUR.....	4
BAB IV PEMBAHASAN.....	1
4.1 PEMBEBANAN	1
4.1.1 PEMBEBANAN GRAVITASI	1
4.1.2 Pembebanan Gempa Pada Struktur.....	3
4.2 Preliminary Design	5
4.2.1 Pelat.....	5
4.2.2 Balok.....	5
4.2.3 Kolom.....	6
4.3 Pemeriksaan Sistem Penahan Lateral terhadap Beban Gempa	6
4.3.1 Analisis Statik Ekuivalen.....	6
4.3.2 Koefisien Respons Seismik	10
4.3.3 Perhitungan Berat Seismic Efektif	11
4.3.4 Gaya Geser Dasar Seismic	11
4.3.5 Simpangan Antarlantai Tingkat	12
4.4 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal dan Vertikal.....	13
4.4.1 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal	13

4.4.2 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Vertikal	14
4.5 Kinerja Struktur.....	15
4.5.1 Pelat.....	15
4.5.2 Balok.....	28
4.5.3 Kolom.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	1
5.1 KESIMPULAN	1
5.2 Saran.....	1
Daftar Pustaka	1

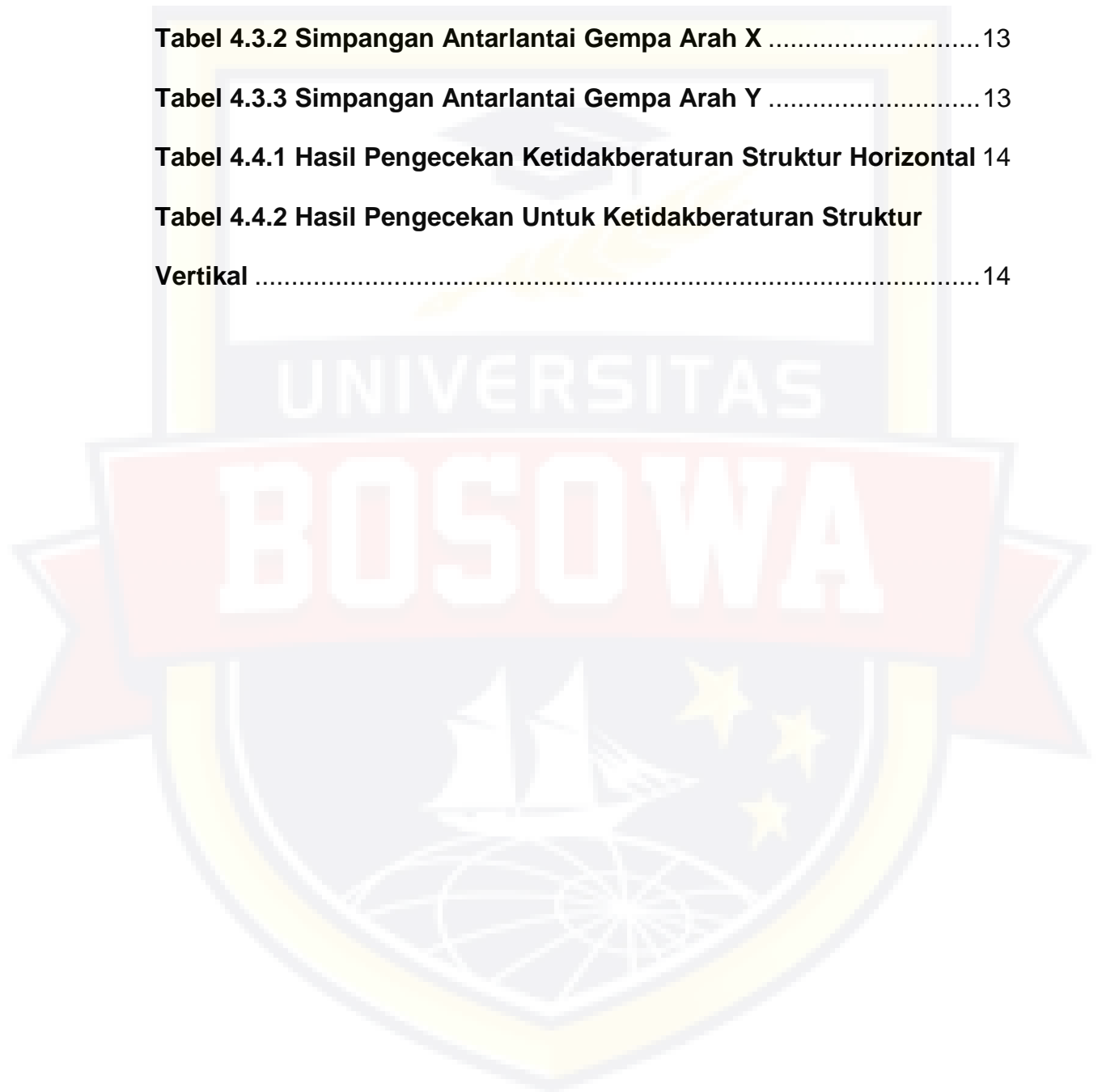
BOSOWA



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beban hidup terdistribusi merata minimum L_0 dan beban hidup terpusat minimum	4
Tabel 2. 2 Faktor Arah Angin, K_d	6
Tabel 2. 3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban gempa	9
Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa	11
Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs	12
Tabel 2. 6 Koefisien Situs F_a	13
Tabel 2. 7 Kategori Lokasi F_v untuk menentukan Nilai S_1	13
Tabel 2. 8 Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode pendek	15
Tabel 2. 9 Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode 1.0 detik	15
Tabel 2. 10 Sistem Penahan Gaya Seismic	16
Tabel 2. 11 Simpangan antar lantai ijin $\Delta_\alpha^{a,b}$	17
Tabel 2. 12 Sifat-sifat mekanis baja struktural	18
Tabel 2. 13 Jarak tepi minimum	33
Tabel 4.2.1 Tebal rencana Pelat	5
Tabel 4.2.2 Profil Rencana Balok	5
Tabel 4.2.3 Tabel Rencana Kolom	6

Tabel 4.3.1 Modal Mass Participating Ratio	7
Tabel 4.3.2 Simpangan Antarlantai Gempa Arah X	13
Tabel 4.3.3 Simpangan Antarlantai Gempa Arah Y	13
Tabel 4.4.1 Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal	14
Tabel 4.4.2 Hasil Pengecekan Untuk Ketidakberaturan Struktur Vertikal	14



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penentuan simpangan antar lantai.....	17
Gambar 2. 2 Nomogram untuk menentukan faktor tekuk	23
Gambar 2. 3 Tata letak baut	34
Gambar 2. 4 Sambungan baut Kolom dan Balok (End-Plate).....	38
Gambar 2. 5 Sambungan Pelat Ujung	39
Gambar 2. 6 Pelat Landasan (Base Plate).....	41
Gambar 2. 7 Beban yang bekerja pada base plate	42
Gambar 2. 8 Base plate dengan eksentrisitas beban.....	42
Gambar 3 1 Bagan Alur Tugas Akhir.....	1
Gambar 3 2 Denah Lantai 1	4
Gambar 3 3 Denah Lantai 2 – 4.....	5
Gambar 3 4 Denah Atap	6
Gambar 3 5 Denah Lantai 2 Parsial A.....	7
Gambar 3 6 Gambar Denah Lantai 2 Parsial B	8
Gambar 3 7 Gambar Denah Lantai 2 Parsial C	9
Gambar 3 8 Gambar Potongan AA	10
Gambar 3 9 Gambar Potongan BB	10
Gambar 3 10 Gambar Potonga CC	11
Gambar 3 11 Gambar 3D Struktur Bangunan	11
Gambar 4.1.1 Respon Spectra Desain.....	4
Gambar 4.2.1 Mode 1 Translasi Arah Y.....	8
Gambar 4.2.2 Mode 2 Translasi Arah X.....	8

Gambar 4.2.3 Mode 3 Torsional Sumbu Z.....9

Gambar 4.3.1 Grafik Pengecekan Simpangan Antarlantai.....12



DAFTAR NOTASI

Δa	Batas simpangan antar lantai
A	Jarak sumbu netral plastis penampang komposit
α	Faktor lokasi penulangan
A_b	Luas penampang baut
A_c	Luas permukaan beton
A_r	Luas tulangan baja
A_s	Luas permukaan baja
A_{sc}	Luas penghubung geser stud connector
B	Lebar penampang pelat beton bertulang
β	Rasio bentang pelat
b_p	Lebar pelat sambung
C	Gaya tekan penampang
C_1, C_2, C_3	Koefisien untuk perhitungan karakteristik material kolom komposit
C_s	Gaya tekan pada penampang baja
C_t	Nilai koefisien respon seismic
D_b	Diameter baut
$d_b \text{ req}$	Diameter baut ujung hasil akumulasi
d_e	Jarak baut terluar dengan tepi luar pelat pengaku
E_c	Modulus elastisitas penampang beton
E_m	Modulus elastisitas penampang baja komposit beton

E_s	Modulus elastisitas penampang baja
F_a	Faktor amplifikasi getaran periode 0,2 detik
f_c'	Mutu beton bertulang
f_{cr}	Tegangan tekan kritis kolom
F_i	Nilai geser design setiap lantai bangunan
F_{my}	Tegangan tarik penampang baja komposit
f_u	Tegangan leleh penampang baja
f_u^b	Kuat tarik nominal baut
F_v	Faktor amplifikasi getaran periode 1 detik
f_y	Kuat tarik tulangan baja
h_f	Tebal pelat lantai atau pelat atap beton bertulang
h_{fmin}	Tebal minimum pelat lantai atau pelat atap beton bertulang
h_n	Tinggi tingkatan gedung yang ditinjau dari lantai n
I_e	Momen inersia penampang efektif
I_g	Momen inersia penampang kotor
I_x	Momen inersia penampang yang ditinjau dari sumbu x
I_y	Momen inersia penampang yang ditinjau dari sumbu y
K_c	Koefisien tekuk kolom
K_h	Kategori eksposur
K_{max}	Batas factor tahanan momen yang bekerja pada pelat beton bertulang

K_n	Faktor tahanan momen yang bekerja pada pelat beton bertulang
λ_c	Parameter kelangsingan penampang
L_n	Bentang pelat beton yang ditinjau dari panjang terpendek
M_a	Momen akibat beban tanpa faktor beban
MCE_M	Nilai tengah geometrik gempa terimbang maksimum
M_{cr}	Momen retak pada beton
M_f	Tegangan momen pada pelat ujung
$M_{n,x,y}$	Momen ultimate atau gaya momen yang bekerja pada struktur terhadap sumbu x atau sumbu y
N	Nilai koefisien transformasi beton terhadap baja
Φ	Faktor reduksi
R	Faktor reduksi gempa
S_1	Parameter percepatan respon spectra gempa periode 1 detik yang ditinjau pada peta
S_{D1}	Parameter percepatan respon spectra gempa periode 1 detik dengan redaman 5%
S_{DS}	Parameter percepatan respon spectra gempa periode pendek dengan redaman 5%
S_{M1}	Parameter percepatan respon spectra pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs

S_{MS}	Parameter percepatan respon spectra pada periode pendek yang sudah disesuaikan dengan pengaruh kelas situs
S_s	Parameter percepatan respon spectra gempa periode pendek yang ditinjau dari peta
T	Periode fundamental bangunan
T_d	Kuat tegangan tarik baut
T_f	Tebal pelat badan (flens) profil baja
$T_{p,req'd}$	Tebal pelat ujung hasil akumulasi
T_s	Gaya tarik yang bekerja pada profil baja
T_w	Tebal pelat badan (web) profil baja
V	Nilai Gaya geser dasar hasil akumulasi pembebanan gempa pada bangunan
V_h	Tegangan geser horizontal
ω	Koefisien faktor pengaruh tekuk
W_i	Berat lantai bangunan
X_1	Koefisien untuk perhitungan momen tekuk torsi lateral
X_2	Koefisien untuk perhitungan momen tekuk torsi lateral
Z_x	Modulus penampang plastis terhadap sumbu x
Z_y	Modulus penampang plastis terhadap sumbu y
$\lambda, \lambda_p, \lambda_r$	Batas kelangsingan penampang profil baja

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kota Palu merupakan ibukota Provinsi Sulawesi Tengah yang letaknya secara geografis, berada pada Kawasan dataran lembah Palu dan teluk Palu, sehingga wilayah Kota Palu terdiri dari lima bentang alam yang berbeda yaitu pegunungan, lembah, sungai, teluk, dan lautannya. Wilayah Kota Palu berbatasan dengan Kabupaten Donggala di sebelah timur, utara, dan barat, Kabupaten Sigi di sebelah selatan, Kabupaten Sigi di sebelah barat, dan Kabupaten Parigi Moutong di sebelah timur.

Pada tanggal 28 september 2018 pukul 18.02 WITA, gempa berkekuatan 7,4 Skala Richter mengguncang daerah Donggala, Palu, Sigi dan sekitarnya. Selain korban jiwa, gempa dan tsunami menyebabkan sarana dan prasarana rusak. Salah satunya adalah Gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu. Palu merupakan daerah gempa berkekuatan SE yang berarti setiap profil lapisan tanah yang memiliki karakteristik rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa. Palu juga merupakan daerah sesar atau patahan Palu-Koro.

Gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu merupakan salah satu sarana Pendidikan yang penting bagi masyarakat Palu untuk menuntut ilmu pengetahuan. Gedung ini berbentuk persegi panjang

tidak beraturan dengan panjang 83,25 m dan lebar 70 m yang merupakan bangunan 4 lantai yang berfungsi sebagai tempat untuk menuntut ilmu pengetahuan. Gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu menggunakan struktur beton bertulang pada lantai kesatu sampai lantai keempat. Pembangunan Sarana dan prasarana gedung Institut Agama Islam Negeri Palu sangatlah erat dengan bidang perencanaan utamanya struktur, Maksudnya adalah gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu ini haruslah memiliki kemampuan yang maksimal dalam menahan berbagai macam beban secara keseluruhan yang ditimbulkan dari fungsi gedung tersebut. Pembebanan yang harus diperhatikan ialah pengaruh terhadap beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban terhadap gempa.

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Penggunaan material struktur baja sebagai struktur bangunan belum meluas seperti di negara-negara lain, umumnya material baja digunakan untuk membangun jembatan. Tetapi apabila menggunakan kekuatan struktur baja sebagai pemikul beban yang bekerja maka akan menghasilkan desain profil yang lebih kuat, dan mudah pelaksanaannya.

Kolom adalah batang tekan vertical dari rangka struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Keuntungan yang di dapat dengan mendesain kolom

sebagai kolom baja adalah kapasitas menahan beban yang besar meskipun dengan penampang yang kecil.

Gedung ini kembali direncanakan dengan menggunakan konstruksi Baja dari bawah sampai atas dengan metode LRFD (*Load Resisten Factor Design*). LRFD (*Load Resisten Factor Design*) adalah suatu metode dalam perencanaan bangunan gedung yang memperhitungkan faktor beban dan faktor ketahanan material. Dalam hal ini, diperlukan dimensi baja serta jenis sambungan yang sesuai agar gedung tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Perhitungan Analisa struktur yang dipakai ialah Analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS v.2019 untuk menganalisa perhitungannya secara 3 dimensi dan aplikasi ini dapat membantu perhitungan sebuah struktur dari segi bentuk geometri, pembebanan, material, perletakan, dan sebagainya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. Berapa dimensi profil baja WF yang dibutuhkan untuk balok dan kolom baja pada Gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu?
2. Bagaimana design sambungan pada hubungan balok – kolom, pada Gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka perancangan ini memiliki tujuan dan manfaat sebagai berikut:

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi profil baja yang dibutuhkan untuk balok dan kolom pada gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu.
2. Menentukan design sambungan pada hubungan balok – kolom pada gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu.

1.3.2 Manfaat

Manfaat dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan dan perkembangan standarisasi dalam perancangan struktur baja.
2. Dapat menambah wawasan, pengalaman, dan ilmu pengetahuan tentang perhitungan struktur bangunan Gedung kuliah.
3. Sebagai bahan acuan bacaan datau referensi pustaka untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

1.4 Pokok Pembahasan dan Batasan Masalah

Agar perancangan ini lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan maka diperlukan Batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penulis sebagai berikut

1.4.1 Pokok pembahasan

1. Perancangan Gedung kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu yang berada di Jalan Diponegoro, Kota Palu, Sulawesi Tengah.

2. Perhitungan Analisa struktur dan pembebanan menggunakan aplikasi software yaitu ETABS v.19.

1.4.2 Batasan Masalah

Batasan masalah skripsi ini adalah:

1. Perhitungan desain baja menggunakan metode LRFD,
2. Hanya menghitung struktur bagian atas gedung kuliah IAIN Palu.
3. Peraturan pembebanan menggunakan beban minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727-2020,
4. Perhitungan baja menggunakan SNI 1729-2020 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural,
5. Peraturan beban gempa menggunakan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung,

1.5 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, Batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang dasar-dasar teori mengenai struktur bangunan, sistem pembebanan, serta baja sebagai acuan dalam penyusunan tugas akhir.

BAB III METODE PERENCANAAN

Bab ini berisi gambaran umum perencanaan, waktu dan lokasi penelitian, diagram alur penelitian serta tahapan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan diuraikan hasil – hasil perhitungan konstruksi bangunan atas dengan menggunakan software ETABS v.19

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan pokok dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dan saran yang di berikan untuk memperbaiki hasil dari studi alternatif perancangan struktur atas gedung kuliah IAIN Palu Sulawesi Tengah.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Pengertian Struktur Bangunan

Struktur bangunan adalah bagian-bagian dari sebuah bangunan yang membentuk bangunan tersebut. Bagian struktur bangunan tersebut mulai dari pondasi, balok, kerangka, pelengkung, dinding dan lain-lainnya. Struktur-struktur ini berfungsi untuk mendukung elemen-elemen konstruksi lain seperti interior dan arsitektur bangunan. Elemen-elemen struktur rangka bangunan memang memiliki fungsi berbeda, tetapi tujuannya tetap sama.

Struktur rangka bangunan memiliki peran yang penting dalam dunia konstruksi. Keselamatan orang sangat tergantung oleh kekuatannya. Kelemahan atau kerusakan bisa menyebabkan cedera atau pun kematian. Karena itu, struktur itu tidak boleh sembarangan dibangun.

Dengan itu, beberapa undang-undang sudah mengatur pembangunannya. Para arsitek bisa merujuk kepada beberapa ketentuan untuk merencanakan struktur bangunan seperti:

- Standar Nasional Indonesia Tentang Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain No: SNI 1727 - 2020;
- Standar Nasional Indonesia Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan No: SNI 2847 - 2019; dan

- Standar Nasional Indonesia Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.

Jenis Struktur Bangunan

Struktur rangka bangunan bisa dibagi menjadi dua jenis yaitu struktur bawah dan struktur atas. Namun, ada juga yang membaginya menjadi tiga klasifikasi, di antaranya struktur atas, struktur tengah dan struktur bawah.

1. Struktur bawah bangunan

Struktur bawah adalah bagian-bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah. Contohnya adalah pondasi, basement, dan sloof.

2. Struktur tengah bangunan

Bagian struktur tengah berada di antara tanah dan atap. Ini termasuk dinding, kolom dan lain-lainnya.

3. Struktur atas bangunan

Untuk bagian struktur yang paling atas berfungsi sebagai penopang atap yang berbentuk memanjang ke atas. Contohnya seperti pondasi, kerangka dan lain-lain.

2.2 Sistem Pembebanan

Jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah beban vertikal dan beban horisontal. Pada analisa gaya-gaya dalam struktur utama dilakukan pembebanan dengan beberapa

kombinasi pembebanan yang sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1727-2020 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain.

2.2.1 Beban Vertikal

1. Beban Mati (SNI-1727-2020)

BEBAN MATI ialah berat sendiri komponen struktur yang berfungsi struktural menahan beban. Nilai-nilai yang sering dipakai, keterangan dan nilai lain selengkapnya dapat dilihat pada “**SNI-1727-2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain**” yaitu:

- Baja = 7.850 kg/m³
- Beton Bertulang = 2.400 kg/m³
- Pasir = 1.600 kg/m³

Kemudian untuk berat sendiri komponen gedung yaitu:

- Spesi per cm tebal = 21 kg/m²
- Keramik per m² = 24 kg/m²
- Langit-langit = 11 kg/m²
- Dinding setengah batu per m² = 250 kg/m²
- Penggantung = 7 kg/m²

2. Beban Hidup (SNI 1727-2020)

BEBAN HIDUP ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang

yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut

Tabel 2. 1 Beban hidup terdistribusi merata minimum L_o dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/ m ²)	Terpusat Lb (kN)
Sistem lantai akses		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Atap	20 (0,96)	
Atap datar, berhubung, dan lengkung.	100 (4,79)	
Atap digunakan untuk berkumpul	Sama	
Atap digunakan untuk tujuan lain	seperti hunian layanan	
Tangga dan jalan keluar	100 (4,97)	300r

Sumber: SNI 1727-2020; Tabel 4.3-1; Hal 25

2.2.2 Beban Horisontal

1. Beban Angin

BEBAN ANGIN ialah semua beban yang bekerjapada gedung ataubagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angina ditentukan dengan

menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang- bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 .

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2020 Tabel 26.6-1 halaman 109, dalam menentukan tekanan angin tipe SPBAU (Sistem Penahan Beban angin utama) adalah dengan melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Menentukan kategori risiko bangunan Gedung atau struktur lain.
2. Menentukan kecepatan angin dasar, V (m/s), untuk kategori resiko yang sesuai.
3. Menentukan parameter beban angin:
 - Faktor arah angin, K_d
 - Kategori eksposur
 - Faktor topografi, K_{zt}
 - Faktor elevasi permukaan tanah, K_e
 - Tekanan kecepatan
 - Faktor pengaruh hembusan angin
 - Klasifikasi tertutupan
 - Koefisien Tekanan Internal, G_{cpi}
4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h .

5. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h (N/m^2).
6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_P atau C_N .
7. Hitung tekanan angin, p (N/m^2), pada setiap permukaan bangunan gedung.

Tabel 2. 2 Faktor Arah Angin, K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin, K_d
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen Dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong Asap, Tangki, dan Struktur yang	
Sama	0,90
Segi Empat	0,95
Segi Enam	1,0 ^a
Segi delapan	1,0 ^a
Bundar	
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame	0,85
pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	
Papan reklame terbuka dan kerangka isi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi	0,85
panjang	0,95
Penampang lainnya	

Sumber: SNI 1727-2020; Tabel 26.6-1; Hal 109

2. Beban Gempa

BEBAN GEMPA ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan

berdasarkan pada suatu analisa dinamik, maka yang diartikan pada beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

2.2.3 Beban Hujan Desain

Setiap bagian di suatu atap harus dirancang mampu menahan beban darisemua air hujan yang terkumpul apabila system drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran rencananya.

Dalam SI: $R = 0,0098 (ds + dh)$

Dimana:

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam lb/ft² (kN/m²). Apabila istilah atap yang tidak melendut' digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk system drainase sekunder apabila system drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm)

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolis), dalam in. (mm)

Sumber: SNI 1727-2020; Pasal :8.3; hal: 96

2.3 Analisis Gaya Gempa

Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respon ragam getar yang pertama. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini disederhanakan sebagai segitiga terbalik.

2.3.1 Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa

Untuk perhitungan gaya geser akibat gempa digunakan analisis sebagai berikut:

a. Menentukan nilai spectral percepatan gempa S_s dan S_1

Nilai spectral percepatan gempa untuk perioda pendek (S_s) dan spektral percepatan gempa untuk perioda 1 detik (S_1) didapat dari peta gempa dalam SNI 1726:2019 atau dapat diperoleh langsung dari <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

b. Menentukan kategori resiko bangunan

Menentukan kategori resiko bangunan (Tabel 2.3) dan faktor keutamaan gempa (I_e) Menurut SNI 1726:2019 pasal 4.1.2, pengaruh gempa rencananya harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e) menurut Tabel 2.4.

Untuk berbagai kategori gedung bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur bangunan gedung selama umur gedung yang diharapkan. Pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I).

Tabel 2. 3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung 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 ibadah 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 non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan gawat darurat 	

<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat perbangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah bah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat 	IV

<ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibuluhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam katagori resiko IV.</p>	
---	--

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 3 ; hal 24

Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa

Katagori Resiko Bangunan	I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.5

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 4 ; hal 25

c. Menentukan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726 2019 pasal 5.3 klasifikasi kelas situs dibagi menjadi 6 diantaranya SA, SB, SC, SD, SE dan SF. Kelas situs tersebut meliputi batuan keras batuan, tanah keras, sangat padat dan batuan lunak, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik dan analisis respon spesifik. Kelas situs tersebut didefinisikan seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_n (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: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralisir $S_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik sebagai berikut: Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa.		

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 5 ; hal 29

d. Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Menurut SNI 1726 2019 pasal 6.1.2 koefisien situs F_a (faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran perioda pendek) dan F_v (faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik) harus mengikuti tabel 2.6 dan tabel 2.7.

Tabel 2. 6 Koefisien Situs F_a

Site Class	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pada periode pendek, T=0,2 detik, S _s					
	S _s ≤ 0,25	SS = 0,5	SS = 0,75	SS = 1,0	SS ≥ 1,25	S _s ≥ 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 ^b					

Catatan: Gunakan interpolasi linier untuk angka tengah SS

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 6 ; hal 34

Tabel 2. 7 Kategori Lokasi Fv untuk menentukan Nilai S1

Site Class	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S ₁					
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ = 0,5	S ₁ ≥ 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 ^b					

Catatan: Gunakan interpolasi linier untuk angka tengah S1

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 7 ; hal 34

e. Menentukan percepatan spektral desain SDS dan

SD1 berdasarkan SNI 1726-2019 halaman 35.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots \dots \dots (2.2)$$

f. Menentukan Kategori Desain Seismik

Menurut SNI 1726:2019 pasal 6.5 suatu struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya sesuai pada tabel 2.8 dan tabel 2.9. Selain itu, struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik (S_1) lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik (S_1) lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Tabel 2. 8 Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda pendek

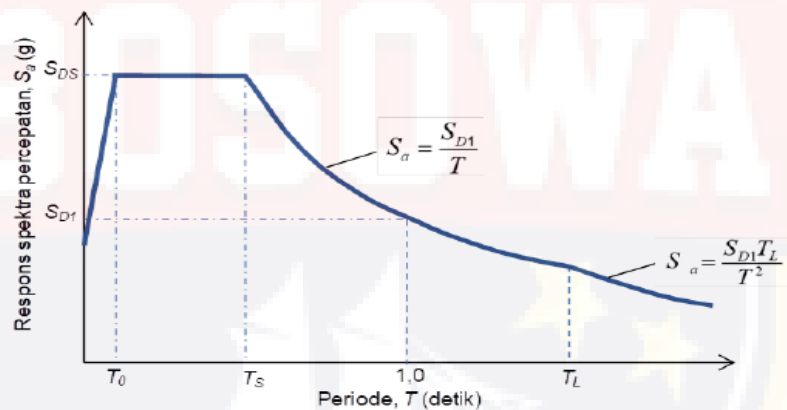
Nilai SDS	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0.167 \leq SDS < 0,33$	B	C
$0.33 \leq SDS < 0,50$	C	D
$0,50 \leq SDS$	D	D

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 8 ; hal 37

Tabel 2. 9 Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda 1.0 detik

Nilai SDB	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$SD1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD1$	D	D

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 9 ; hal 37



Sumber : SNI 1726 2019; Hal 36

Gambar 2.1 Respon Spectra Desain

g. Sistem Penahan Gaya Seismic

Menurut SNI 1726 – 2019 pasal 7.2.2 Sistem pemikul gaya seismic yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismic di masing – masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan masing – masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus diterapkan pada setiap sistem,

termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam tabel 2.10

Tabel 2. 10 Sistem Penahan Gaya Seismic

Sistem pemikul gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_p^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^d				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	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 canai 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 momen								
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 ^g	TI ^g	TI ^g
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^g	TI ^g	TI ^g
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^h	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 canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁱ	3½	3 ^e	3½	10	10	10	10	10

Sumber : SNI 1726 2019; Hal 46

Keterangan :

TB : Tidak dibatasi

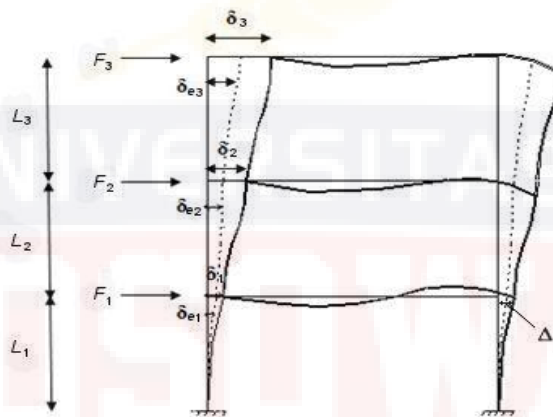
TI : Tidak diizinkan

2.4 Defleksi Lateral

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain, Δ , harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Seperti yang digambarkan pada gambar 2.2,

Δ merupakan defleksi lateral dari suatu struktur portal.

Besarnya defleksi tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar pula simpangan antar lantai yang terjadi. (SNI 1726 2019; hal:75)



Gambar 2.2 Penentuan simpangan antar lantai

2.4.1 Batasan Simpangan Antara lantai Tingkat

Simpangan antar lantai tingkat desain (z) seperti ditentukan dalam SNI 1726-2019 pasal 7.8.6, 7.9.1.2, atau 7.12.1, tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti didapatkan dan Tabel berikut:

Tabel 2. 11 Simpangan antar lantai ijin $\Delta_a^{\alpha,b}$

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}

Sumber : SNI 1726 2019; Tabel 20 ; hal 88

2.5 Baja

2.5.1 Sifat Mekanis Baja

Berikut merupakan sifat-sifat mekanis baja struktural secara umum:

- Modulus Elastisitas, E = 200.000 mPa
- Modulus Geser, G = 80.000 mPa
- Angka Poison (μ) = 0,30

Sumber: Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008; hal; 20

Sedangkan berdasarkan tegangan leleh dari dari regangan putusnya, mutu material baja dibagi menjadi 5 kelas mutu sebagai berikut:

Tabel 2. 12 Sifat-sifat mekanis baja struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum f_u (mPa)	Tegangan Leleh Minimum f_y (mPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20

BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*, Erlangga, 2008; hal; 20

2.5.2 Metode Desain Load and Resistance Faktor Design (LRFD)

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk Load and Resistance Factor design (LRFD) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban LRFD. Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan:

$$R_u \leq \phi R_n \dots \dots \dots (2.3)$$

(SNI-1729-2020; hal: 11)

Dimana:

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban.

ϕ = Faktor Ketahanan

R_n = Kekuatan Nominal

ϕR_n = Kekuatan desain

2.5.3 Kombinasi Beban dan Faktor

a. Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727:2020 pasal 2.3.1; hal; 13, struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

1. 1.4 D
2. 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_r atau S atau R)

3. $1.2 D + 1.6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5 W)$

4. $1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

5. $0.9 D + 1.0 W$

6. $1.2 D + E_v + E_h + L + 0.2 S$

7. $0.9 D - E_v + E_h$

$E_h = \rho Q_E$

$E_v = 0.2 S_{ds} D$

Dimana:

D = beban mati

L = beban hidup

S = beban salju

R = beban hujan

W = beban angin

E_h = beban seismic horizontal

E_v = beban seismic vertical

Q_E = pengaruh gaya seismic horizontal dari V atau F_p

P = faktor redunansi

8. Faktor Reduksi

Faktor reduksi dalam perencanaan struktur berdasarkan SNI 1729-2020, sebagai berikut:

- a. Komponen struktur memikul lentur $\varphi = 0,90$
- b. Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial

- Kuat penampang $\varphi = 0,85$

- Kuat Komponen struktur $\varphi = 0,85$

- c. Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial

- Terhadap kuat tekan leleh $\varphi = 0,90$

- Terhadap kuat tarik fraktur $\varphi = 0,75$

- d. Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi

- Kuat Lentur atau geser $\varphi = 0,90$

- Kuat Tarik $\varphi = 0,90$

- Kuat tekan $\varphi = 0,85$

- e. Komponen struktur komposit

- Kuat tekan $\varphi = 0,85$

- Kuat Tumpu beton $\varphi = 0,60$

- Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastic $\varphi = 0,85$

- Kuat lentur dengan distribusi tegangan elastic $\varphi = 0,90$

- f. Sambungan baut

- Baut yang memikul geser $\varphi = 0,75$

- Baut yang memikul Tarik $\varphi = 0,75$

- Baut yang memikul kombinasi geser dan Tarik $\varphi = 0,75$

- Lapis yang memikul tumpu $\phi = 0,90$

g. Sambungan las

- Las tumpul penetrasi penuh $\phi = 0,90$
- Las sudut dan las tumpul penetrasi Sebagian $\phi = 0,75$
- las pengisi $\phi = 0,75$

Sumber: SNI 1729-2020

2.5.4 Batang Tekan LRFD

Batang-batang tekan yang banyak dijumpai yaitu kolom dan batang-batang tekan dalam struktur rangka batang. komponen struktur tekan dapat terdiri dari profil tunggal atau profil tersusun yang digabungkan menggunakan pelat kopel.

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan, akibat beban terfaktor N_u , harus memenuhi:

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_n \dots\dots\dots (2.4)$$

(SNI-1729-2020, hal. 32)

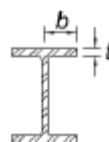
Dengan:

$$\phi_c = 0,90$$

P_u = Beban terfaktor

P_n = Kuat tekan nominal komponen Struktur, $A_g \cdot f_c$ Parameter batas tidak langsing kolom, dituliskan sebagai berikut: Pada bagian

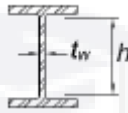
sayap:



$$\frac{b}{2tf} < \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{E}{Fy}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Pada bagian badan:

$$\frac{h}{tw} < \lambda = 3,76 \sqrt{\frac{E}{Fy}} \dots\dots\dots(2.6)$$



(SNI,1729-2020, hal. 16)

Dimana:

λ = parameter batas tidak langsing pada Kolom

Fy = Tegangan leleh material, MPa

E = Modulus Elastisitas

Daya dukung nominal Pn , struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$Pn = FcrAg \dots\dots\dots(2.7)$$

Tegangan krisis Fcr dapat ditentukan sebagai berikut:

(a) Bila $\frac{Lc}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$ (atau $\frac{Fy}{Fe} \leq 2,25$)

$$Fcr = (0,658^{\frac{Fy}{Fe}}) Fy \dots\dots\dots(2.8)$$

(b) Bila $\frac{Lc}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$ (atau $\frac{Fy}{Fe} > 2,25$)

$$Fcr = 0,877Fe \dots\dots\dots(2.9)$$

(SNI,1729-2020, hal. 34)

Dimana:

A_g = Luas penampang bruto komponen struktur, mm²

E = modulus elastisitas baja (200.000 MPa)

F_e = tegangan tekuk elastis

F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk tipe baja yang digunakan

r = radius girasi

2.5.5 Batang Lentur

Komponen struktur lentur memikul beban-beban gravitasi, seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa. Komponen struktur ini merupakan kombinasi dari elemen tarik, sehingga konsep dari komponen struktur tarik dan tekan dikombinasikan. Komponen ini diasumsikan sebagai komponen tak tertekuk karena bagian elemen mengalami tekan, sepenuhnya terkekang baik dalam arah sumbu kuat, maupun sumbu lemahnya. *Sumber: Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, Erlangga, 2008; hal; 80*

Persyaratan keamanan untuk balok pada *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*, dinyatakan sebagai berikut:

$$M_u \leq \phi M_n \dots \dots \dots (2.12)$$

(SNI,1729-2020, hal. 45)

Dimana:

ϕ = Faktor reduksi untuk lentur = 0,90

M_n = Kuat lentur nominal balok

M_u = Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD

Untuk menentukan M_n dapat dihitung dengan persamaan:

Momen Plastis

$$M_n = M_p = F_y Z_x \dots\dots\dots (2.13)$$

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, dan tidak kompak, dan langsing seperti halnya pada batang tekan

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak:

- Apabila $L_b \leq L_p$, keadaan batas tekuk torsi lateral tidak berlaku
- Jika $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b [R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L S_{xc}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq R_{pc} M_y \dots\dots\dots (2.14)$$

- Jika $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_{xc} \leq R_{pc} M_{yc} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan nilai F_{cr}

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana nilai C_b

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

- Sx = Modulus penampang elastis sumbu x
- J = Konstanta torsi
- h0 = jarak antara titik berat sayap (residu)
- E = Modulus elastisitas Baja
- Lb = Panjang antara titik-titik breising/ pengaku
- Cb = faktor modifikasi tekuk torsi lateral untuk diagram momen tidak merata

- Rts = radius girasi efektif
- C = 1 (untuk profil I simetris ganda)
- Mmaks = Momen maksimum pada bentang yang ditinjau
- MA = Momen pada 1/4 bentang tak terkekang
- MB = Momen pada tengah bentang tak terkekang
- MC = Momen pada 3/4 bentang tak terkekang

Tekuk lokal elemen sayap tekan

- penampang dengan profil sayap tidak kompak

$$M_n = R_{pc}M_{yc} - (R_{pc}M_{yc} - F_L S_{yc}) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \dots \dots \dots (2.18)$$

- penampang dengan profil sayap langsing

$$M_n = \frac{0,9 E_k c S_x c}{\lambda^2} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

λ = Kelangsingan penampang balok $\frac{b}{2tf}$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$ = Batas kelangsingan sayap kompak

$\lambda_{rf} = \lambda_r$ = Batas kelangsingan sayap non kompak

M_n = Tahanan momen nominal

M_p = Momen tahanan plastis

K_c = Koefisien untuk elemen langsing tak diperkaku $= \frac{4}{h/tw}$

2.5.6 Tekuk Torsi Lateral

Tekuk torsi lateral adalah kondisi batas yang menentukan kekuatan sebuah balok. Sebuah balok mampu memikul momen maksimum hingga mencapai momen plastis, keruntuhan dari sebuah struktur balok adalah sebagai berikut:

1. Tekuk lokal pada flens tekan
2. Tekuk lokal dari web dalam tekan lentur
3. Tekuk torsi lateral

Berikut perilaku balok terhadap tekuk Torsi lateral

- a. Bila $L_b \leq L_p$, Keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh

digunakan. Dengan $L_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (2.20)

- b. Bila $L_p < L_b \leq L_r$ Dengan

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x H_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x H_o}\right)^2 + 6,67 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Maka momen nominalnya adalah

$$M_n = M_p - (M_p - M_y) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

c. $L_b > L_r$

Maka momen nominalnya adalah

$$M_n = M_{cr} \dots\dots\dots (2.23)$$

(SNI-1729-2020, hal. 47)

Dimana:

L_b = Jarak antara breis/pengaku (mm)

L_p = Panjang komponen struktur utama (m)

L_r = Pembatas panjang tidak dibreis secara lateral untuk analisis plastis

M_n = Tahanan momen nominal

C_b = Faktor modifikasi tekuk torsi lateral untuk diagram momentidak merata.

M_p = Momen tahanan plastis

S_x = Modulus penampang elastis pada sumbu x, mm³

f_{cr} = Tegangan kritis penampang, Mpa

2.5.7 Batang Portal (Aksial-Momen)

Suatu komponen struktur biasanya harus memikul beban aksial (tarik atau tekan) serta momen lentur. Apabila besarnya gaya aksial yang bekerja cukup kecil dibandingkan momen lentur yang bekerja, maka efek dari gaya aksial tersebut dapat diabaikan, dan

komponen struktur tersebut dapat didesain sebagai komponen balok lentur. Sedangkan jika gaya aksial yang bekerja lebih dominan dari pada momen lentur, maka komponen struktur tersebut dapat didesain sebagai komponen tarik atau desai struktur tekan. Adapun hal yang perlu diperhitungkan dalam merencanakan Batang Portal yaitu:

- **Faktor Pembesaran momen**

Dimana kuat lentur perlu elemen adalah:

$$M_r = M_u = B_1 + M_{nt} + B_2 + M_{lt} \dots\dots\dots (2.24)$$

Sedangkan kuat aksial perlu elemen adalah:

$$P_r = P_{nt} + B_2 + P_{lt} \dots\dots\dots (2.25)$$

Faktor B1 untuk P-δ (dielemen)

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - a \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana C_m =1.0 (diambil secara konservatif untuk semua kasus) Faktor B2 untuk P-δ (distruktur)

$$B_2 = \frac{1}{1 - a \frac{P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1 \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

$$P_{e1} = \frac{n^2 EI}{K_1 L^2} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$P_{story} = P_u \dots\dots\dots (2.29)$$

$$P_{e story} = R_M \frac{HL}{\Delta H} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$R_M = 1 - 0,15 \frac{Pmf}{Pstory} \dots\dots\dots(2.31)$$

Persamaan Interaksi Aksial-Momen

Jika $\frac{Pr}{Pc} \geq 0,2$ maka:

$$\frac{Pr}{Pc} + \frac{8}{9} \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \leq 1,0 \dots\dots\dots(2.32)$$

Jika $\frac{Pr}{Pc} < 0,2$ maka:

$$\frac{Pr}{2Pc} + \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \leq 1,0 \dots\dots\dots(2.33)$$

dimana:

B_1 = faktor Pengali untuk memphitungkan $P-\delta$ (P-delta) terhadap momen pada elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan

M_{nt} = Kuat lentur perlu elemen, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan lateral (atau rangka tidak bergoyang)

M_{lt} = Kuat lentur perlu elemen, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan lateral (atau rangka

	bergoyang)
P_{nt}	= Kuat aksial perlu, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan lateral (atau rangka tidak bergoyang)
P_{lt}	= Kuat aksial perlu, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan lateral (atau rangka bergoyang)
α	= 1.0 (jika digunakan ketentuan LRFD, nilainya sudah pada level kondisi batas (ultimate))
C_m	= Koefisien untuk elemen yang tidak bergoyang
P_{e1}	= Kapasitas tekuk kritis batang pada arah lentur yang ditinjau
P_{story}	= P_u = total beban vertikal
$P_{e\ story}$	= Kuat tekuk kritis elastis pada tingkat dalam arah perpindahan yang ditinjau
P_{mf}	= Beban vertikal total pada kolom pada tingkat yang merupakan bagian rangkasan momen (portal), jika ada, pada arah translasi yang ditinjau (= 0 untuk sistem rangka terlambat)
H	= Gaya geser tingkat, arah translasi yang ditinjau hasil dari gaya lateral sewaktu menghitung ΔH

ΔH	= Drift antar tingkat
L	= panjang tekuk arah yang di tinjau
E	= Elastisitas Penampang Baja
I	= Inersia baja
P_r	= P_u = Kuat aksial perlu elemen struktur, hasil analisa struktur rangka secara menyeluruh
P_c	= Kuat rencana elemen struktur
M_r	= M_u = Kuat lentur perlu elemen
M_c	= $\phi \cdot M_n$ = Kuat rencana elemen struktur lentur sebagai balok lentur

(SNI-1729-2020, hal. 76-77)

2.5.8 Sambungan Baut

Sambungan baut yang memikul beban terfaktor, R_u , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \dots\dots\dots (2.34)$$

(SNI-1729-2020, hal. 119)

Dimana:

ϕ = Faktor reduksi

R_n = Kuat nominal baut

R_u = Beban terfaktor

- **Perencanaan sambungan Baut**

Kontrol jarak antar baut:

a. Jarak baut ke tepi (S1)

Tabel 2. 13 Jarak tepi minimum

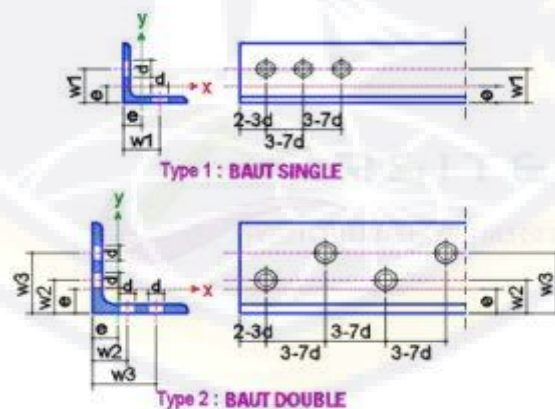
Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

Sumber : SNI 1729-2020; Tabel J3.4M ; hal 130

b. Spasi minimum (S)

Jarak antara pusat lubang baut harus, ukuran berlebih, atau lubang–lubang slot tidak boleh kurang dari $2 \frac{2}{3}$ kali diameter nominal, d , dari pengencang, jarak $3d$ yang lebih disukai.

Sumber: SNI 1729:2020, halaman 128



Gambar 2. 3 Tata letak baut

c. Jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat dari bagian-bagian dalam kontak harus 12 kali ketebalan dari bagian yang disambung akibat perhitungan, tetapi tidak boleh melebihi 6 in. (150 mm). Spasi longitudinal *pengencang* antara elemen- elemen yang terdiri dari suatu pelat dan suatu profil atau dua pelat pada kontak menerus harus sebagai berikut:

1. Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tidak dicat yang tidak menahan korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 12 in. (305 mm).
2. Untuk komponen struktur tidak dicat dari *baja* yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmorspheric, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 7 in. (180 mm).

Catatan: Dimensi pada (1) dan (2) tidak berlaku untuk elemen – elemen yang terdiri dari dua profil dalam kontak menerus.

(Sumber: SNI 1726 2020; hal 129)

• **Kuat nominal terhadap tarik dan geser:**

$$R_n = F_n A_b \dots\dots\dots (2.35)$$

(SNI-1729-2020, hal. 129)

Dimana:

R_n = Kuat tarik nominal

f_n = Tegangan tarik nominal f_{nt} , atau tegangan geser,
 f_{nv} (MPa)

A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian
berulir (mm²)

• **Kuat nominal tumpu pada lubang–lubang baut:**

$$R_n = 1,2 l_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \dots \dots \dots (2.36)$$

(SNI-1729-2020, hal. 134)

dimana:

R_n = Kuat tumpu nominal

f_u = Kuat tarik putus terendah dari baut atau plat (MPa)

t = Tebal plat (mm)

D = Diameter baut nominal (mm)

l_c = Jarak bersih, dalam arah gaya, antara tepi lubang
dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari baut
atau plat (mm)

• **Kuat geser baut:**

$$\Phi R_n = 0,60 F_y A_{gv} \dots \dots \dots (2.37)$$

(SNI-1729-2020, hal. 135)

dimana:

ϕ = Faktor reduksi geser baut (1,00)

A_{gv} = Luas bruto yang memikul geser, (mm²)

• **Menentukan Jumlah Baut:**

$$n = \frac{Ru}{\phi R_n} \dots\dots\dots(2.38)$$

dimana:

n = Jumlah baut

R_n = Tahanan nominal baut

Ru = Beban terfaktor

• **Kombinasi gaya tarik dan geser dalam**

sambungan Tipe tumpuan:

$$\phi R_n = F'_{nt} A_b \dots\dots\dots(2.39)$$

(SNI-1729-2020, hal. 131)

Di mana:

A_b = Luas tubuh baut tidak berulir nominal
atau bagian berulir(mm²)

f'_{nt} = Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi
mencakup efektegangan geser (MPa)

ϕ = Faktor reduksi (0,75)

• **Kuat Blok Pelat/ Geser Blok Pelat**

$$R_n = 0,60F_u A_{mv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \dots\dots(2.40)$$

(SNI-1729-2020, hal. 136)

dimana:

F_u = Kuat Tarik minimum pelat sambungan

F_y = Kuat leleh minimum pelat sambungan

A_{nv} = Luas netto (dengan lubang) potongan yang mengalami gaya geser

A_{gv} = Luas utuh (tanpa lubang) potongan yang mengalami gaya geser

A_n = Luas netto potongan (dengan lubang) yang mengalami gaya Tarik

U_{bs} = Untuk tegangan Tarik merata ($U_{bs} = 1.0$) Untuk tegangan Tarik tidak merata ($U_{bs} = 0.5$)

• **Kontrol terhadap momen:**

$$\Phi \cdot M_n = \frac{0,9 \cdot F_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i \dots \dots \dots (2.41)$$

$$a = \frac{\sum T}{F_{yp} \cdot b} \dots \dots \dots (2.42)$$

$$T = A_b \cdot f_{ub} \dots \dots \dots (2.43)$$

Di mana:

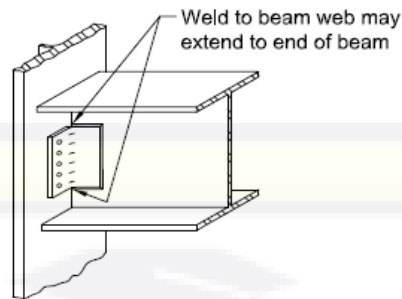
A_b = Luas penampang baut

b = Lebar balok pelat penyambung

a = Tinggi penampang tekan

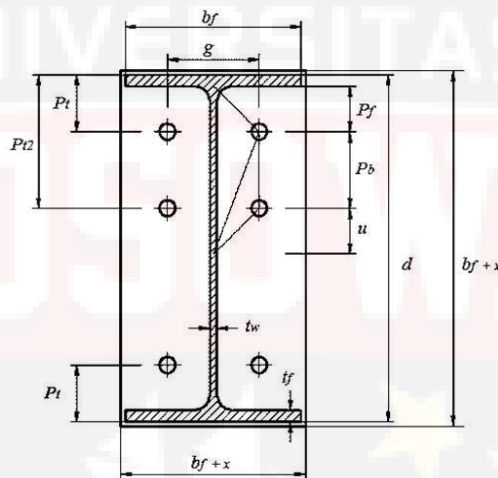
f_{ub} = Kuat tarik nominal baut

f_y = Tegangan leleh



Gambar 2. 4 Sambungan baut Kolom dan Balok (End-Plate)

2.5.9 Sambungan Pelat Ujung (End Plate)



Gambar 2. 5 Sambungan Pelat Ujung

Kuat sambungan pelat ujung terhadap kondisi batas leleh:

$$M_{pl} = F_{py} \cdot t_p^2 \cdot \frac{b_f}{2} \cdot \left[\frac{d-pt}{p_f} + \frac{d-pt^2}{2} \right] + 2 [p_f + p_b + u] \left[\frac{d-pt}{g} \right] \dots (2.44)$$

Dengan nilai u

$$u = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b_f \cdot g \cdot \left[\frac{d-pt^2}{d-pt} \right]} \dots (2.45)$$

Dimana tebal pelat minimum dapat dihitung dengan persamaan:

Dimana:

$$t_p \geq \left[\frac{M_u / \phi F_{py}}{\left[\frac{b_f}{2} \left[\frac{d-Pt}{P_f} + \frac{d-Pt^2}{u} \right] + [2P_f + P_b + u] \frac{d-Pt}{g} \right]} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.46)$$

F_{py} = Tegangan leleh material

M_{pl} = Kapasitas momen plastis pelat ujung, Mpa

M_u = Momen batas sambungan pelat ujung/ momen terfaktor, Mpa.

Φ = Keruntuhan lentur akibat leleh, = 0,9

Kuat sambungan didasarkan pada kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel, Mpa

$$M_{np} = 2 P_t (d_1 + d_2) \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana:

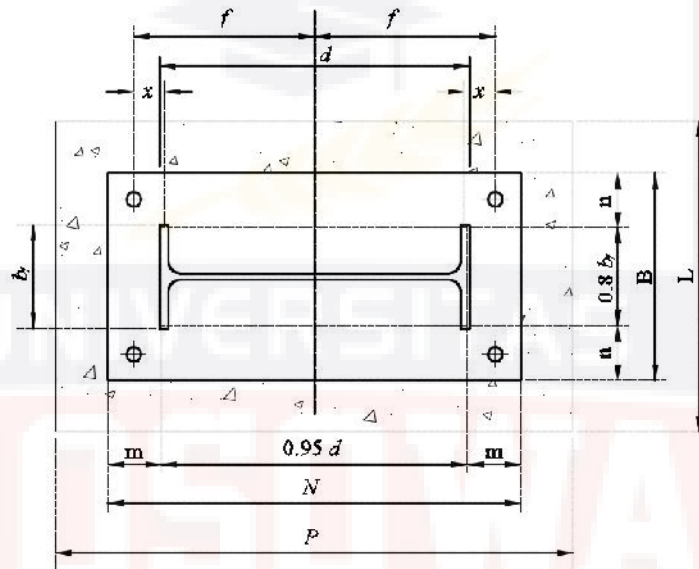
M_{np} = Kapasitas sambungan baut end plate didasarkan pada kekuatan baut tanpa efek prying / congkel, Mpa

Φ = Keruntuhan fraktur baut = 0,75

2.5.10 Pelat Dasar Kolom Baja

Dalam perencanaan suatu struktur baja, bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah pelat landasan (*base plate*). Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu plat dasar, angkur, serta sirip-sirip pengaku

(*stiffener*). Suatu struktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi. Pada *Air Traffic Control Tower* ini teori base plate digunakan untuk menghubungkan kolom baja dan kolom beton tiap lantai.



Gambar 2. 6 Pelat Landasan (Base Plate)

Dalam perencanaan suatu struktur base plate biasanya dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu tipe dimana base plate tanpa beban momen lentur, atau dalam bentuk idealis tumpuan, ada;ah tumpuan sendi. Dan base plate dengan beban momen lentur yang terjadi, angkur harus di desain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi .

Kategori Sendi:

Dalam kasus ini suatu struktur base plate harus mampu memikul gaya aksial serta gaya geser. Karena tidak ada momen lentur yang bekerja, maka akan terjadi distribusi tegangan yang merata pada bidang kontak antara base plate dan beton penumpu. Sedangkan angkur yang terpasang ditujukan untuk menahan gaya geser yang terjadi.

Untuk keseimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton (P_p) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u \leq \phi \cdot P_p \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana:

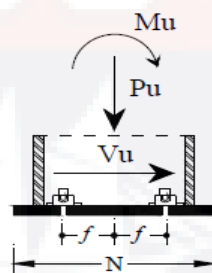
P_u = Gaya aksial terfaktor

P_p = Gaya aksial nominal

ϕ = Faktor reduksi (0.75)

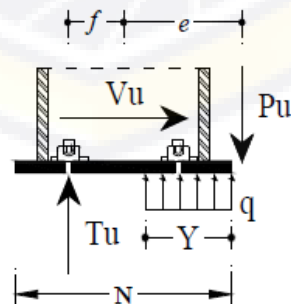
Kategori Jepit

Dalam kasus ini suatu struktur base plate harus mampu memikul momen lentur yang terjadi. Sedangkan angkur yang harus di desain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi. Dalam kasus ini ada dua variable yang harus dihitung yaitu panjang Y dan gaya Tarik pada angkur, T_u



Gambar 2. 7 Beban yang bekerja pada base plate

Perhitungan Eksentrisitas:



Gambar 2. 8 Base plate dengan eksentrisitas beban

Untuk eksentrisitasnya:

$$e = \frac{Mu}{Pu} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dimana:

- e = Jarak eksentrisitas (mm)
- Mu = Momen yang terjadi (Nmm)
- Pu = Gaya tekan yang terjadi (N)

Perhitungan Tegangan tumpu pada Beton:

$$q = \phi_c \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot B \cdot \sqrt{\frac{A2}{A1}} \dots\dots\dots(2.50)$$

Dimana:

- Φ_c = Faktor reduksi (0,75)
- f'_c = Kuat tekan beton
- B = Lebar base plate
- q = Gaya merata pada plat (N/mm)
- A1 = Luas base plate
- A2 = Luas maksimum base plate yang menahan beban beban konsentrik

Ukuran Pelat Dasar

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$n = \frac{(B - 0,8 \cdot bf)}{2} \dots\dots\dots(2.52)$$

$$X = \frac{4dbf}{d + bf^2} \cdot \frac{Pu}{\phi_c \cdot Pp} \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana:

B = Lebar base plate

N = Panjang base plate

b_f = Lebar sayap/ flens kolom

d = Tinggi kolom

f = Jarak angkur ke sumbu base plate dan sumbu kolom

Perhitungan Tebal Base Plate

Perencanaan tebal base plate dilakukan seperti perencanaan komponen struktur lentur, dengan persyaratan:

$$M_{pl} \leq \phi b \cdot M_n \dots\dots\dots (2.54)$$

$$M_n \leq M_p \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana:

M_{pl} = Momen lentur terfaktor yang terjadi pada base plate, Nmm

M_n = Momen nominal base plate, Nmm

M_p = Momen lentur plastis dari base plate, Nmm

Besarnya momen lentur terfaktor dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_{pl} = \frac{1}{2} f_p \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana:

f_p = Tegangan tumpu yang timbul pada permukaan beton, Mpa

c = Diambil dari nilai terbesar antara m,n dan n'

n' = Panjang kantilever base plate dari muka kolom flens atau web berdasarkan teori garis leleh

untuk kondisi batas leleh, tebal minimum pelat landasannya adalah:

$$t_p \leq \sqrt{\frac{4 \cdot M_{pl}}{\phi \cdot f_y}} \dots\dots\dots (2.57)$$

Momen nominal base plate dengan persamaan:

$$M_n = \frac{t_p^2}{4} \cdot f_y \dots\dots\dots (2.58)$$

Dimana:

t_p = Tebal pelat, mm

Setelah menentukan parameter yang diperlukan, selanjutnya menghitung tebal base plate sesuai perencanaan mengikuti prosedur praktis perencanaan tebal base plate yang mengacu pada *Perencanaan Struktur Baja LRFD edisi II, Agus Setiawan, 2008*.

Panjang Angkur Minimum

Panjang angkur yang ditanam minimum yang di perlukan (L) yakni:

$$L = \frac{f_y}{4 \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}} \dots\dots\dots (2.59)$$

2.6 Penelitian Terdahulu

1. **Fajar (2018) Universitas Islam Malang. Melakukan penelitian tentang “ Studi Alternatif Perencanaan Struktur Komposit Pada Gedung Mall Dinoyo Malang”**

Perencanaan pembangunan gedung mall dinoyo malang dilatarbelakangi meningkatnya jumlah sumber daya manusia dikota malang dan pemenuhan kebutuhan primer, dan untuk mengagkat pendapatan pasar tradisional. Sruktur gedung mall dinoyo menggunakan beton bertulang, memiliki enam lantai dengan panjang bangunan 80 m, lebar bangunan 76,73 m dan tinggi bangunan 26 m. Secara umum tugas akhir ini adalah merencanakan alternatif struktur kantor menggunakan struktur komposit baja-beton. Standar perencanaan yang digunakan yaitu SK SNI 03-1726-2002, SK SNI 03-2847-2002 dan SK SNI 03-1729-2002. Perhitungan studi alternatif perencanaan struktur komposit menghasilkan tebal pelat 15 mm dengan tulangan wiremesh terpasang M9-150 ; balok anak yang digunakan adalah WF 350.175.7.11 ; balok induk WF. 400.200.8.13 ; kolom komposit menggunakan WF. 400.400.13.21 dengan 4D19 sebagai tulangan longitudinal dan $\emptyset 10 - 250$ sebagai tulangan sengkang. Perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang kedalaman 5,2 m, tulangan pokok 9D19-200

2. M Kiki Rizki K E, Warsito, Bambang Suprpto (2019) Universitas Islam Malang. Melakukan penelitian tentang “Studi Alternatif Baja-Beton Komposit Hotel NEO Kota Baru Malang”

Kota Batu merupakan salah satu tempat wisata yang sudah dikenal sebagai salah satu tempat objek wisata. Perkembangan pariwisata di Kota Batu sangat pesat yaitu keindahan wisata alam pegunungan

dan wisata lainnya. Hotel Neo Kota Batu yang menggunakan beton konvensional yaitu struktur beton bertulang dan dicor ditempat.

Secara umum, tugas akhir ini adalah merencanakan ulang struktur menggunakan struktur komposit baja-beton sebagai alternatif perencanaan yang semula menggunakan beton bertulang. Struktur komposit adalah perpaduan antara profil baja dan beton yang menjadi satu kesatuan struktur. Standard perencanaan yang digunakan yaitu SNI 1729-2015, SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, dan SKBI-1.3.53.1987. perhitungan studi alternatif baja beton-komposit menghasilkan tebal plat 125 mm dengan tulangan terpasang $\varnothing 10-125$, dimensi balok anak yang digunakan WF 250,125,11,5 dengan $M_{\text{maks}} = 9141,792 \text{ kgm,}$; dimensi balok induk yang di gunakan WF 600,300,12,17 dengan $M_{\text{maks}} = 70941,189 \text{ kgm,}$; dibungkus kolom beton menggunakan 60/40 cm dengan $p_{\text{maks}} = 95804,757 \text{ kg}$ dengan $M_{\text{maks}} = 73989,702 \text{ kgm}$, pondasi yang di gunakan berupa pondasi tiang pancang dengan poer pondasi 1 m x1,5 m. spesifikasi tiang pancang $\varnothing 30 \text{ cm}$ sebanyak 2 tiang dalam 1 pondasi dengan jarak antar tiang 120 cm dan kedalaman tiang 7,2 m. untuk tulangan pondasi di gunakan tulangan pokok $\varnothing 10 \text{ D-22 mm}$ dan tulangan spiral D12-25.

3. **Muhammad Arinal Haq, Warsito, Bambang Suprpto** (2020)
Universitas Islam Malang. Melakukan penelitian tentang "Studi

Alternatif Gedung Transmart Mall Kota Malang Dengan Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton”

Kota Malang merupakan kota dengan salah satu penduduk terpadat di Jawa Timur. Struktur perekonomian di daerah tersebut mayoritas mengarah pada pusat perbelanjaan. Ketersediaan lahan di kota semakin sempit menjadi alasan banyak bangunan vertikal didirikan di Kota Malang salah satunya gedung Transmart Mall yang sebelumnya menggunakan beton bertulang konvensional, memiliki 6 lantai panjang bangunan 72m, tinggi bangunan 36m. Tugas akhir ini merencanakan ulang dengan konsep Struktur Komposit (Baja - Beton). Standar perencanaan yang digunakan yaitu SNI-1726-2012 Tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 1727:2013, SNI 2847:2013, SNI 03-1726-2002. Perhitungan perencanaan struktur menghasilkan tebal pelat 125 mm untuk pelat lantai 1 s/d 6 tulangan $\varnothing 12-125$ dan 125 mm untuk pelat lantai atap tulangan $\varnothing 10-125$; dimensi balok anak WF 400.200.8.13 dengan $M_{\text{maks}} = 21974,79$ kgm; dimensi balok induk WF 500.200.10.14 dengan $M_{\text{maks}} = 62700$ kgm; kolom komposit dibungkus beton 60/60 cm dengan $P_{\text{maks}} = 264768$ kg $M_{\text{maks}} = 95197$ kgm, pondasi tiang pancang dengan poer pondasi 2,5m x 2,5m diameter $\varnothing 40$ cm sebanyak 4 tiang dalam 1 pondasi jarak antar tiang 130 cm dan kedalaman 22,5 m. tulangan pondasi

digunakan tulangan pokok $\varnothing 10$ D-22 mm dan tulangan spiral D12-130 mm, daya dukung tiang berdasarkan SPT adalah 414,48 ton.

4. **Muhammad Zainur Rozikin, Warsito, Bambang Suprpto (2020)**

Universitas Islam Malang. Melakukan penelitian tentang “Studi Perencanaan Struktur Baja Pada Bangunan Gedung Kampus STKIP AL Hikmah Surabaya”

Proyek pembangunan gedung kampus STKIP Al Hikmah Surabaya yang terletak di kompleks sekolah Al Hikmah Surabaya ini difungsikan sebagai gedung perkuliahan. Semakin berkembangnya zaman, proyek pembangunan struktur juga mengikuti perkembangan salah satunya dengan menggunakan struktur baja. Baja sebagai konstruksi memiliki kekuatan yang lebih tinggi, juga lebih mudah dalam pelaksanaannya dan penyambungan antar elemen. Gedung kampus STKIP Al Hikmah ini memiliki ukuran tinggi delapan lantai dengan panjang bangunan 40,1 m, lebar bangunan 21 m dan tinggi bangunan 29 m. Secara umum, tugas akhir ini adalah merencanakan ulang dengan rangka baja dalam perencanaan strukturnya. Dalam perencanaan ulang struktur ini mengacu pada Standar perencanaan yang digunakan yaitu SNI 1729:2015, SNI 1727:2013, SNI 2847:2013, SK SNI 03-1726-2002 dan SKBI-1.3.53.1987. Perhitungan studi perencanaan struktur baja pada gedung kampus STKIP Al Hikmah ini menggunakan metode pemodelan 2D pada STAAD PRO V8i serta merencanakan sambungan pada bangunan

strukturalnya, dan menghasilkan tebal pelat 120 mm dengan tulangan menggunakan tulangan weremesh M9 – 150 ; balok anak menggunakan profil WF 450.200.9.14, WF 400.200.8.13, WF 350.175.7.11, WF 300.150.7.9 ; balok induk menggunakan profil WF 500.200.10.16, WF 300.150.7.9 ; kolom menggunakan profil WF 600.200.12.20. Perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang kedalaman 39 m, dengan daya dukung tiang berdasarkan SPT adalah 88,757 ton.

5. ***Awal Puteri Nabilatus Sakinah, Warsito, Azizah Rokhmawati***
(2020) Universitas Islam Malang. Melakukan penelitian tentang
***“Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Gedung RSUD
Darmayu Ponorogo dengan Menggunakan Sistem Rangka
Pemikul Momen”***

Penggunaan material struktur baja sebagai struktur bangunan belum meluas seperti di negara-negara lain, umumnya material baja digunakan untuk membangun jembatan. Tetapi apabila menggunakan kekuatan struktur baja sebagai pemikul beban yang bekerja dan memanfaatkan sifat beton yang tahan terhadap api, maka akan menghasilkan desain profil yang lebih kuat, dan mudah pelaksanaannya. Tugas akhir ini menggunakan struktur baja sebagai konstruksi Gedung Rumah Sakit Umum Darmayu Ponorogo. Proyek Rumah Sakit Umum Darmayu Ponorogo berlokasi di Jl. Dr. Soetomo No. 12, Ponorogo. Gedung Rumah Sakit Umum Darmayu ini

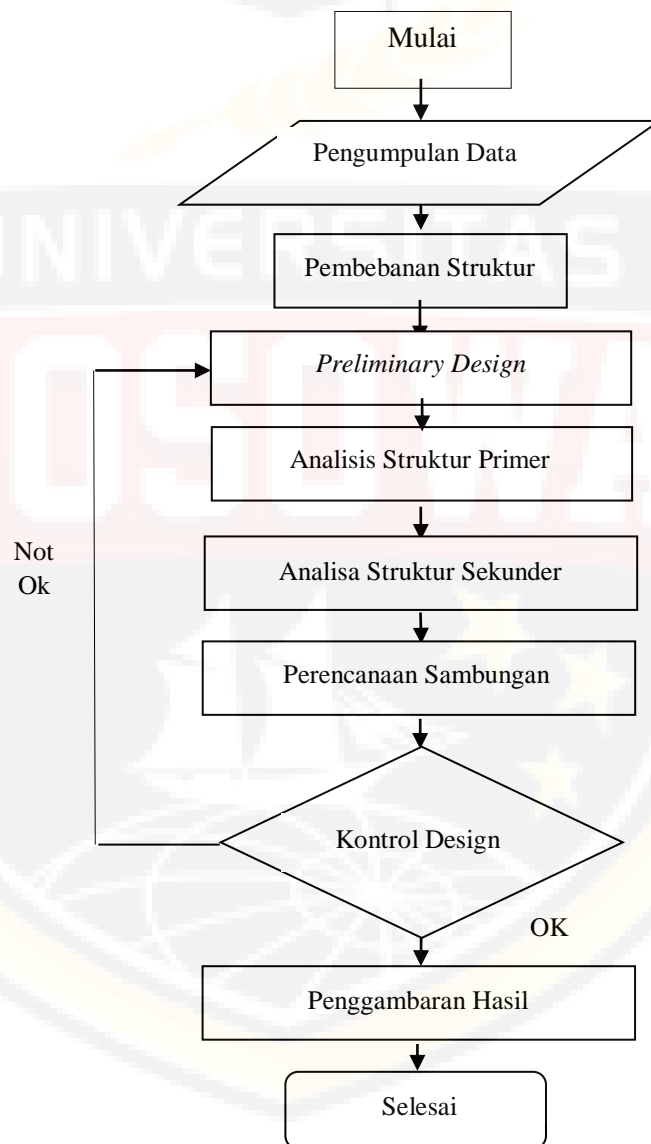
memiliki ukuran tinggi enam lantai dengan basement dan atap dengan panjang bangunan 40,1 m, lebar bangunan 21,1 m dan tinggi bangunan 29,07 m. Secara umum, tugas akhir ini merencanakan ulang dengan rangka baja dalam perencanaan strukturnya. Perencanaan Gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, SNI 2847:2013, SNI 03-1726-2002, SNI 1729-2015 dan SNI 1729-2002. Menggunakan pemodelan portal 2D, *Software* yang digunakan STAAD.Pro V8i SS6 dan Autocad 2014 untuk menggambar teknik. Analisa beban berupa beban mati, beban hidup, dan gempa. Serta merencanakan sambungan pada bangunan strukturalnya. Hasil dari perencanaan memperoleh tebal pelat 125 mm dengan menggunakan tulangan pokok \emptyset 10-100 dan tulangan sengkang \emptyset 10-125; balok anak menggunakan profil WF 450.200.9.14, WF 350.175.7.11, WF 175.175.7,5.11, WF 125.125.6,5.9 ; balok induk menggunakan profil WF 600.200.11.17; kolom menggunakan profil WF 600.200.11.17. Perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang dengan diameter 50 cm dan kedalaman 17 m.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alur Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini yang digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1



Gambar 3 1 Bagan Alur Tugas Akhir

3.2 Data Perencanaan

- Lokasi Gedung = Gedung Kuliah Institut Agama Islam Negeri Palu
- Fungsi Bangunan = Gedung Pendidikan
- Jumlah Lantai = 4 Lantai
- Jenis Struktur = Beton bertulang dan baja
- Tinggi Bangunan = 16,8 m
- Panjang Bangunan = 83,25 m
- Lebar Bangunan = 70 m
- Tebal Plat Atap = 12 cm
- Tebal Plat Lantai = 12 cm

3.3 Tahapan Penelitian

- 1) Pengumpulan data
Mengumpulkan data perencanaan gedung
- 2) Pembebanan struktur
Melakukan perhitungan pembebanan struktur yang meliputi beban gravitasi dan beban seismic yang bekerja pada bangunan.
- 3) Preliminary Design
Menentukan design awal berupa mutu, ukuran tebal pelat dan tipe profil baja pada struktur kolom dengan dimensi 900 x 300,

700 x 300, 350 x 350 dan balok dengan dimensi 800 x 300, 582 x 300, 390 x 300, 340 x 250.

4) Analisis struktur Primer

Melakukan permodelan struktur gedung meliputi perhitungan balok induk, dan perhitungan kolom dengan menggunakan software.

5) Analisis struktur sekunder

Melakukan permodelan struktur gedung meliputi perhitungan pelat dengan menggunakan software.

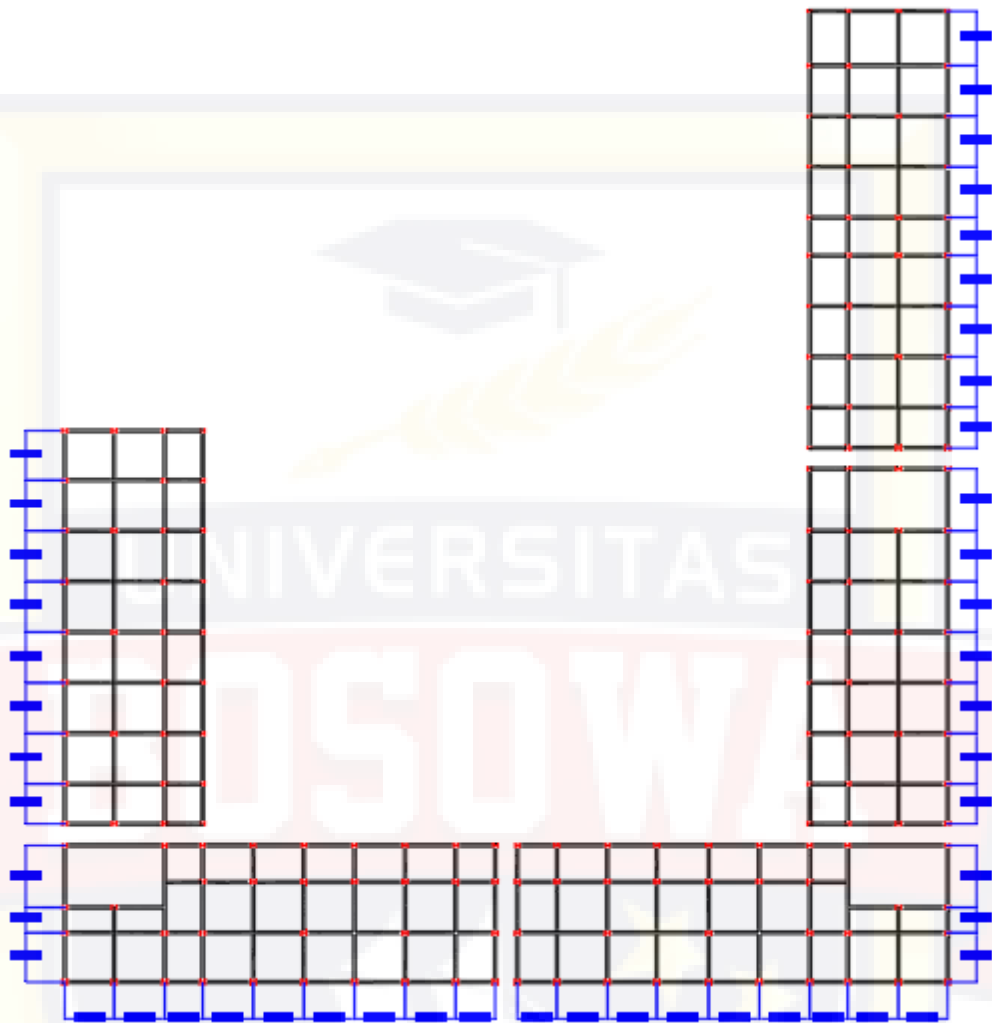
6) Perhitungan sambungan

Perencanaan sambungan mencakup sambungan geser pada balok dan sambungan balok kolom.

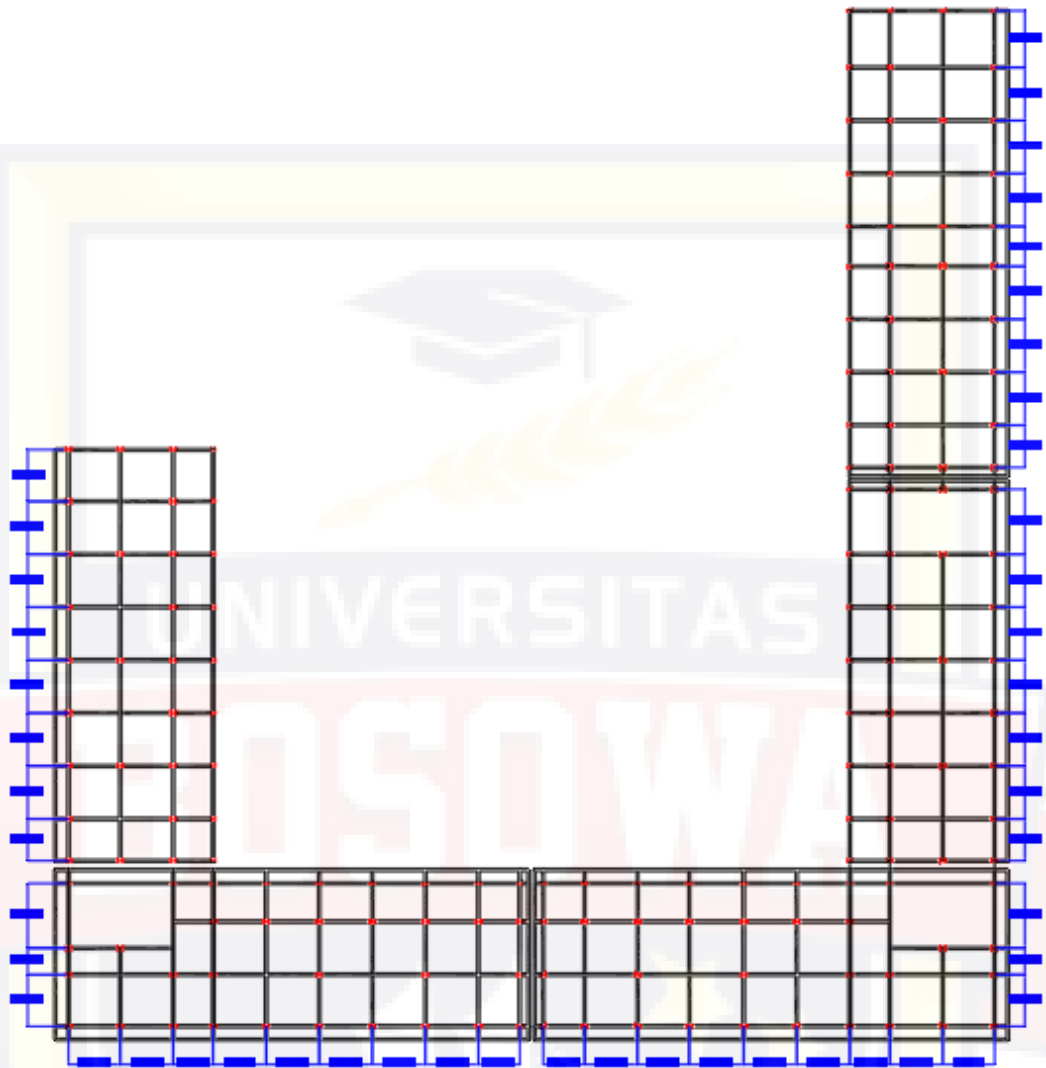
7) Penggambaran Hasil

Melakukan penggambaran design akhir dari perencanaan gedung.

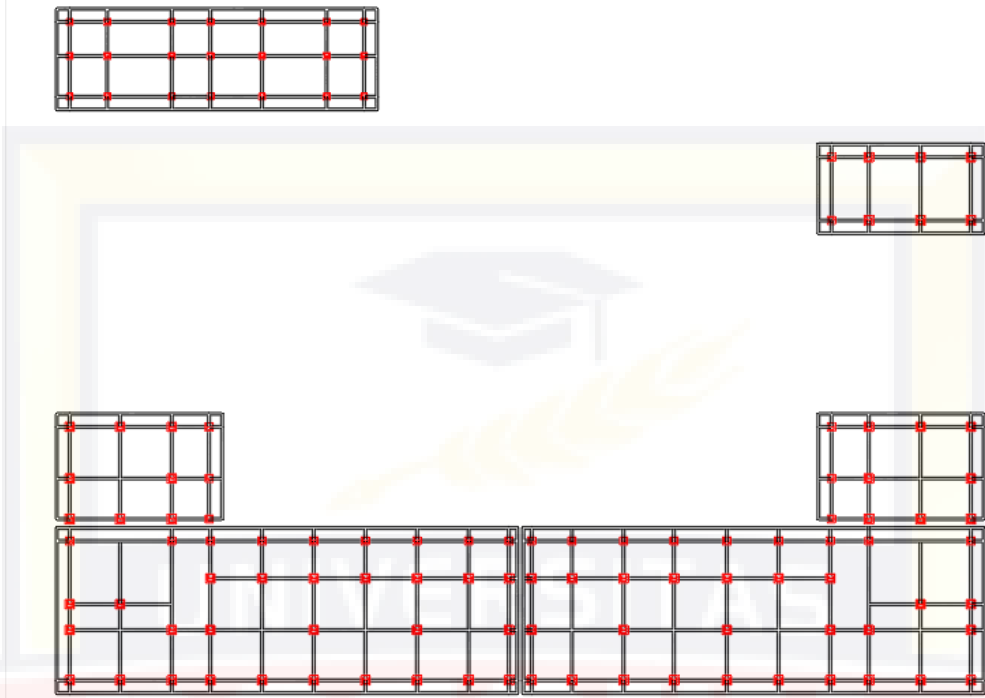
3.4 PERMODELAN STRUKTUR



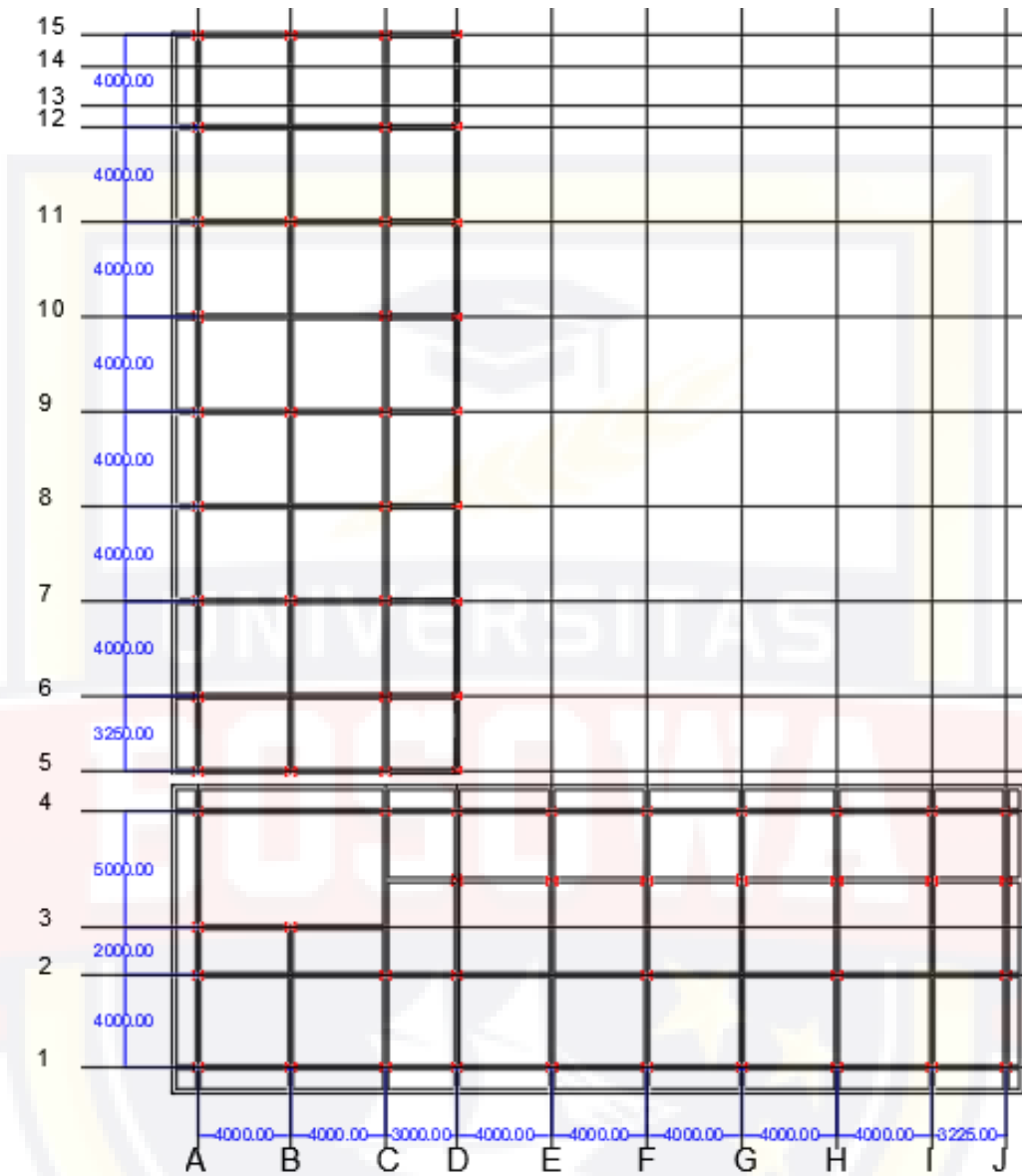
Gambar 3 2 Denah Lantai 1



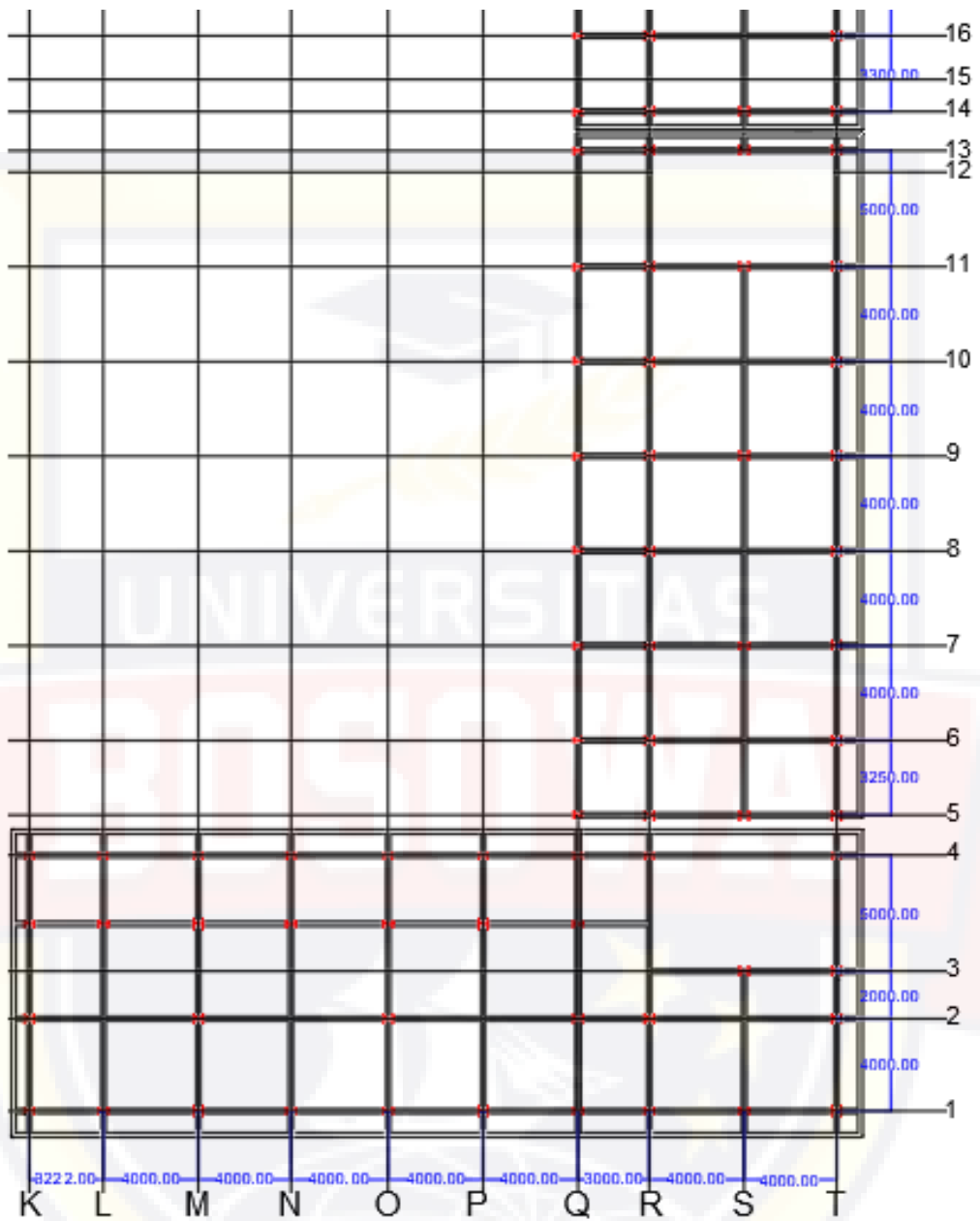
Gambar 3 3 Denah Lantai 2 – 4



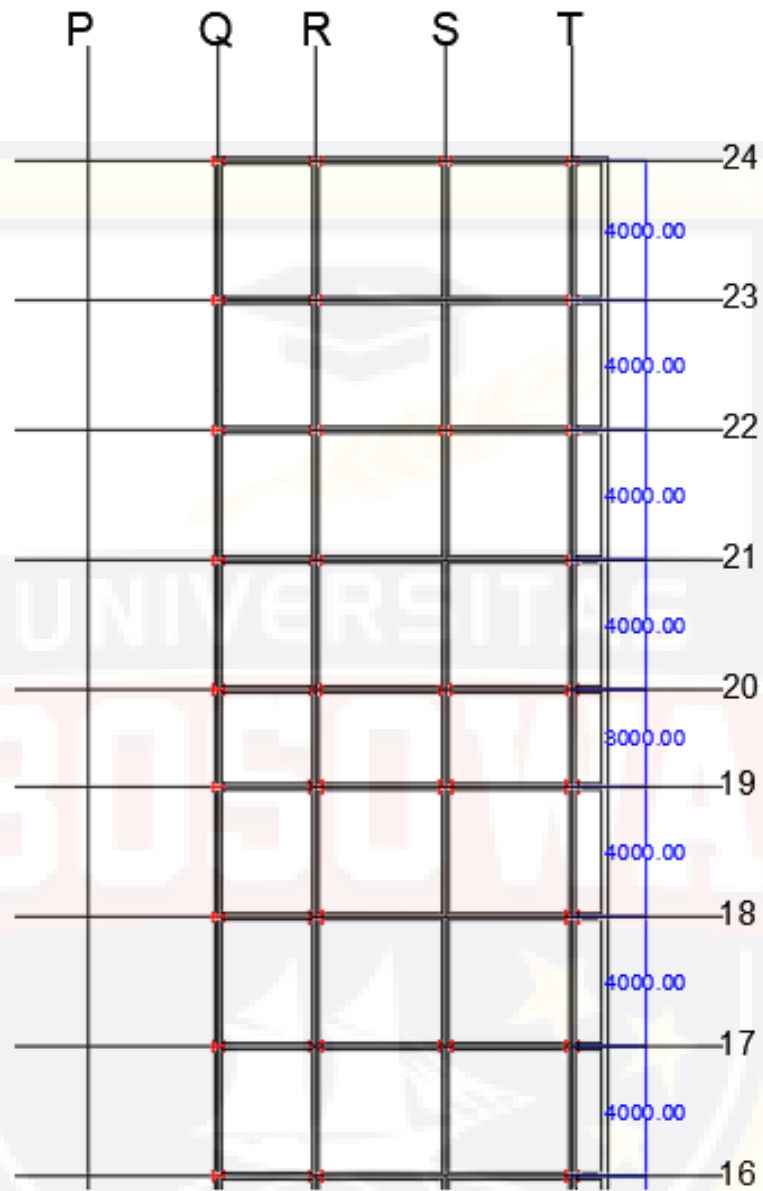
Gambar 3 4 Denah Atap



Gambar 3 5 Denah Lantai 2 Parsial A



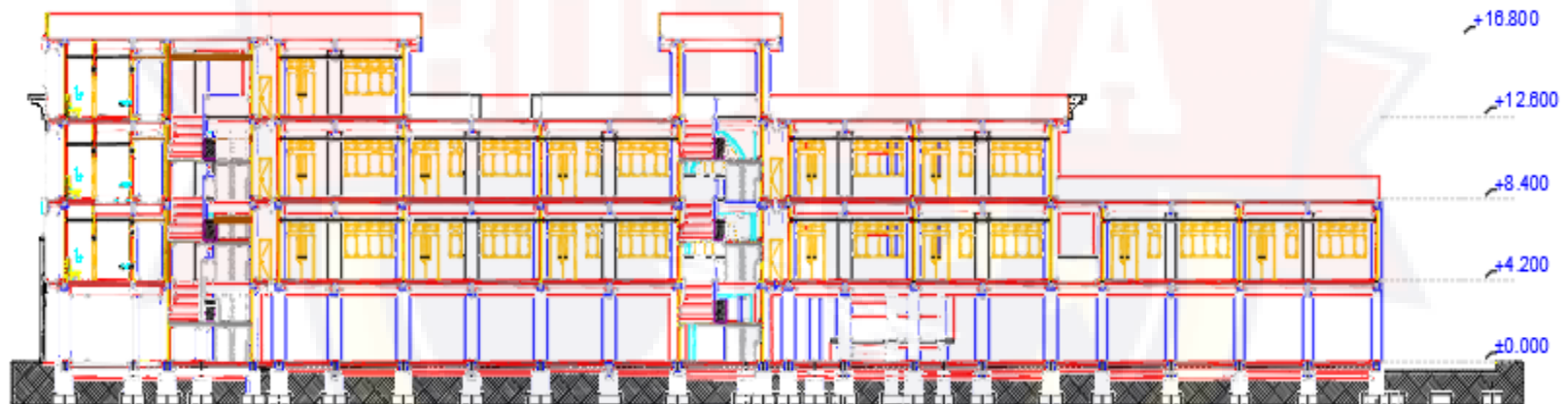
Gambar 3 6 Gambar Denah Lantai 2 Parsial B



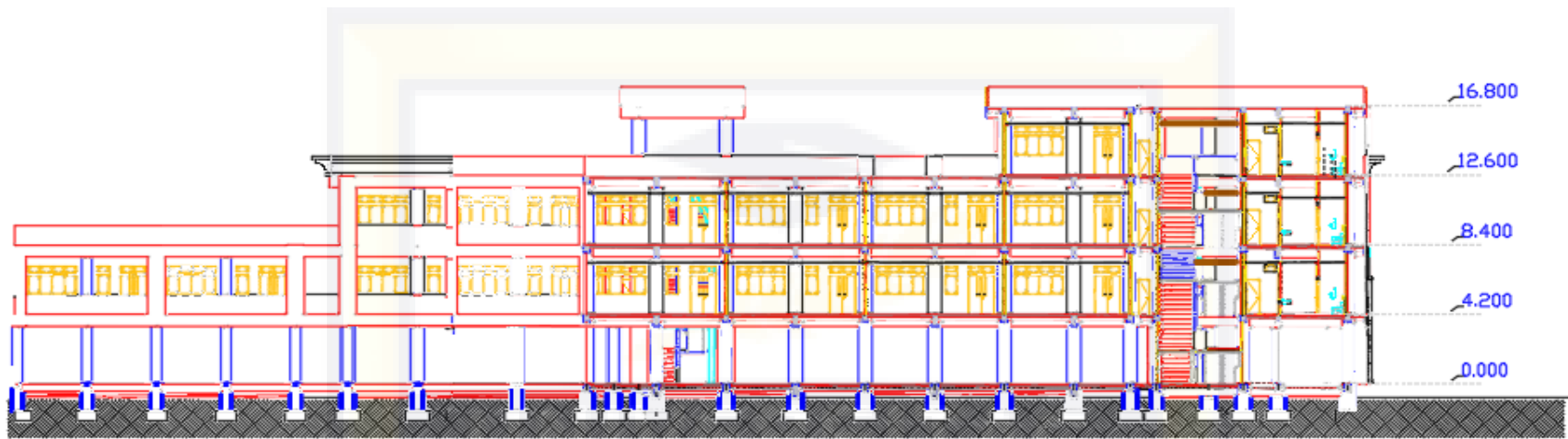
Gambar 3 7 Gambar Denah Lantai 2 Parsial C



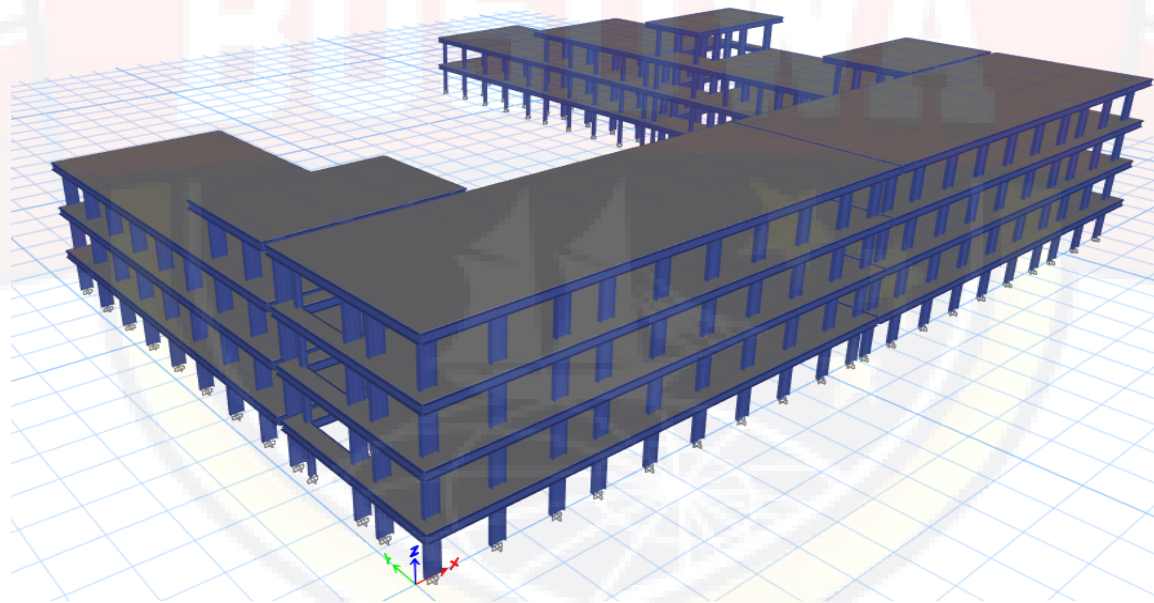
Gambar 3 8 Gambar Potongan AA



Gambar 3 9 Gambar Potongan BB



Gambar 3 10 Gambar Potongan CC



Gambar 3 11 Gambar 3D Struktur Bangunan

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 PEMBEBANAN

4.1.1 PEMBEBANAN GRAVITASI

Berikut adalah peraturan atau standar yang menjadi acuan besarnya beban yang akan diaplikasikan:

1. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727 – 2020 (Untuk beban hidup).
2. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) 1983 (Untuk beban mati).

Berdasarkan peraturan di atas, jenis dan besar beban gravitasi yang diaplikasikan pada struktur bangunan antara lain

A. Beban Mati (*Dead Load / DL*)

Dalam desain struktur bangunan ini, seluruh material yang digunakan berupa beton bertulang dan profil baja. Dalam permodelan struktur bangunan, berat jenis dikalkulasikan secara otomatis oleh software ETABS, sesuai dengan dimensi dan penampang yang dimodelkan dalam software ETABS. Beban hidup yang diaplikasikan dalam struktur bangunan ini disesuaikan sebagai berikut:

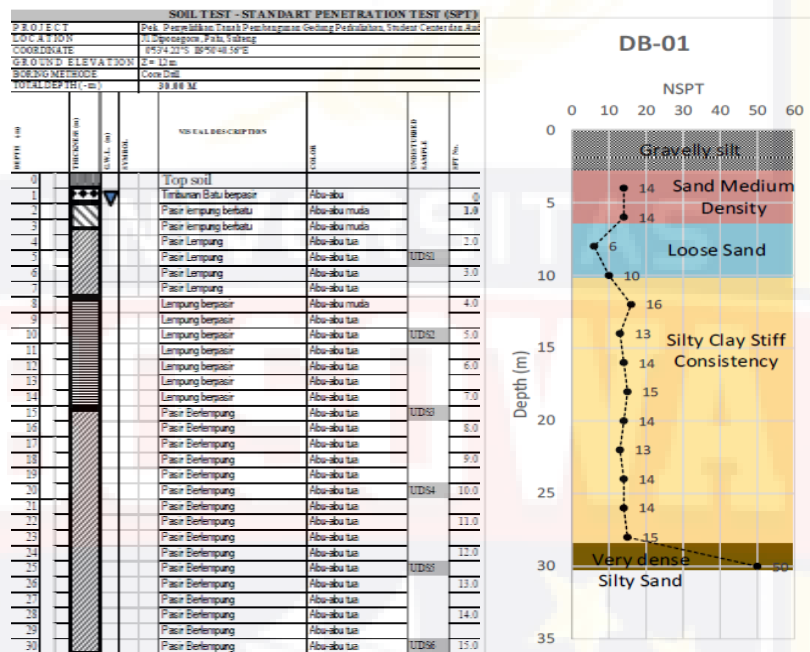
Berat sendiri baja	: 7850 kg/m ³
Berat sendiri beton bertulang	: 2400 kg/m ³
Berat spesi per cm tebal	: 21 kg/m ³
Berat keramik	: 24 kg/m ³
Berat pasangan bata merah ½ batu 15 cm	: 250 kg/m ³

B. Beban Hidup (*Live Load/ LL*)

Beban hidup yang diaplikasikan dalam struktur bangunan ini disesuaikan dengan fungsi ruangan pada masing – masing lantai.

- Ruang Kelas : 192 kg/m²
- Toilet : 192 kg/m²
- Shelter : 479 kg/m²
- Koridor : 383 kg/m²
- Atap : 96 kg/m²

4.1.2 Beban Gempa



Gambar 4.1. 1 Data SPT Gedung Kuliah IAIN Palu

Dari data tanah diatas, maka:

$$d_i = d_1+d_2+d_3+d_4 = 2+4+7+16 = 30$$

$$d_i/n_i = 2/14+4/14+7/6+10/50 = 0.14+0.28+1.67+0.2 = 3.29$$

$$N = 30/3.29$$

$$N = 9.12$$

$$N < 15 \text{ (Kelas situs SE)}$$

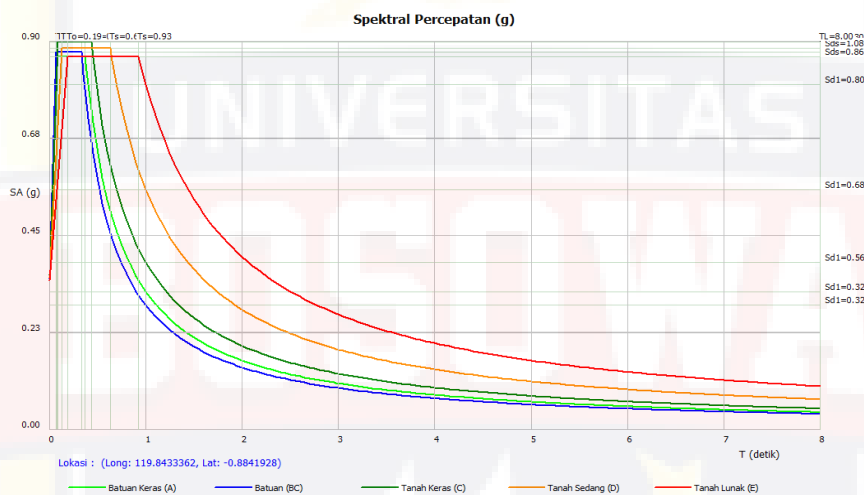
nilai $n = 9,12 < 15$ (SE Tanah lunak). Berdasarkan syarat yang dinyatakan pada tabel 2.5.

Berikut adalah hasil dari data gempa Palu:

Results at Bedrock:	
PGA	0.629574
PGAm	0.692531
Ss	1.621519
S1	0.600000
TL	8.000000
Kelas	SE - Tanah Lunak

(Sumber : <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

Berdasarkan parameter – parameter tersebut, telah diperoleh respon spectra desain seperti pada gambar 4.1.2 berikut.



(Sumber : <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

Gambar 4.1.2 Respon Spectra Desain

Maka didapat:

$$S_s = 1.621519 \text{ g}$$

$$S_1 = 0.600000 \text{ g}$$

Kemudian menentukan nilai koefisien situs F_a dan F_v :

$$F_a = 0.8 \text{ (Tabel 2.6)}$$

$$F_v = 2.0 \text{ (Tabel 2.7)}$$

Menentukan nilai S_{MS} dan S_{M1} :

$$\begin{aligned}
 S_{MS} &= F_a \times S_s \\
 &= 0.8 \times 1.62 \\
 &= 1.296
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{M1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 2.0 \times 0.6 \\
 &= 1.2
 \end{aligned}$$

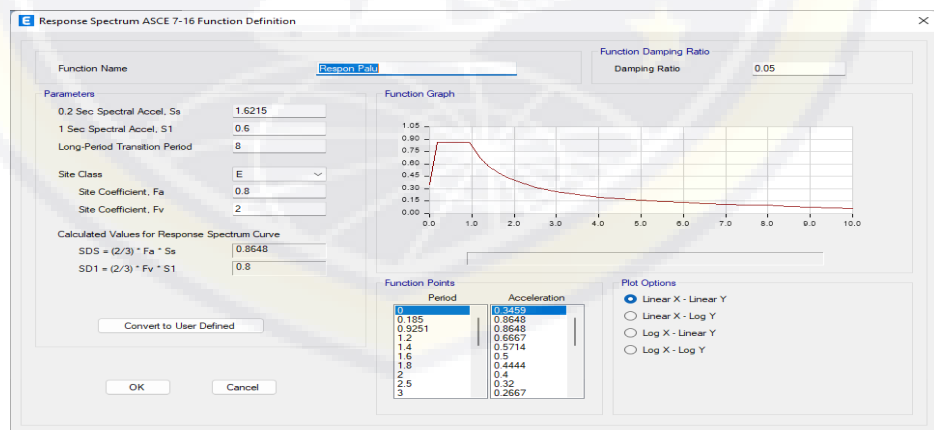
Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1} :

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \times 0.8 \times 1.296 \\
 &= 1.03 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_{M1} \\
 &= \frac{2}{3} \times 2.0 \times 1.2 \\
 &= 2.4 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Menentukan kategori design seismic:

Berdasarkan tabel 2.8 dan 2.9 kategori design seismic yang didapatkan adalah D. Maka jenis tanah yang berada di Kota Palu, tepatnya di Gedung Kuliah IAIN Palu adalah tanah lunak dengan kategori resiko IV D.



Gambar 4.1.3 Gambar input beban gempa (ASCE 7-16)

Berdasarkan respon spectra desain tersebut, dilakukan analisis dengan menggunakan nilai faktor skala sesuai dengan rumus berikut.

$$\text{Scale factor} = \frac{g \cdot I_e}{R}$$

Dengan:

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

I_e = faktor keutamaan gempa = 1,5 (Tabel 2.4)

R = faktor modifikasi respon = 8 (Tabel 2.10)

$$\text{Scale} = \frac{9,8 \cdot 1,5}{8} = 1,84$$

Berdasarkan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.9.4.1, nilai akhir respons dinamik struktur bangunan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur bangunan dinyatakan dalam gaya geser dasar (V_t), maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$V_t \geq 0,85V_1$$

Berikut kombinasi pembebanan yang digunakan:

Tabel 4.1. 1 Tabel Kombinasi Pembebanan

Combination	DL	SIDL	LL	R	EqX	EqY
Comb 1	1.4	1.4				
Comb 2	1.2	1.2	1.6	0.5		
Comb 3	1.2	1.2	1	1.6		
Comb 4	1.37	1.37	1		1.3	0.39
Comb 5	1.37	1.37	1		1.3	-0.39
Comb 6	1.37	1.37	1		-1.3	0.39
Comb 7	1.37	1.37	1		-1.3	-0.39
Comb 8	1.37	1.37	1		0.39	1.3
Comb 9	1.37	1.37	1		-0.39	1.3
Comb 10	1.37	1.37	1		0.39	-1.3

Comb 11	1.37	1.37	1		-0.39	-1.3
Comb 12	0.73	0.73			1.3	0.39
Comb 13	0.73	0.73			1.3	-0.39
Comb 14	0.73	0.73			-1.3	0.39
Comb 15	0.73	0.73			-1.3	-0.39
Comb 16	0.73	0.73			0.39	1.3
Comb 17	0.73	0.73			-0.39	1.3
Comb 18	0.73	0.73			0.39	-1.3
Comb 19	0.73	0.73			-0.39	-1.3

(Sumber : ETABS V19)

4.2 Preliminary Design

4.2.1 Pelat

Dalam permodelan bangunan struktur bangunan, daerah lantai dibagi menjadi beberapa elemen pelat dua arah (*two ways slab*).

Elemen pelat yang dimodelkan adalah *shell-thin*. Berikut adalah tabel rencana pelat lantai, pelat shelter dan pelat atap.

Tabel 4.2.1 Tebal rencana Pelat

Tipe Pelat	Lx (mm)	Ly (mm)	β	Jenis Pelat	Tebal Rencana (mm)
Pelat Kelas	4000	4000	1,00	Two ways slab	140
Pelat Koridor	3000	4000	1,33	Two ways slab	140
Pelat Shelter	4000	4000	1,00	Two ways slab	140
Pelat Atap	4000	5000	1,25	Two ways slab	140

4.2.2 Balok

Balok merupakan komponen dari struktur rangka pemikul momen yang menyalurkan beban dari pelat ke kolom. Pada software ETABS, elemen balok dimodelkan sebagai elemen *frame*. Berikut adalah tabel rencana profil balok B1, B2, B3 dan L1.

Tabel 4.2.2 Profil Rencana Balok

No	Tipe	Profil Baja
1	B1	800 x 300 x 14 x 26
2	B2	582 x 300 x 12 x 17
3	B3	390 x 300 x 10 x 16
3	L1	340 x 250 x 9 x 14

4.2.3 Kolom

Pada suatu struktur, kolom menyalurkan beban yang berasal dari berat struktur sendiri, beban hidup dan beban SIDL yang berasal dari gedung baik itu yang berada di atas pelat lantai maupun pada balok dan kolom ke kolom di bawahnya, kemudian ke pondasi sehingga beban total yang diterima oleh suatu kolom merupakan beban kumulatif dari beban kolom di atasnya. Berikut adalah tabel rencana profil kolom K1, K2 dan K3.

Tabel 4.2.3 Tabel Rencana Kolom

No	Tipe	Profil Baja
1	K1	900 x 300 x 16 x 28
2	K2	350 x 350 x 12 x 19
3	K3	700 x 300 x 13 x 24

4.3 Pemeriksaan Sistem Penahan Lateral terhadap Beban Gempa

4.3.1 Analisis Statik Ekuivalen

Berdasarkan SNI 1726 – 2019 pasal 7.9.1.1 Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (*single rigid body*) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk

mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik. Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Berikut adalah rekapitulasi modal modal struktur yang terkait dengan karakteristik dinamik struktur dengan menampilkan 12 model seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.3.1

Tabel 4.3.1 Modal Mass Participating Ratio

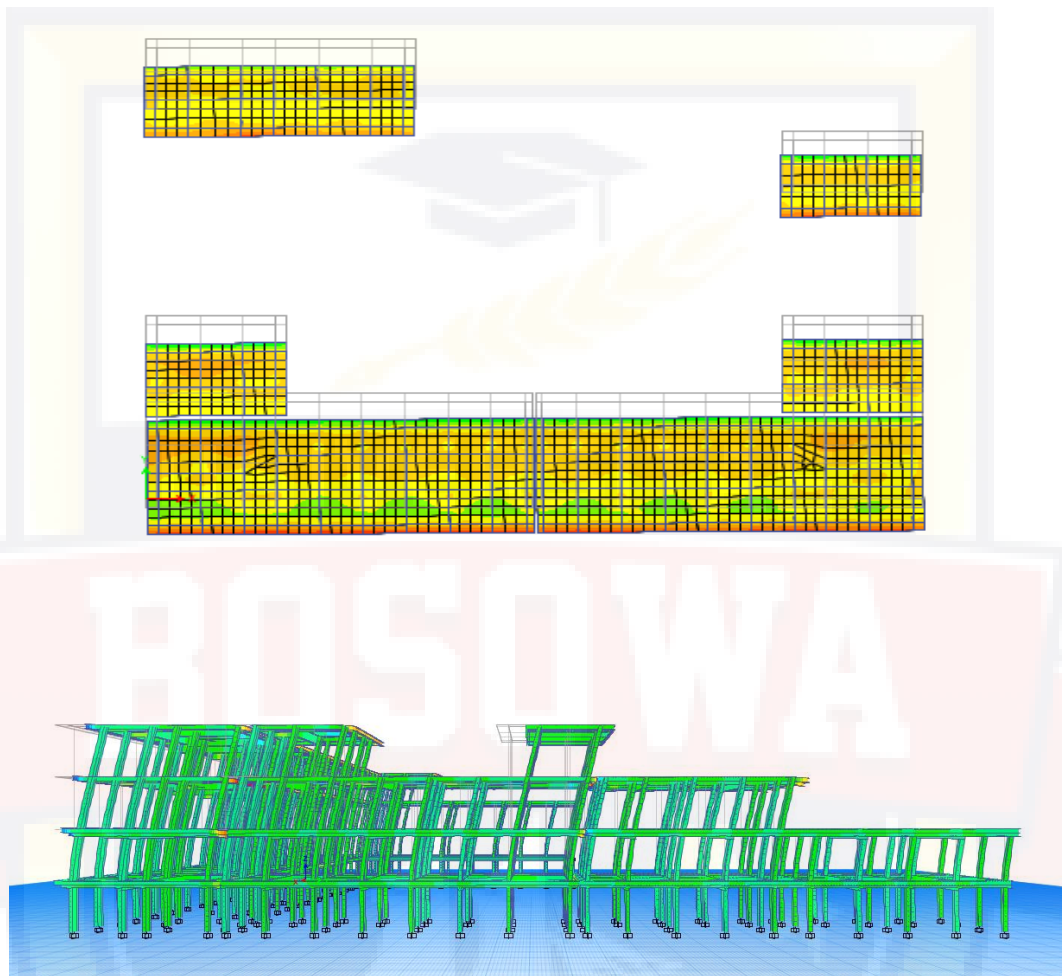
Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	5.655	0.0001	0.759	0.0001	0.759	0.009	0.009
2	3.811	0.0428	0.0084	0.0429	0.7674	0.7066	0.7156
3	2.971	0.7278	0.0003	0.7707	0.7677	0.0302	0.7458
4	1.569	0.0004	0.1372	0.7711	0.9049	0.0025	0.7483
5	1.348	0.0131	0.0025	0.7842	0.9074	0.1216	0.87
6	0.893	0.106	4.43E-05	0.8901	0.9074	0.0223	0.8923
7	0.738	0.0005	0.0616	0.8906	0.969	0.0006	0.8928
8	0.674	0.0285	0.0007	0.9191	0.9697	0.0582	0.951
9	0.423	0.0124	0.0211	0.9314	0.9908	0.0065	0.9575
10	0.421	0.0335	0.0087	0.965	0.9995	0.0066	0.9642
11	0.343	0.0101	3.17E-05	0.9751	0.9995	0.0344	0.9986
12	0.321	0	9.15E-06	0.9751	0.9995	3.65E-06	0.9986

(Sumber: ETABS v.19)

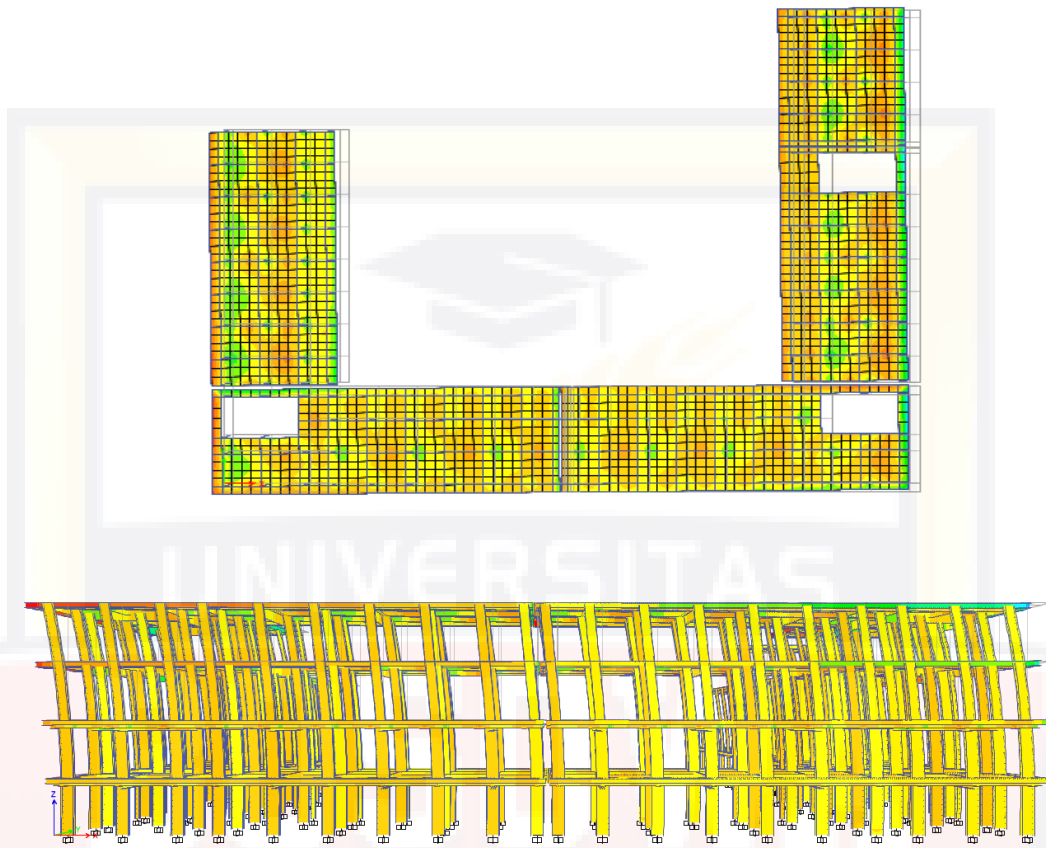
Berdasarkan Tabel 4.2.1 tersebut, dapat dilihat bahwa partisipasi massa ragam terkombinasi memenuhi syarat yang ditentukan, dengan arah X sebesar 97,51 % dengan periode 3,811 dan arah Y sebesar 99,95 % dengan periode 5,655 detik.

Dari rekapitulasi tersebut juga dapat dilihat bahwa kedua bentuk ragam pertama pada struktur adalah translasi arah Y dan arah X, kemudian diikuti dengan mode torsional Z, ilustrasi bentuk ragam

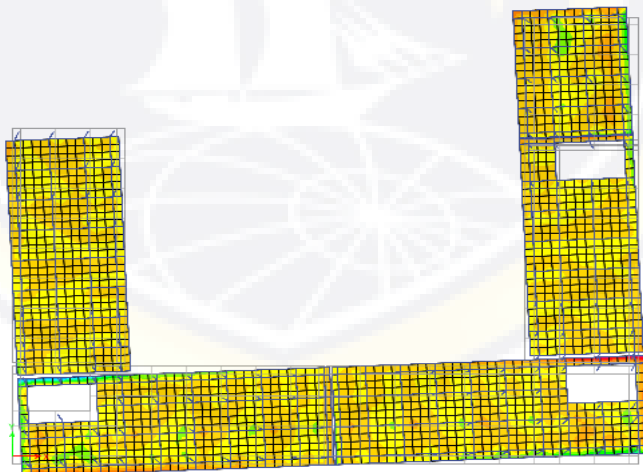
pada lantai atap dapat dilihat pada gambar 4.3.1, gambar 4.3.2 dan gambar 4.3.3 berikut.

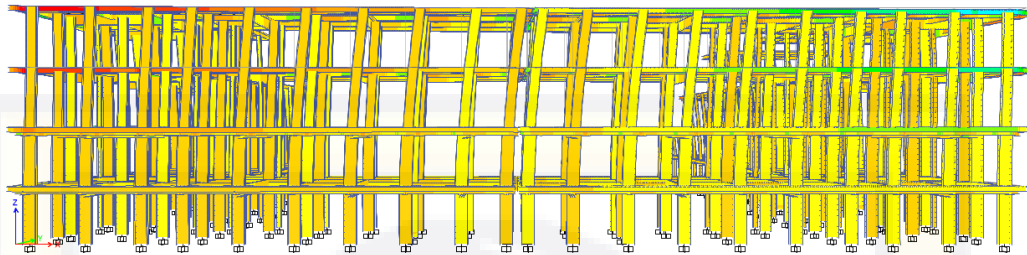


Gambar 4.3.1 Mode 1 Translasi Arah Y



Gambar 4.3.2 Mode 2 Translasi Arah X





Gambar 4.3.3 Mode 3 Torsional Sumbu Z

Sebagai batas periode struktur bangunan, terdapat dua nilai batas untuk periode bangunan, yakni T_{aminimum} dan $T_{\text{amaksimum}}$.

Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai dari kedua batas tersebut sebagai berikut.

$$T_{\text{aminimum}} = C_r h_n^n = 0,0724 \times 16,8^{0,8} = 0,6918 \text{ s}$$

$$T_{\text{amaksimum}} = C_u T_{\text{aminimum}} = 1,4 \times 0,6918 = 0,969 \text{ s}$$

Karena nilai periode ETABS untuk kedua arah melebihi nilai $T_{\text{amaksimum}}$, maka dalam analisis gaya static ekuivalen digunakan nilai $T_a = T_{\text{amaksimum}} = 0,969 \text{ s}$ untuk kedua arah gempa.

4.3.2 Koefisien Respons Seismik

Berdasarkan rumus, perhitungan nilai C_s dilakukan sebagai berikut untuk kedua arah orthogonal:

1. C_s maksimum

$$C_{s \text{ maksimum}} = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} (X) = \frac{1,068}{0,969\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,1316$$

$$C_{s \text{ maksimum}} (Y) = \frac{1,068}{0,969\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,1316$$

2. C_s hitung

$$C_{s \text{ hitung}} = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_{s \text{ hitung}} (X) = \frac{0,68}{\frac{8}{1,5}} = 0,2002$$

$$C_{s \text{ hitung}} (Y) = \frac{0,68}{\frac{8}{1,5}} = 0,2002$$

3. C_s minimum

$$C_{s \text{ minimum}} = \frac{0,5S1}{\frac{R}{I_e}}$$

$$C_{s \text{ minimum}} (X) = \frac{0,5 \times 0,6}{\frac{8}{1,5}} = 0,0563$$

4.3.3 Perhitungan Berat Seismic Efektif

Sesuai dengan SNI 1726 – 2019 Pasal 7.7.2, berat seismic efektif struktur melibatkan seluruh beban mati, beban operasional total dari peralatan yang permanen, serta beban hidup lantai minimum 25 %. Berdasarkan hasil perhitungan pada software ETABS, total berat seismic struktur adalah 270689 kN.

4.3.4 Gaya Geser Dasar Seismic

Perhitungan faktor skala gaya gempa ini dilakukan untuk membandingkan hasil dari analisis dinamik dengan prosedur gaya lateral ekuivalen. Beban geser dasar nominal statik ekuivalen dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$V = C_s W_t$$

$$V (X) = C_s \times W_t = 0,1316 \times 270689 = 35634,2 \text{ kN}$$

$$V (Y) = C_s \times W_t = 0,1316 \times 270689 = 35634,2 \text{ kN}$$

Seperti yang telah dibahas pada sub bab 4.2.1, dalam permodelan awal digunakan faktor skala sebesar 1,84. Nilai ini menghasilkan nilai V_t untuk arah gempa X sebesar 49723,93 kN dan arah gempa Y sebesar 49723,93 kN. Kedua nilai diatas ternyata lebih kecil dibandingkan nilai $0,85V$. Dengan demikian, digunakan faktor skala untuk masing – masing arah gempa sebagai berikut

Faktor Skala Awal	SF	$= g / (R / I)$	
		$= 1.839$	m/s^2
		$= 1838.75$	mm/s^2
Gaya Geser Dasar Analisis Struktur	$V_{i,X}$	$= 9873.0924$	kN
	$V_{i,Y}$	$= 6511.212$	kN
Penskalaan Gaya Gempa	f_X	$= 3.609$	
	f_Y	$= 5.473$	
Faktor Skala Baru	SF_X	$= 6636.45$	mm/s^2
	SF_Y	$= 10062.99$	mm/s^2

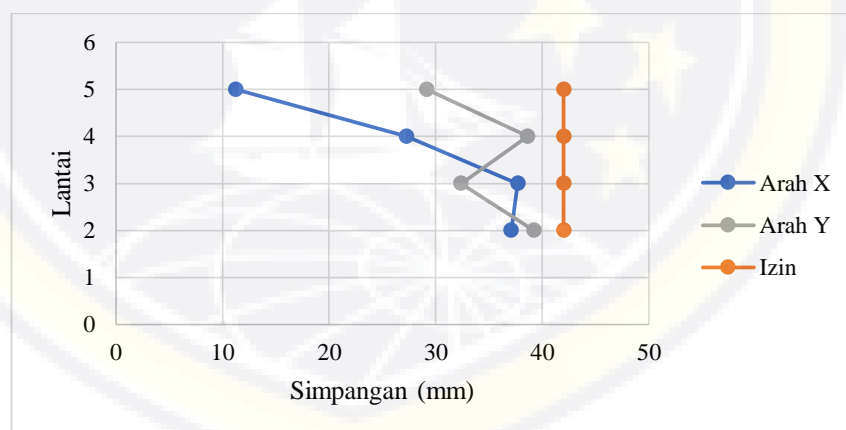
Dengan demikian, syarat nilai $V_t \geq 0,85$ terpenuhi.

4.3.5 Simpangan Antarlantai Tingkat

Perpindahan antarlantai diprediksi pada kondisi ultimit dengan menggunakan analisis respons dinamik. Simpangan antarlantai dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

dengan $C_d = 5,5$ dan $I_e = 1,5$ pada masing – masing lantai dalam arah orthogonal X dan Y. Nilai tersebut harus memenuhi syarat simpangan antar lantai maksimum sesuai SNI 1726 – 2019 Pasal 7.12.1 untuk kategori semua struktur lainnya, yakni $0,010h_{sx}$ untuk kategori resiko IV. Hasil pengecekan simpangan antarlantai disajikan pada gambar 4.3.1 berikut.



Gambar 4.3.1 Grafik Pengecekan Simpangan Antarlantai

Hasil rekapitulasi perhitungan detail mengenai pengecekan perpindahan antarlantai dapat dilihat pada tabel 4.3.2 untuk arah X dan tabel 4.3.3 untuk arah Y berikut.

Tabel 4.3.2 Simpangan Antarlantai Gempa Arah X

Story	Load Case/Combo	Direction	Delta Total	Delta xe	Cd	Delta x	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm		mm	mm	mm	
5	Ex Max	X	20.589	2.043	5.5	11.2365	4200	42	OK
4	Ex Max	X	18.546	4.954	5.5	27.247	4200	42	OK
3	Ex Max	X	13.592	6.853	5.5	37.6915	4200	42	OK
2	Ex Max	X	6.739	6.739	5.5	37.0645	4200	42	OK

Tabel 4.3.3 Simpangan Antarlantai Gempa Arah Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Delta Total	Delta ye	Cd	Delta y	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm		mm	mm	mm	
5	Ey Max	Y	25.341	5.299	5.5	29.1445	4200	42	OK
4	Ey Max	Y	20.042	7.025	5.5	38.6375	4200	42	OK
3	Ey Max	Y	13.017	5.887	5.5	32.3785	4200	42	OK
2	Ey Max	Y	7.13	7.13	5.5	39.215	4200	42	OK

4.4 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal dan Vertikal

Sesuai dengan pernyataan pada tabel 10 dan tabel 11 SNI 1726 – 2019, dilakukan pengecekan terhadap ketidakberaturan struktur horizontal dan ketidakberaturan vertical pada struktur bangunan. Masing – masing ketidakberaturan struktur yang terjadi memiliki pasal referensi masing – masing sebagai acuan untuk desain.

4.4.1 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal

Rangkuman hasil pengecekan untuk ketidakberaturan struktur horizontal dapat dilihat pada Tabel 4.4.1 berikut.

Tabel 4.4.1 Hasil Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horizontal

Tipe	Jenis Ketidakberaturan	Status	Pasal Referensi
1a	Ketidakberaturan Torsi	Tidak ada	-
1b	Ketidakberaturan Torsi Berlebihan	Tidak ada	-
2	Ketidakberaturan Sudut Dalam	Tidak ada	-
3	Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	Tidak ada	-
4	Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang	Tidak ada	-
5	Ketidakberaturan Sistem Nonparalel	Tidak ada	-

4.4.2 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Vertikal

Hasil pengecekan untuk ketidakberaturan struktur vertical dapat dilihat pada Tabel 4.4.2 berikut.

Tabel 4.4.2 Hasil Pengecekan Untuk Ketidakberaturan Struktur Vertikal

Tipe	Jenis Ketidakberaturan	Status	Pasal Referensi
1a	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	Tidak Ada	-
1b	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	Tidak Ada	-
2	Ketidakberaturan Berat (Massa)	Tidak Ada	-
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal	Tidak Ada	-
4	Diskontinuitas Arah Bidang Dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal	Tidak Ada	-
5a	Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat	Tidak Ada	-
5b	Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat yang Berlebihan	Tidak Ada	-

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa struktur bangunan layak untuk digunakan.

4.5 Kinerja Struktur

4.5.1 Pelat

4.5.1.1 *Tebal Minimum Pelat Lantai*

Sebagai contoh perhitungan berikut merupakan kalkulasi ketebalan pelat minimum Shelter:

$$H_{f_{\min}} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36+9\beta}$$

$$H_{f_{\min}} = \frac{4000\left(0,8 + \frac{240}{1400}\right)}{36+9(1)}$$

$$H_{f_{\min}} = 86,22 \text{ mm}$$

$$H_{f_{\min}} < H_{\text{rencana}} (140 \text{ mm}), (\text{OKE})$$

4.5.1.2 *Pelat Ruangan Shelter*

1.DATA BAHAN STRUKTUR

Kuat tekan beton, $f_c' = 25$ MPa

Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur, $f_y = 240$ MPa

2.DATA PLAT LANTAI

Panjang bentang plat arah x, $L_x = 4.00$ m

Panjang bentang plat arah y, $L_y = 4.00$ m

Tebal plat lantai, $h = 140$ mm

3. BEBAN PLAT LANTAI

a. BEBAN MATI (DEAD LOAD)

No	Jenis Beban Mati	Berat satuan	Tebal (m)	Q (kN/m ²)
1	Berat sendiri plat lantai	24.0	0.14	3.360
2	Berat pasir urug	16,0	0.01	0.160
3	Waterproofing	14,0	0,02	0.280
4	Berat instalasi ME	0.5	-	0.500
	Total beban mati,		Q _D =	3.640

b. BEBAN HIDUP (LIVE LOAD)

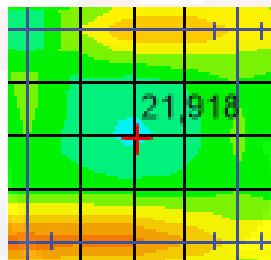
Beban hidup pada lantai bangunan = 479 kg/m²

$$Q_L = 4.79 \text{ kN/m}^2$$

c. BEBAN RENCANA TERFAKTOR

Beban rencana terfaktor, $Q_u = 1.2 * Q_D + 1.6 * Q_L = 12,032 \text{ kN/m}^2$

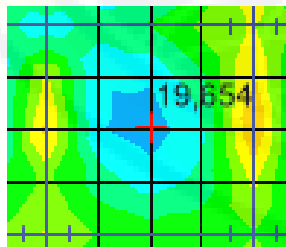
d. MOMEN PLAT AKIBAT BEBAN TERFAKTOR



Arah x (M11)

$$M_{u^+} = 21.92$$

$$M_{u^-} = -43.55$$



Arah y (M22)

$$M_{u^+} = 19.65$$

$$M_{u^-} = -32.65$$

4. PENULANGAN PLAT

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0.85$
Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.0538$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 7.4732$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0.80$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d_s = t_s + \varnothing / 2 = 45.0 \text{ mm}$

Tebal efektif plat lantai, $d = h - d_s = 95.0 \text{ mm}$

Momen nominal rencana, $M_n = M_u / \phi = 54.440 \text{ kNm}$

Faktor tahanan momen, $R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) = 6,03213$

$R_n < R_{max} \rightarrow \text{(OK)}$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0.0303$$

Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 0.0025$

Rasio tulangan yang digunakan, $\rightarrow \rho = 0.0303$

Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d = 2881 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan yang diperlukan, $s = \pi / 4 * \varnothing^2 * b / A_s = 27 \text{ mm}$

Jarak tulangan maksimum, $s_{max} = 2 * h = 280 \text{ mm}$

Jarak tulangan maksimum, $s_{max} = 200 \text{ mm}$

Jarak sengkang yang harus digunakan, $s = 27 \text{ mm}$

Diambil jarak sengkang : $\rightarrow s = 20 \text{ mm}$

Digunakan tulangan, $\varnothing 10 - 20$

Luas tulangan terpakai, $A_s = \pi / 4 * \varnothing^2 * b / s = 3927 \text{ mm}^2$

5. KONTROL LENDUTAN PLAT

Modulus elastis beton, $E_c = 4700 * \sqrt{f_c'} = 23500 \text{ MPa}$

Modulus elastis baja tulangan, $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Beban merata (tak terfaktor) pada plat, $Q = Q_D + Q_L = 8,430 \text{ N/mm}$

Panjang bentang plat, $L_x = 4000 \text{ mm}$

Batas lendutan maksimum yang diijinkan, $L_x / 240 = 16.667 \text{ mm}$

Momen inersia brutto

penampang plat, $I_g = 1/12 * b * h^3 = 228666667 \text{ mm}^3$

Modulus keruntuhan lentur beton, $f_r = 0.7 * \sqrt{f_c'} = 3.5 \text{ MPa}$

Nilai perbandingan modulus elastis, $n = E_s / E_c = 8.94$

Jarak garis netral terhadap sisi atas

beton, $c = n * A_s / b = 35.092 \text{ mm}$

Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton

dihitung sbb.:

$$I_{cr} = 1/3 * b * c^3 + n * A_s * (d - c)^2 = 16860000 \text{ mm}^4$$

$$y_t = h / 2 = 70 \text{ mm}$$

Momen retak: $M_{cr} = f_r * I_g / y_t = 1143333 \text{ Nmm}$

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban):

$$M_a = 1 / 8 * Q * L_x^2 = 16860000 \text{ Nmm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan,

$$I_e = (M_{cr} / M_a)^3 * I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] * I_{cr} = 167890807 \text{ mm}^4$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup:

$$\delta_e = 5 / 384 * Q * L_x^4 / (E_c * I_e) = 7,122 \text{ mm}$$

Rasio tulangan slab lantai: $\rho = A_s / (b * d) = 0.0413$

Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun), nilai:

$$\zeta = 2.0$$

$$\lambda = \zeta / (1 + 50 * \rho) = 0.6521$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut:

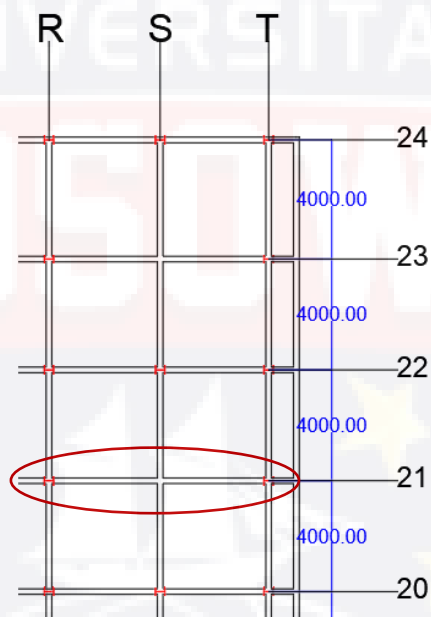
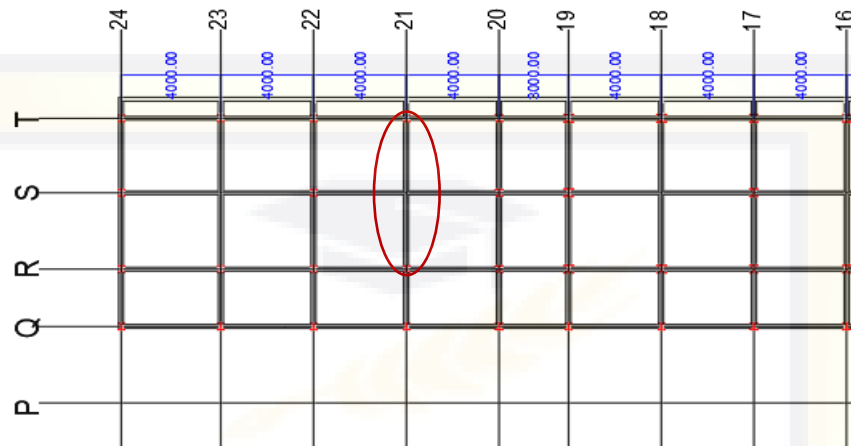
$$\delta_g = \lambda * 5 / 384 * Q * L_x^4 / (E_c * I_e) = 4.645 \text{ mm}$$

Lendutan total, $\delta_{tot} = \delta_e + \delta_g = 11.767 \text{ mm}$

Syarat: $\delta_{tot} \leq L_x / 240$

$$11.767 < 16.667 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

4.5.2 Balok



Balok B1 lantai 3 (Koordinat R21 – T21) analisis berdasarkan momen terbesar

A. DATA BAHAN

Tegangan leleh baja (*yield stress*), $f_y = 240$ MPa

Tegangan sisa (*residual stress*), $f_r = 70$ MPa

Modulus elastik baja (*modulus of elasticity*), $E = 200000$ MPa

Angka Poisson (*Poisson's ratio*), $\nu = 0.3$

B. DATA PROFIL BAJA

Profil: WF (800x300x14x26)

$h_t = 800$ mm $I_y = 11700000$ mm⁴

$b_f = 300$ mm $r_x = 330.5$ mm

$t_w = 14$ mm $r_y = 66.1$ mm

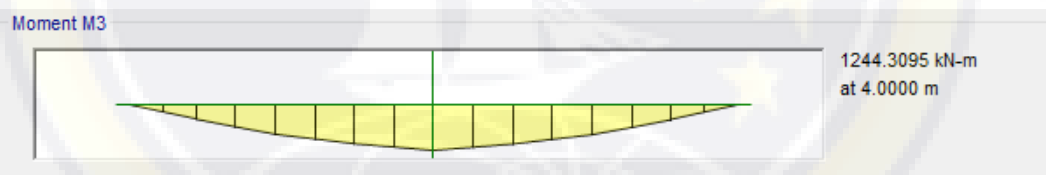
$t_f = 26$ mm $S_x = 7300000$ mm³

$r = 28$ mm $S_y = 780000$ mm³

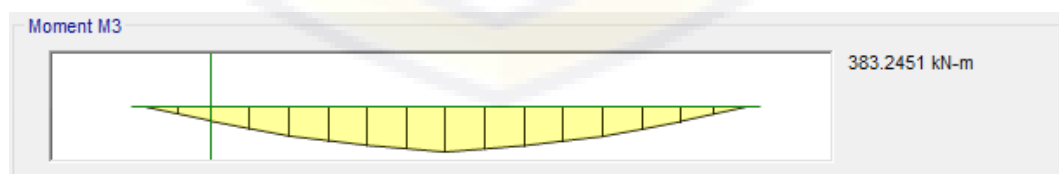
$A = 26740$ mm² $w = 20991$ N/m

$I_x = 292000000$ mm⁴

Momen maksimum akibat beban terfaktor, $M_u = 1244309500$ Nmm



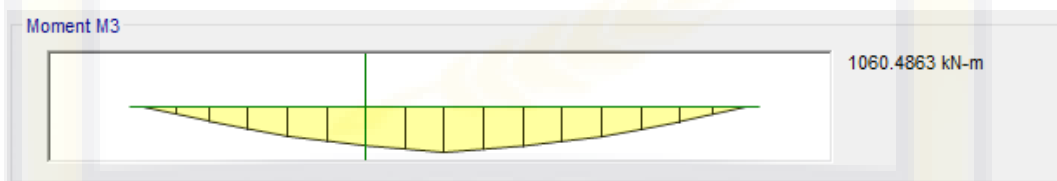
Momen pada 1/4 bentang, $M_A = 383245100$ Nmm



Momen di tengah bentang, $M_B = 800831200$ Nmm



Momen pada 3/4 bentang, $M_c = 1060486300$ Nmm



Cek kelangsingan profil:

Tekuk lokal sayap

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 0,38 \sqrt{\frac{200000}{210}} = 11,72$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{40} = 7,5$$

$\lambda < \lambda_p$ (maka sayap kompak)

Tekuk lokal badan

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{210}} = 116,01$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{800}{14} = 57,14$$

$\lambda < \lambda_p$ (maka badan kompak)

Yang berarti Balok tidak mengalami tekuk

Kuat lentur

Momen nominal, $M_p = f_y * Z_x = 1679047440$ Nmm

Tahanan momen lentur, $\phi_b * M_n = 1511142696$ Nmm

Momen akibat beban terfaktor, $M_u = 1244309500$ Nmm

Syarat yg harus dipenuhi : $M_u \leq \phi_b * M_n$

$$1244309500 < 1511142696 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

$$M_u / (\phi_b * M_n) = 0.8234 < 1.0 \text{ (OK)}$$

Kuat Geser

Kontrol tahanan geser nominal plat badan tanpa pengaku :

Ketebalan plat badan tanpa pengaku harus memenuhi syarat,

$$h_2 / t_w \leq 6.36 * \sqrt{E / f_y}$$

$$49.43 < 183.60 \rightarrow \text{(OK)}$$

Gaya geser akibat beban terfaktor, $V_u = 483525$ N

Luas penampang badan,

$$A_w = t_w * h_t = 11200 \text{ mm}^2$$

Tahanan gaya geser nominal,

$$V_n = 0.60 * f_y * A_w = 1411200 \text{ N}$$

Tahanan gaya geser,

$$\phi_f * V_n = 1058400 \text{ N}$$

Syarat yg harus dipenuhi : $V_u \leq \phi_f * V_n$

$$483525 < 1058400 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

$$V_u / (\phi_f * V_n) = 0.7500 < 1.0 \text{ (OK)}$$

INTERAKSI GESER DAN LENTUR

Elemen yang memikul kombinasi geser dan lentur harus dilakukan kontrol

sbb:

Syarat yang harus dipenuhi untuk interaksi geser dan lentur:

$$M_u / (\phi_b * M_n) + 0.625 * V_u / (\phi_f * V_n) \leq 1.375$$

$$M_u / (\phi_b * M_n) = 0.7214$$

$$V_u / (\phi_f * V_n) = 0.3997$$

$$M_u / (\phi_b * M_n) + 0.625 * V_u / (\phi_f * V_n) = 0.9712$$

0.9712 < 1.375 AMAN (OK)

Kontrol Lendutan Balok

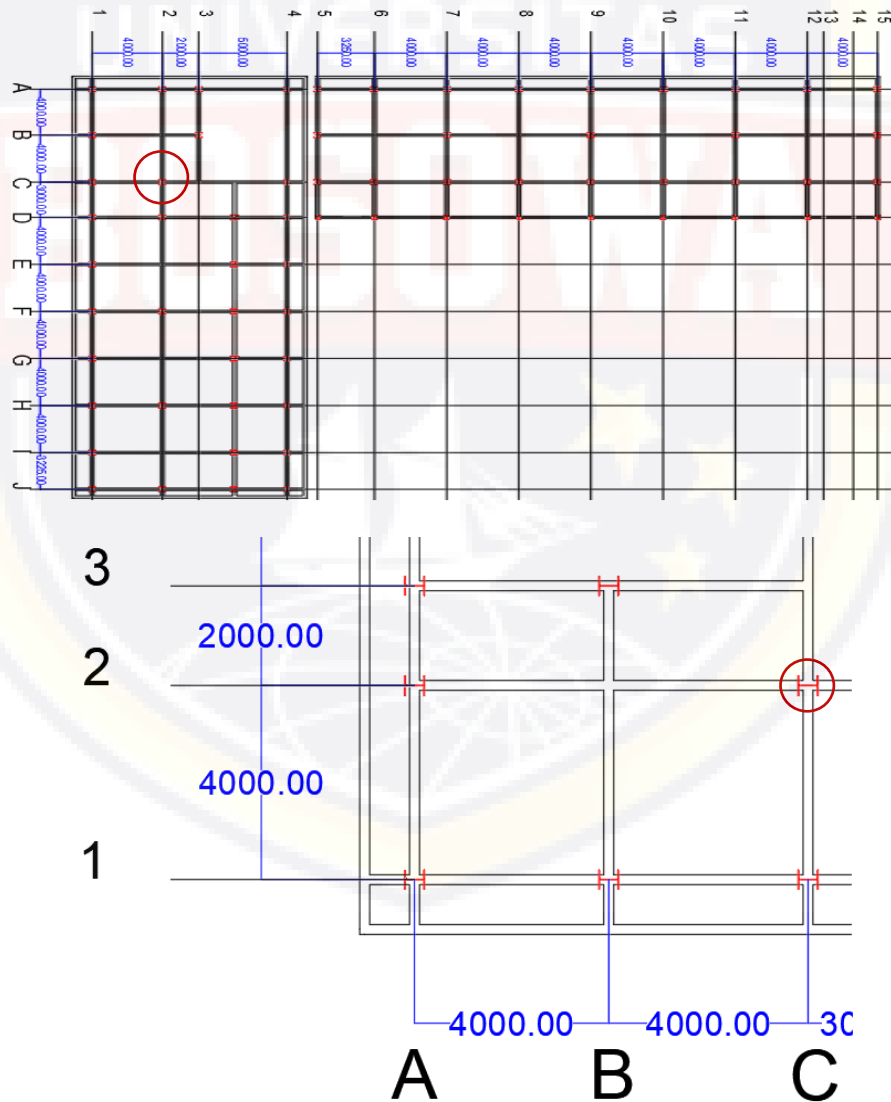
$$\delta < L/240$$

$$30,16 < \frac{8000}{240}$$

30,16 < 33,3 → AMAN

4.5.3 Kolom

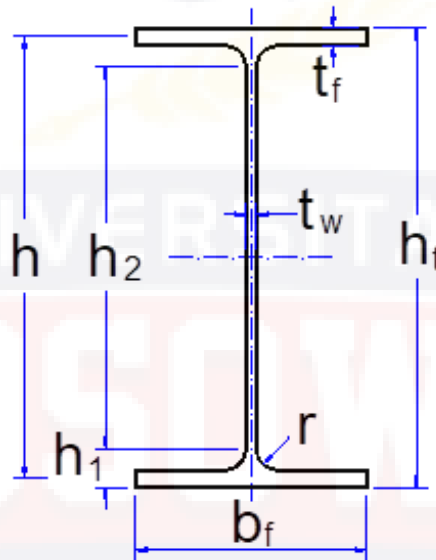
Kolom K1 Lantai 1 (Koordinat C2) Analisis berdasarkan beban aksial terbesar



A. DATA BAHAN

Tegangan leleh baja (<i>yield stress</i>),	$f_y =$	240	MPa
Tegangan sisa (<i>residual stress</i>),	$f_r =$	70	MPa
Modulus elastik baja (<i>modulus of elasticity</i>),	$E =$	200000	MPa
Angka Poisson (<i>Poisson's ratio</i>),	$\nu =$	0.3	

B. DATA PROFIL BAJA



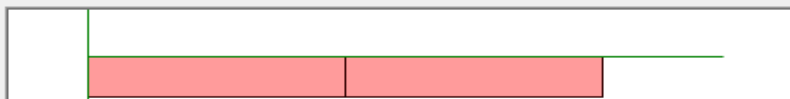
Profil : H (900x300x16x28)

$h_t =$	900	mm	$I_x =$	441000000	mm ⁴
$b_f =$	300	mm	$I_y =$	126000000	mm ⁴
$t_w =$	16	mm	$r_x =$	364.2	mm
$t_f =$	28	mm	$r_y =$	63.8	mm
$r =$	28	mm	$S_x =$	9133000	mm ³
$A =$	30980	mm ²	$S_y =$	840000	mm ³

C. DATA PROFIL BAJA

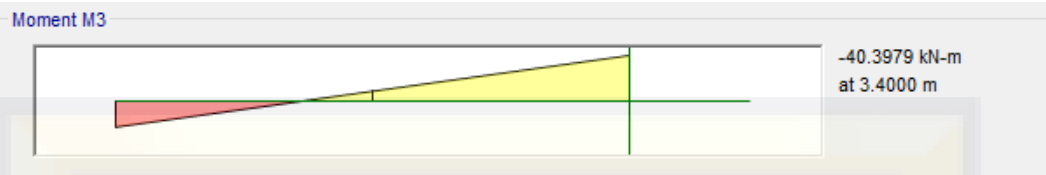
Gaya aksial akibat beban terfaktor, $N_u =$ 3560640 N

Axial Force P



-3560.6400 kN
at 0.0000 m

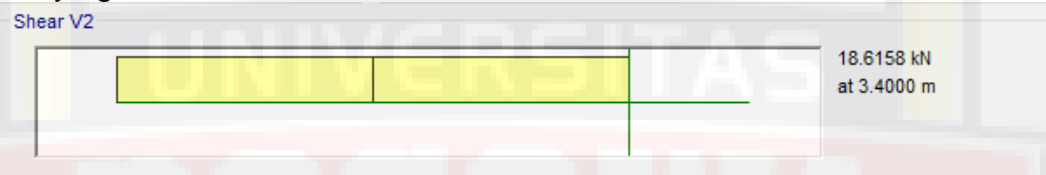
momen akibat beban terfaktor thd.sb. x, $M_{ux} = 40397900$ Nmm



Momen akibat beban terfaktor thd.sb. y, $M_{uy} = 6121300$ Nmm



Gaya geser akibat beban terfaktor, $V_u = 18616$ N



Cek kelangsingan profil:

Tekuk lokal sayap

$$\lambda_p = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$
$$= 16,16$$

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{56} = 5,36$$

$\lambda < \lambda_p$ (maka sayap kompak)

Tekuk lokal badan

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 3,76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108,52$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{900}{16} = 56,25$$

$\lambda < \lambda_p$ (maka badan kompak)

Kolom biaxial bending faktor panjang tekuk untuk portal bergoyang thd.sb. X :

	$I_{c3} = 411000000$		
	$L_{c3} = 4200$		
$I_{b3} = 103000000$		B	$I_{b4} = 103000000$
$L_{b3} = 8000$			$L_{b4} = 3000$
	$I_{c2} = 411000000$		
	$L_{c2} = 4200$		
$I_{b1} = 103000000$		A	$I_{b2} = 103000000$
$L_{b1} = 8000$			$L_{b2} = 3000$
	$I_{c1} = 411000000$		
	$L_{c1} = 4200$		

Joint B :

$$\Sigma (I_c / L_c) = 195714$$

$$\Sigma (I_b / L_b) = 47208$$

$$G_{Bx} = \Sigma (I_c / L_c) / \Sigma (I_b / L_b) = 4.1$$

Joint A :

$$\Sigma (I_c / L_c) = 195714$$

$$\Sigma (I_b / L_b) = 47208$$

$$G_{Ax} = \Sigma (I_c / L_c) / \Sigma (I_b / L_b) = 4.1$$

Faktor panjang tekuk efektif thd.sb. x,

$$\frac{[3 * G_{ax} * G_{bx} + 1,4 * (G_{ax} + G_{bx}) + 0,64]}{[3 * G_{ax} * G_{bx} + 2,0 (G_{ax} + G_{bx}) + 1,28]}$$

$$\frac{[3 * G_{ax} * G_{bx} + 1,4 * (G_{ax} + G_{bx}) + 0,64]}{[3 * G_{ax} * G_{bx} + 2,0 (G_{ax} + G_{bx}) + 1,28]}$$

$$\rightarrow k_x = 0.91912$$

thd.sb. Y:

$I_{c3} =$	411000000		
$L_{c3} =$	4200		
$I_{b3} =$	103000000		$I_{b4} =$ 103000000
$L_{b3} =$	4000	B	$L_{b4} =$ 7000
$I_{c2} =$	411000000		
$L_{c2} =$	4200		
$I_{b1} =$	103000000		$I_{b2} =$ 103000000
$L_{b1} =$	4000	A	$L_{b2} =$ 7000
$I_{c1} =$	411000000		
$L_{c1} =$	4200		

Joint B :

$$\Sigma (I_c / L_c) = 195714$$

$$\Sigma (I_b / L_b) = 40464$$

$$G_{By} = \Sigma (I_c / L_c) / \Sigma (I_b / L_b) = 4.8$$

Joint A :

$$\Sigma (I_c / L_c) = 195714$$

$$\Sigma (I_b / L_b) = 40464$$

$$G_{Ay} = \Sigma (I_c / L_c) / \Sigma (I_b / L_b) = 4.8$$

$$\frac{[3 * Gax * Gbx + 1,4 * (Gax + Gbx) + 0,64]}{[3 * Gax * Gbx + 2,0 (Gax + Gbx) + 1,28]}$$

$$\rightarrow k_Y = 0.92904$$

D. PERHITUNGAN KEKUATAN

TAHANAN AKSIAL TEKAN PENGARUH KELANGSINGAN KOLOM

Menentukan parameter kelangsingan :

Faktor panjang tekuk efektif terhadap sumbu x, $k_x = 0.92$

Faktor panjang tekuk efektif terhadap sumbu y, $k_y = 0.93$

Panjang kolom terhadap sumbu x : $L_x = 4200 \text{ mm}$

Panjang tekuk efektif terhadap sumbu x, $L_{kx} = k_x * L_x = 3860 \text{ mm}$

Panjang kolom terhadap sumbu y : $L_y = 4200 \text{ mm}$

Panjang tekuk efektif terhadap sumbu y, $L_{ky} = k_y * L_y = 3902 \text{ mm}$

Parameter kelangsingan terhadap sumbu x,

$$\lambda_{cx} = 1 / \pi * L_{kx} / r_x * \sqrt{(f_y / E)} = 0.1169$$

Parameter kelangsingan terhadap sumbu Y,

$$\lambda_{cy} = 1 / \pi * L_{ky} / r_y * \sqrt{(f_y / E)} = 0.6744$$

Menentukan nilai faktor tekuk terhadap sumbu x :

Untuk parameter kelangsingan terhadap sumbu y, $\lambda_{cx} = 0.1169$

Kolom pendek : $\omega = 1.0000$

Menentukan nilai faktor tekuk terhadap sumbu y :

Kolom sedang : $\omega = 1.43 / (1.6 - 0.67 * \lambda_c) = 1.2455$

Tegangan tekuk :

Tegangan tekuk terhadap sumbu x, $f_{crx} = f_y / \omega_x = 240.000 \text{ MPa}$

Tegangan tekuk terhadap sumbu y, $f_{cry} = f_y / \omega_y = 192.700 \text{ MPa}$

Tahanan aksial tekan :

Tahanan aksial tekan, $\phi_n * N_n = 5074356 \text{ N}$

Momen plastis thd.sb. x, $M_{px} = f_y * Z_x = 2441794560 \text{ Nmm}$

Momen batas tekuk thd.sb. x, $M_{rx} = S_x * (f_y - f_r) = 1552610000 \text{ Nmm}$

Momen plastis thd.sb. y, $M_{py} = f_y * Z_y = 315363840 \text{ Nmm}$

Momen batas tekuk thd.sb. y, $M_{ry} = S_y * (f_y - f_r) = 142800000 \text{ Nmm}$

Interaksi aksial tekan dan momen lentur:

Gaya aksial akibat beban terfaktor, $N_u = 3560640 \text{ N}$

Momen akibat beban terfaktor thd.sb. x, $M_{ux} = 40397900 \text{ Nmm}$

Momen akibat beban terfaktor thd.sb. y, $M_{uy} = 6121300 \text{ Nmm}$

Tahanan aksial tekan, $\phi_n * N_n = 5074356 \text{ N}$

Tahanan momen lentur thd.sb. x, $\phi_b * M_{nx} = 2197615104 \text{ Nmm}$

Tahanan momen lentur thd.sb. y, $\phi_b * M_{ny} = 283827456 \text{ Nmm}$

Untuk nilai : $N_u / (\phi_n * N_n) = 0.7017 > 0.20$

$N_u / (\phi_n * N_n) + 8/9 * [M_{ux} / (\phi_b * M_{nx}) + M_{uy} / (\phi_b * M_{ny})] = 0.8722$

Nilai interaksi aksial tekan dan momen lentur = 0.8722

0.8722 < 1.0 → **AMAN (OK)**

TAHANAN GESER

Ketebalan plat badan tanpa pengaku harus memenuhi syarat,

$$h_2 / t_w \leq 6.36 * \sqrt{E / f_y}$$

49.25 < 183.60 → **Plat badan memenuhi syarat (OK)**

Kontrol tahanan geser nominal plat badan tanpa pengaku :

Gaya geser akibat beban terfaktor, $V_u = 18616 \text{ N}$

Luas penampang badan, $A_w = t_w * h_t = 14400 \text{ mm}^2$

Tahanan gaya geser nominal, $V_n = 0.60 * f_y * A_w = 2073600 \text{ N}$

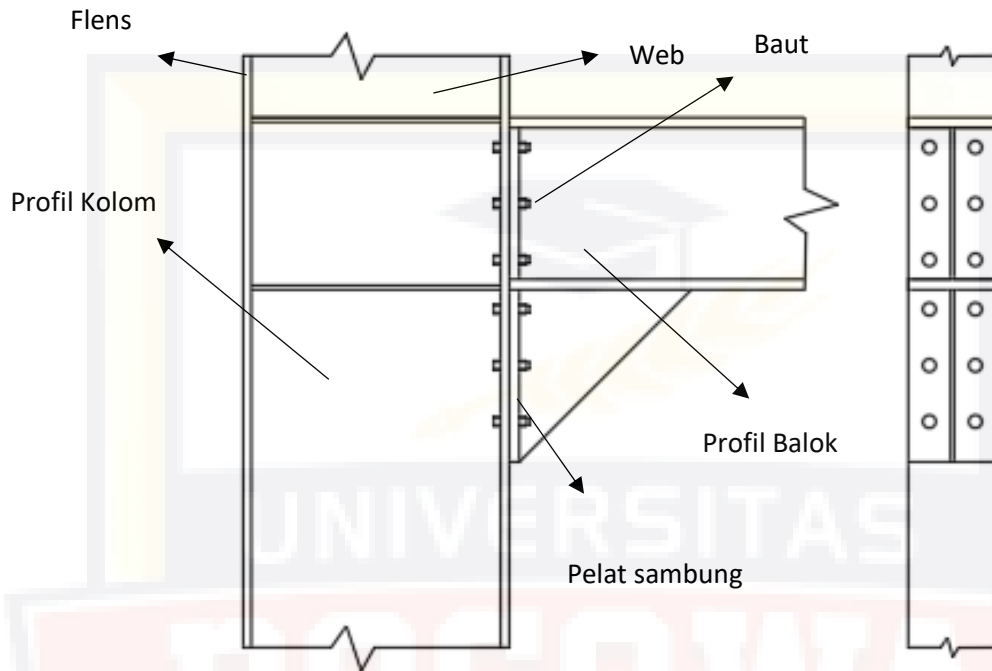
Tahanan gaya geser, → $\phi_f * V_n = 1555200 \text{ N}$

Syarat yg harus dipenuhi : $V_u \leq \phi_f * V_n$

18616 < 1555200 → **AMAN (OK)**

$V_u / (\phi_f * V_n) = 0.0120 < 1.0 \text{ (OK)}$

4.5.4 Perhitungan Sambungan



Balok Melintang

IWF 582 x 300 x 12 x 17

ht = 582 mm

tf = 17 mm

bf = 300 mm

A = 17450 mm²

tw = 12 mm

L = 400 cm

Kolom

IWF 900 x 300 x 16 x 28

ht = 900 mm

tf = 28 mm

bf = 300 mm

A = 30980 mm²

tw = 16 mm

Mutu baut = A325

- $f_{nv} = 3720 \text{ kg/cm}^2$

- $f_{ub} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

Mutu profil = BJ41

- $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

- $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

A. BEBAN PADA SAMBUNGAN DATA BEBAN KOLOM

Gaya aksial akibat beban terfaktor,	$N_u =$	359	kN
Momen akibat beban terfaktor,	$M_u =$	380	kNm
Gaya geser akibat beban terfaktor,	$V_u =$	15	kN

B. PROFIL BAJA WF900.300.16.28

Tinggi	$h =$	900	mm
Lebar	$b =$	300	mm
Tebal flange	$T_f =$	28	mm
Tebal web	$T_w =$	16	mm
Tegangan leleh baja	$f_{yp} =$	240	MPa
Tegangan tarik putus	$f_{up} =$	370	MPa

C. MUR BAUT

Mur baut	Tipe =	M22	
Diameter baut	$d =$	22	mm
Diameter lubang	$D_h =$	24	mm
Faktor slip baut	$\mu =$	0.5	
Faktor tipe lubang	$K_s =$	1	
Tahanan geser slip baut	$P_p =$	177	kN

D. DETAIL MUR BAUT DAN PLAT SAMBUNG PADA BAGIAN FLANGE

Tegangan leleh baja	$f_{y1} =$	240	MPa
Tegangan tarik putus plat	$f_{u1} =$	370	MPa
Tebal plat	$t_{p1} =$	15	mm

$$t_{p1} > 0.5 * d \dots (\text{OK})$$

Lebar plat	$L_1 =$	200	mm
Panjang plat dari sambungan ke tepi ujung	$L_3 =$	227.5	mm

$$L_3 > L_1 \dots (\text{OK})$$

Panjang plat	$P_1 =$	455	mm
Koefisien Luas efektif area plat pada flange	$K_e =$	1.2	
Jumlah row baut pada satu sisi	$n_{fb_r} =$	6	
	$n_{fb_p} =$		
Jumlah baut per row	$=$	2	bh

Jumlah total baut pada satu sisi	nfb =	12	bh
Jarak antar baut arah panjang	S1 =	75	mm
Jarak antar baut pada pertemuan sambungan	S2 =	75	mm
Jarak baut ke tepi plat ujung	S3 =	40	mm
Jarak antar baut arah lebar	S4 =	120	mm
Jarak baut ke tepi plat arah lebar	S5 =	40	mm

E. DETAIL MUR BAUT DAN PLAT SAMBUNG PADA BAGIAN WEB

Tegangan leleh baja	fy2 =	240	MPa
Tegangan tarik putus plat	fu2 =	370	MPa
Tebal plat	tp2 =	12	mm
	tp2 > 0.5 * d...(OK)		
Panjang plat	P2 =	305	mm
Lebar plat	L2 =	230	mm
Koefisien Luas efektif area plat pada web	Ke =	1.2	
Jumlah plat	nwp =	2	sisi
Jumlah row baut pada satu sisi	nwb_r =	4	
Jumlah baut per row	nwb_p =	2	bh
Jumlah total baut pada satu sisi	nwb =	8	bh
Jarak antar baut terdekat	W1 =	75	mm
Jarak baut ke tepi plat ujung	W2 =	40	mm
Jarak antar baut arah lebar	W3 =	75	mm
Jarak antar baut pada pertemuan sambungan	W4 =	75	mm
Jarak baut ke tepi plat arah lebar	W5 =	40	mm

2. DISTRIBUSI GAYA PADA BAGIAN FLANGE

Gaya pada bagian flange tarik	$T = [Mu / (h - Tf)] - Nu / 2 =$	-136	kN
Gaya pada bagian flange tekan	$C = [Mu / (h - Tf)] + Nu / 2 =$	223	kN
Diambil gaya pada bagian flange terbesar	$Ff = \max (T,C) =$	223	kN

3. PERHITUNGAN DISTRIBUSI GAYA PADA BAGIAN FLANGE

Tinjauan luasan area flange

Kuat leleh baja $f_{yp} = 240$ MPa

Minimum luas efektif flange $F_f / f_{yp} = 929$ mm²

Koefisien Luas efektif area plat pada flange $K_e = 1.2$

Luas efektif flange :

$$A_{ef} = \min(K_e * [b - (n_{fb_p} * D_h)] * T_f, L1 * T_f) = 5600 \text{ mm}^2$$

Luas efektif flange > Minimum luas efektif flange...(OK)

Tinjauan luasan area plat pada flange

Kuat leleh baja $f_{y1} = 240$ MPa

F_f / f_{y1}

Minimum luas efektif plat pada flange = **929** mm²

Koefisien Luas efektif area plat pada flange $K_e = 1.2$

Luas efektif plat pada flange :

$$A_{ep} = \min(K_e * [L1 - (n_{fb_p} * D_h)] * t_{p1}, L1 * t_{p1}) = 2736 \text{ mm}^2$$

Luas efektif plat pada flange > Minimum luas efektif plat pada flange...(OK)

4. PERHITUNGAN KAPASITAS DAN KEBUTUHAN BOUT PADA

BAGIAN FLANGE

Gaya pada flange akibat gaya aksial dan momen $F_f = 223.1$ kN

Gaya yang diterima baut pada flange $F_f / n_{fb} = 27.9$ kN

Tahanan geser akibat slip pada baut $S_{fb} = 1.1 * K_s * \mu * P_p = 97.4$ kN

Kapasitas baut pada flange $P_{bg_s} = 1.5 * d * T_f * f_{up} = 341.88$ kN

Kapasitas baut pada plat $P_{bg_p} = 1.5 * d * t_{p1} * f_{u1} = 183.15$ kN

Jarak rata-rata baut ke dua dari tepi

$$S_{fe_ave} = S_3 + (n_{fb_r} - 1) * S_1 / 2 = 152.5 \text{ mm}$$

Kapasitas dukung maksimum baut pada plat :

$$Pbg_p_lim = 0.5 * Sfe_ave * tp1 * fu1 = 423.1875 \text{ kN}$$

Kapasitas baut pada flange, diambil nilai terkecil :

$$Ps = \min(Sfb, Pbg_s, Pbg_p, Pbg_p_lim) = 97.4 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah baut yang diperlukan } nfb_req = Ff / Ps = 6.3 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah baut desain rencana } nfb = 8 \text{ buah}$$

Jumlah baut yang diperlukan < Jumlah baut desain rencana...(OK)

Gaya yang diterima baut pada flange < Kapasitas baut pada flange...(OK)

5. PERHITUNGAN BAUT DAN PLAT PADA BAGIAN WEB

Tinjauan gaya geser pada plat web

$$\text{Gaya geser pada plat web } Vu = 15 \text{ kN}$$

$$\text{Luas geser area (bruto) } Av = nwp * L2 * tp2 = 5520 \text{ mm}^2$$

Luas geser area (net)

$$Av_net = nwp * (L2 - nwb_r * Dh) * tp2 = 3216 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas geser area (maks) } 0.85 * Av / Ke = 3910 \text{ mm}^2$$

Kapasitas geser plat web

$$pv_net = 0.7 * Ke * Av_net * fy2 = 648 \text{ kN}$$

Kapasitas geser plat web (bruto)

$$pv_gross = 0.6 * Av * fy2 = 795 \text{ kN}$$

Panjang permukaan blok geser

$$Lv = W2 + (nwb_r - 1) * W1 = 265 \text{ mm}$$

Panjang permukaan blok tarik

$$Lt = W5 + (nwb_p - 1) * W3 = 115 \text{ mm}$$

Koefisien blok geser

$$k = \text{if}(nwb_p > 1, 2.5, 0.5) = 2.5$$

Kapasitas blok geser plat web:

$$pv_block = 0.6 * fy2 * tp2 * nwp * [Lv + Ke * (Lt - k * Dh)] = 1144 \text{ kN}$$

Kapasitas geser pada plat web, diambil nilai terkecil :

$$pv = \min(pv_net, pv_gross, pv_block) = 648 \text{ kN}$$

Gaya geser pada plat web < Kapasitas geser pada plat web...(OK)

Tinjauan momen tambahan pada plat web

Luasan momen area pada plat web:

$$I = (tp2 * L2^3 / 12) - (nwb_r * tp2 * Dh^3 / 12) - (tp2 * Dh * K * W1^2)$$

$$= 8871704 \text{ mm}^4$$

Jarak pertemuan sambungan ke pusat baut grup :

$$a = [((n_{wb_p} - 1) * W_3) + W_4] / 2 = 75.0 \text{ mm}$$

Momen pada plat web $M_{wp} = V_u * a = 1.1 \text{ kNm}$

Kapasitas momen pada plat web

$$M_{cap} = f_y^2 * n_{wp} * I / (L_2 / 2) = 37.0 \text{ kNm}$$

Momen pada plat web < Kapasitas momen pada plat web...(OK)

Tinjauan baut pada plat web

Momen inersia baut grup :

$$I_{bg} = [(P_2 - 2 * W_2) * (L_2 - 2 * W_5)] - (1/2 * W_3 * W_4) = 30938 \text{ mm}^2$$

Gaya pada baut akibat geser langsung

$$F_v = V / n_{wb} = 1.9 \text{ kN}$$

Gaya vertikal pada baut akibat momen

$$F_{mv} = M_{wp} * (1/2 * W_3 / I_{bg}) = 1.4 \text{ kN}$$

Gaya horizontal pada baut akibat momen

$$F_{mh} = M_{wp} * (W_1 / I_{bg}) = 2.7 \text{ kN}$$

Resultant beban baut pada web

$$\theta = \text{degrees}(\text{atan}(F_{mh} / (F_v + F_{mv}))) = 40.1 \text{ deg}$$

Jarak minimum baut tepi

$$e_r = \min(W_2 / \cos(\theta), W_5 / \cos(90 - \theta)) = 52 \text{ mm}$$

Faktor jarak tepi untuk bantalan plat web

$$K_{edge} = \min(e_r / (3 * d), 1) = 0.8$$

Tahanan geser akibat slip pada baut

$$S_{fb} = 1.1 * K_s * \mu * P_p = 97.4 \text{ kN}$$

Kapasitas baut pada web

$$P_{bg_s} = 1.5 * d * t_w * f_{up} = 195.36 \text{ kN}$$

Kapasitas baut pada plat

$$P_{bg_p} = 1.5 * K_{edge} * d * t_{p2} * n_{wp} * f_{u2} = 232.18 \text{ kN}$$

Kapasitas baut pada web, diambil nilai terkecil :

$$P_s = \min(n_{wp} * S_{fb}, P_{bg_s}, P_{bg_p}) = 194.7 \text{ kN}$$

Resultant beban baut pada web < Kapasitas baut pada web...(OK)



4.6 Tabel Repitakulasi

Kontrol Tebal Minimum Lantai dan Atap

No.	Lx*Ly (mm)	β	Tipe	Mutu Beton (Mpa)	Beban Hidup (Kn/m ²)	Beban Mati (Kn/m ²)	H _{min} (mm)	H _{frencana} (mm)	Kontrol
1	Koridor 3000 x 3000	1,00	Two Ways Slab	25	3,83	3,08	60	140	OKE
2	Koridor 3000 x 4000	1,33	Two Ways Slab	25	3,83	3,08	80,88	140	OKE
3	Shelter 4000 x 4000	1,00	Two Ways Slab	25	4,79	3,78	86,22	140	OKE
4	Shelter 3000 x 3000	1,33	Two Ways Slab	25	4,79	3,78	80,88	140	OKE
5	Ruang Kelas 4000 x 4000	1,00	Two Ways Slab	25	1,92	3,08	85,33	140	OKE
6	Atap 3000 x 3000	1,00	Two Ways Slab	25	0,96	3,32	60*	140	OKE
7	Atap 4000 x 4000	1,33	Two Ways Slab	25	0,96	3,32	85,33	140	OKE
8	Atap 4000 x 5000	1,33	Two Ways Slab	25	0,93	3,32	101,59	140	OKE

Kontrol Lendutan Pelat Lantai dan Pelat Atap

No.	Lx*Ly (mm)	Tipe	L/240 (mm)	δ_e (mm)	δ_g (mm)	δ_{total} (mm)	Kontrol $\delta_{total} < L/240$
1	Koridor 3000 x 3000	Two Ways Slab	12.500	0,828	1,372	2.199	Aman
2	Koridor 3000 x 4000	Two Ways Slab	12.500	1,388	2,255	3.642	Aman
3	Shelter 4000 x 4000	Two Ways Slab	11.767	7,122	4,645	11,767	Aman
4	Shelter 3000 x 3000	Two Ways Slab	16.667	0,344	0,587	0.931	Aman
5	Ruang Kelas 4000 x 4000	Two Ways Slab	16.667	5,775	9,866	15.642	Aman
6	Atap 3000 x 3000	Two Ways Slab	16.667	4,076	6,627	10.706	Aman
7	Atap 4000 x 4000	Two Ways Slab	16.667	4,079	6,627	10.706	Aman
8	Atap 4000 x 5000	Two Ways Slab	12.500	0,258	0,419	0.677	Aman

Balok

No	Beam	L (mm)	Profil Beam	Mutu Baja	Mu (Nmm)	Vu (Nmm)	Momen Lentur	Interaksi Geser dan Lentur	Kontrol Lendutan	Lokasi
1	B1	8000	800 x 300 x 14 x 26	BJ 37	1244309500	483525	0,823 < 1	0,971 < 1,375	30,16 < 33,3	L3R21-T21
2	B2	4000	582 x 300 x 12 x 17	BJ 37	291365400	226730	0,408 < 1	0,622 < 1,375	7,00 < 16,7	L3S21-S22
3	B3	8000	390 x 300 x 10 x 16	BJ 37	326773300	207182	0,817 < 1	1,169 < 1,375	13,1 < 20,8	L4R21-T21

Kolom

No	Columb	L (mm)	Profil Beam	Mutu Baja	Nu (Nmm)	Gaya Aksial	Lokasi
1	K1	4200	900 x 300 x 16 x 28	BJ 37	3560640	0,872 < 1,0 (AMAN)	L1C2
2	K2	4200	350 x 350 x 12 x 19	BJ 37	1676389	0,553 < 1,0 (AMAN)	L1G4
3	K3	4200	700 x 300 x 13 x 24	BJ 37	1768044	0,493 < 1.0 (AMAN)	L3C2

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan struktur baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus diatas dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Profil penampang balok induk baja efektif dalam struktur ini adalah;
B1 = WF 800.300.14.26, B2 = WF 582.300.12.17, dan B3 = WF 390.300.10.16.
- 2) Profil penampang kolom baja beton efektif dalam struktur ini adalah:
K1 = WF 900.300.16.28, K2 = WF 350.350.12.19, dan K3 = WF 700.300.13.24.
- 3) Menggunakan baut M22 untuk sambungan dengan diameter 22 mm
- 4) Tebal pelat sambungan yang diperlukan adalah 15 mm dengan lebar 200 mm

5.2 Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk menghasilkan perancangan struktur yang mempertimbangkan struktur bagian bawah sehingga design hasil perencanaan dapat mendekati kondisi yang sesungguhnya.

Daftar Pustaka

- AISC, (2016), *Specification for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 360-16*, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
- Anggry. (2010). Tabel Profil Konstruksi Baja. Surabaya. Institut Reknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Standarisasi Nasional. 2020. Beban Minimum untuk Perancangan, Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727:2020. Jakarta.
- BSN, (2019). Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung dan penjelasan SNI 2847-2019.
- BSN, (2019). Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural Berdasarkan SNI 1729-2019
- BSN, (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019
- Budiono Bambang, dkk (2017) Institut Teknologi Bandung. Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa dan Sistem Dinding Struktur Khusus Di Jakarta.
- E M Kiki Rizki K, Warsito, Bambang Suprpto (2019) Universitas Islam Malang. Studi Alternatif Baja-Beton Komposit Hotel NEO Kota Baru Malang.
- Fajar (2018) Universitas Islam Malang. Studi Alternatif Perencanaan Struktur Komposit Pada Gedung Mall Dinoyo Malang.

Haq Muhammad Arinal, Warsito, Bambang Suprpto (2020) Universitas Islam Malang. Studi Alternatif Gedung Transmart Mall Kota Malang Dengan Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton.

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2017/

Rozikin Muhammad Zainur, Warsito, Bambang Suprpto (2020) Universitas Islam Malang. Studi Perencanaan Struktur Baja Pada Bangunan Gedung Kampus STKIP AL HIKMAH Surabaya.

Sakinah Awal Puteri Nabilatus, Warsito, Azizah Rokhmawati (2020) Universitas Islam Malang. Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Gedung RSUD Darmayu Ponogoro dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen.

BUSOWA





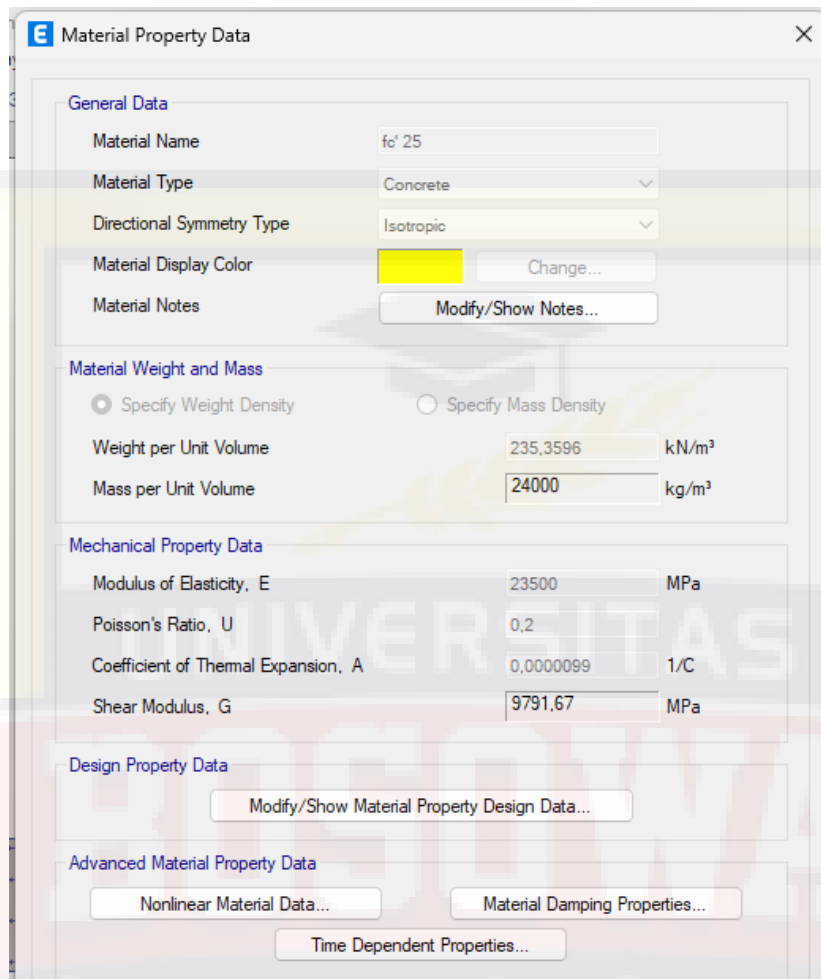
UNIVERSITAS

LAMPIRAN

BINA NUSANTARA



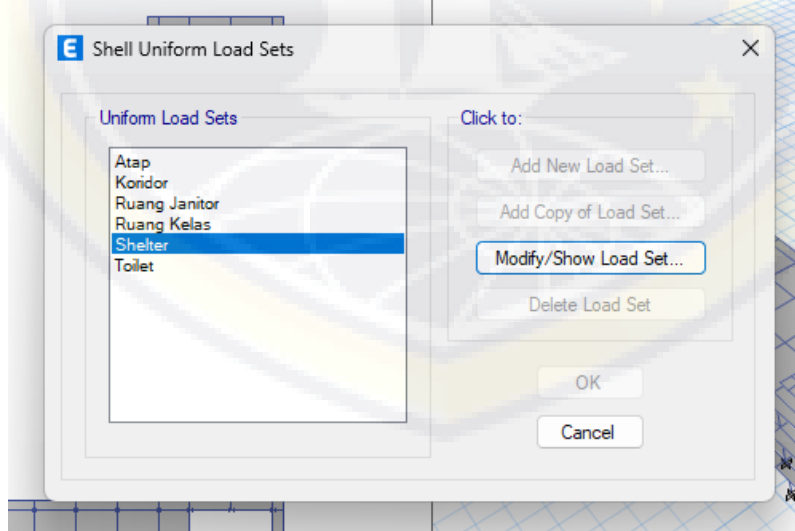
Lampiran A Pengimputan Pada ETABS



The image shows the 'Material Property Data' dialog box in ETABS. It is divided into several sections:

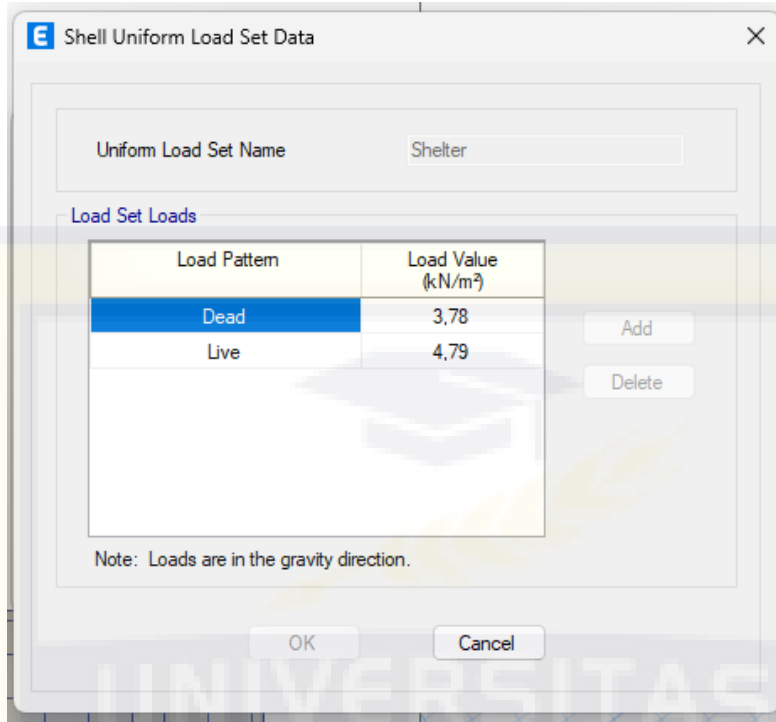
- General Data:** Material Name: fc' 25; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: Yellow; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:** Specify Weight Density (selected) or Specify Mass Density; Weight per Unit Volume: 235,3596 kN/m³; Mass per Unit Volume: 24000 kg/m³.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 23500 MPa; Poisson's Ratio, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,0000099 1/C; Shear Modulus, G: 9791,67 MPa.
- Design Property Data:** Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:** Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...

Pengimputan Material

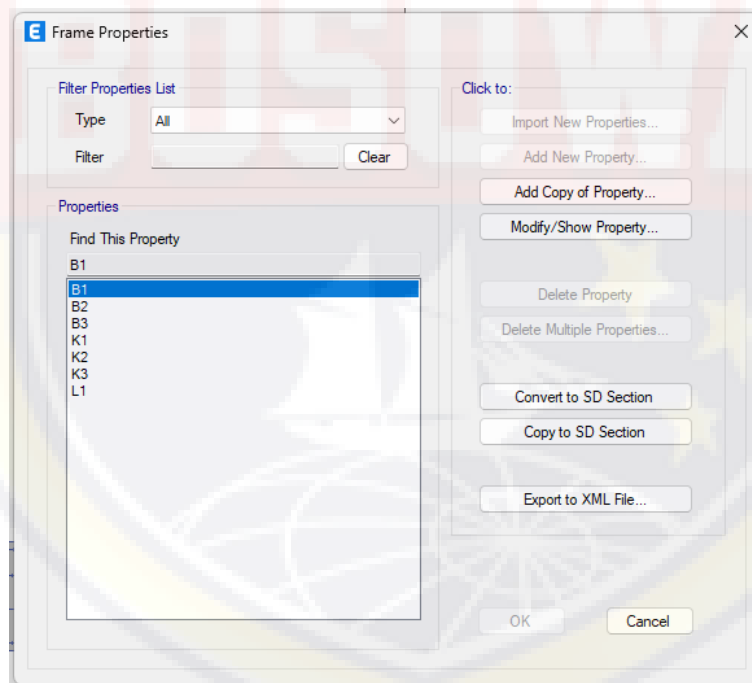


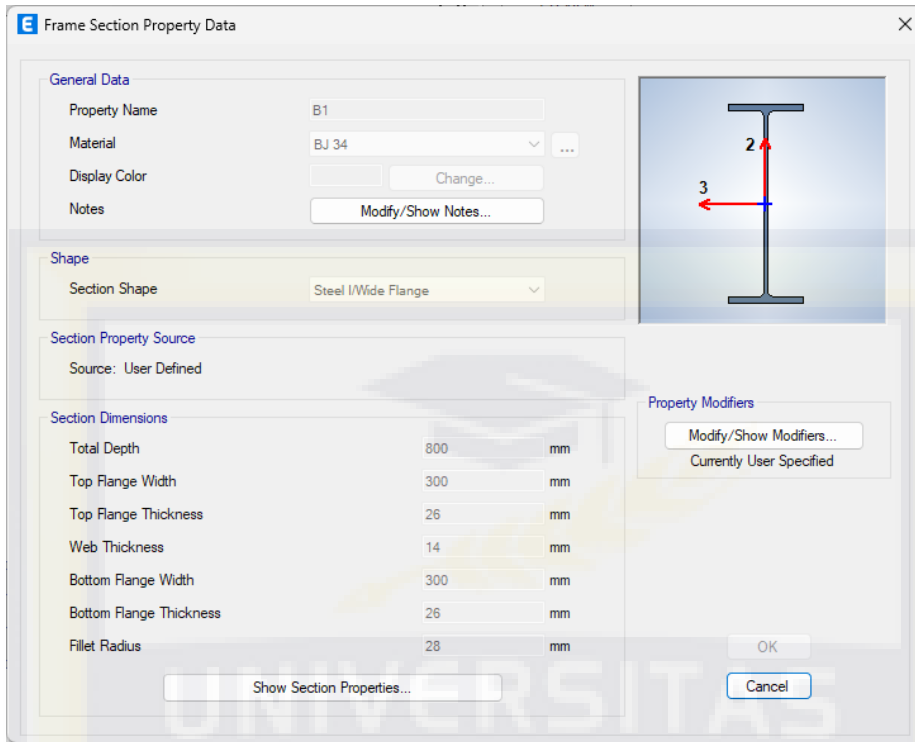
The image shows the 'Shell Uniform Load Sets' dialog box in ETABS. It contains a list of load sets and control buttons:

- Uniform Load Sets:** Atap, Koridor, Ruang Janitor, Ruang Kelas, Shelter (selected), Toilet.
- Click to:** Add New Load Set..., Add Copy of Load Set..., Modify/Show Load Set..., Delete Load Set.
- Buttons:** OK, Cancel.

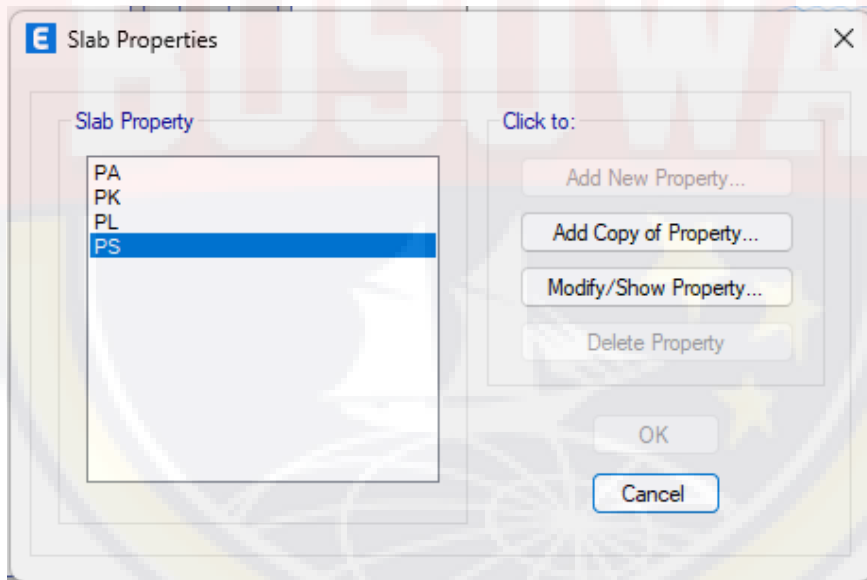


Pengimputan beban hidup dan beban mati





Pengimputan dimensi Balok dan Kolom



E Slab Property Data

General Data

Property Name: PS

Slab Material: fc' 25

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently User Specified): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

Thickness: 140 mm

OK Cancel

Pengimputan Tebal Pelat

Lampiran B Analisis Struktur Balok

Story	Beam	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
Story 3	B14	0	143.1868	0.000	0.000	59.172
Story 3	B15	0	-189.952	0.000	0.000	135.682
Story 3	B15	0	-189.323	0.000	0.000	230.501
Story 3	B15	0	-188.693	0.000	0.000	325.005
Story 3	B16	0	-347.453	0.000	0.000	173.884
Story 3	B16	0	-346.823	0.000	0.000	347.453
Story 3	B16	0	125.8519	0.000	0.000	318.870
Story 3	B16	0	126.4816	0.000	0.000	255.787
Story 3	B16	0	127.1114	0.000	0.000	192.389
Story 3	B16	0	180.9895	0.000	0.000	149.745
Story 3	B16	0	483.525	0.000	0.000	1244.309
Story 3	B17	0	-145.718	0.000	0.000	49.641
Story 3	B17	0	-145.089	0.000	0.000	122.342
Story 3	B17	0	-144.459	0.000	0.000	194.729
Story 3	B17	0	283.0097	0.000	0.000	283.640
Story 3	B17	0	283.6395	0.000	0.000	141.977
Story 3	B18	0	-280.714	0.000	0.000	140.514

Story 3	B18	0	-280.084	0.000	0.000	280.714
Story 3	B18	0	144.3221	0.000	0.000	195.374
Story 3	B18	0	144.9519	0.000	0.000	123.055
Story 3	B18	0	145.5816	0.000	0.000	50.422
Story 3	B19	0	-135.061	0.000	0.000	117.449
Story 3	B19	0	-134.431	0.000	0.000	184.822
Story 3	B19	0	-133.801	0.000	0.000	251.880
Story 3	B19	0	308.624	0.000	0.000	309.254
Story 3	B19	0	309.2538	0.000	0.000	154.784
Story 3	B20	0	-265.445	0.000	0.000	132.880
Story 3	B20	0	-264.815	0.000	0.000	265.445
Story 3	B20	0	119.9014	0.000	0.000	221.947
Story 3	B20	0	120.5311	0.000	0.000	161.839
Story 3	B20	0	121.1609	0.000	0.000	101.416
Story 3	B21	0	-124.111	0.000	0.000	71.970
Story 3	B21	0	-123.481	0.000	0.000	133.868
Story 3	B21	0	-122.852	0.000	0.000	195.451
Story 3	B21	0	250.9879	0.000	0.000	251.618
Story 3	B21	0	251.6176	0.000	0.000	125.966
Story 3	B22	0	-261.868	0.000	0.000	131.092
Story 3	B22	0	-261.239	0.000	0.000	261.868
Story 3	B22	0	21.7828	0.000	0.000	230.347
Story 3	B22	0	126.8028	0.000	0.000	205.258
Story 3	B22	0	127.4326	0.000	0.000	141.699
Story 3	B22	0	128.0623	0.000	0.000	77.826
Story 3	B23	0	-111.267	0.000	0.000	50.198
Story 3	B23	0	-110.7	0.000	0.000	100.140
Story 3	B23	0	211.707	0.000	0.000	233.640
Story 3	B23	0	212.1688	0.000	0.000	155.929
Story 3	B23	0	212.6306	0.000	0.000	78.049
Story 3	B24	0	-298.227	0.000	0.000	149.271
Story 3	B24	0	-297.598	0.000	0.000	298.227
Story 3	B24	0	112.8614	0.000	0.000	280.859
Story 3	B24	0	113.4912	0.000	0.000	224.271
Story 3	B24	0	114.1209	0.000	0.000	167.368
Story 3	B24	0	172.6077	0.000	0.000	138.489
Story 3	B24	0	173.1115	0.000	0.000	69.345
Story 3	B25	0	-125.308	0.000	0.000	65.499
Story 3	B25	0	-124.679	0.000	0.000	127.996
Story 3	B25	0	-124.049	0.000	0.000	190.178
Story 3	B25	0	250.4255	0.000	0.000	251.055
Story 3	B25	0	251.0552	0.000	0.000	125.685

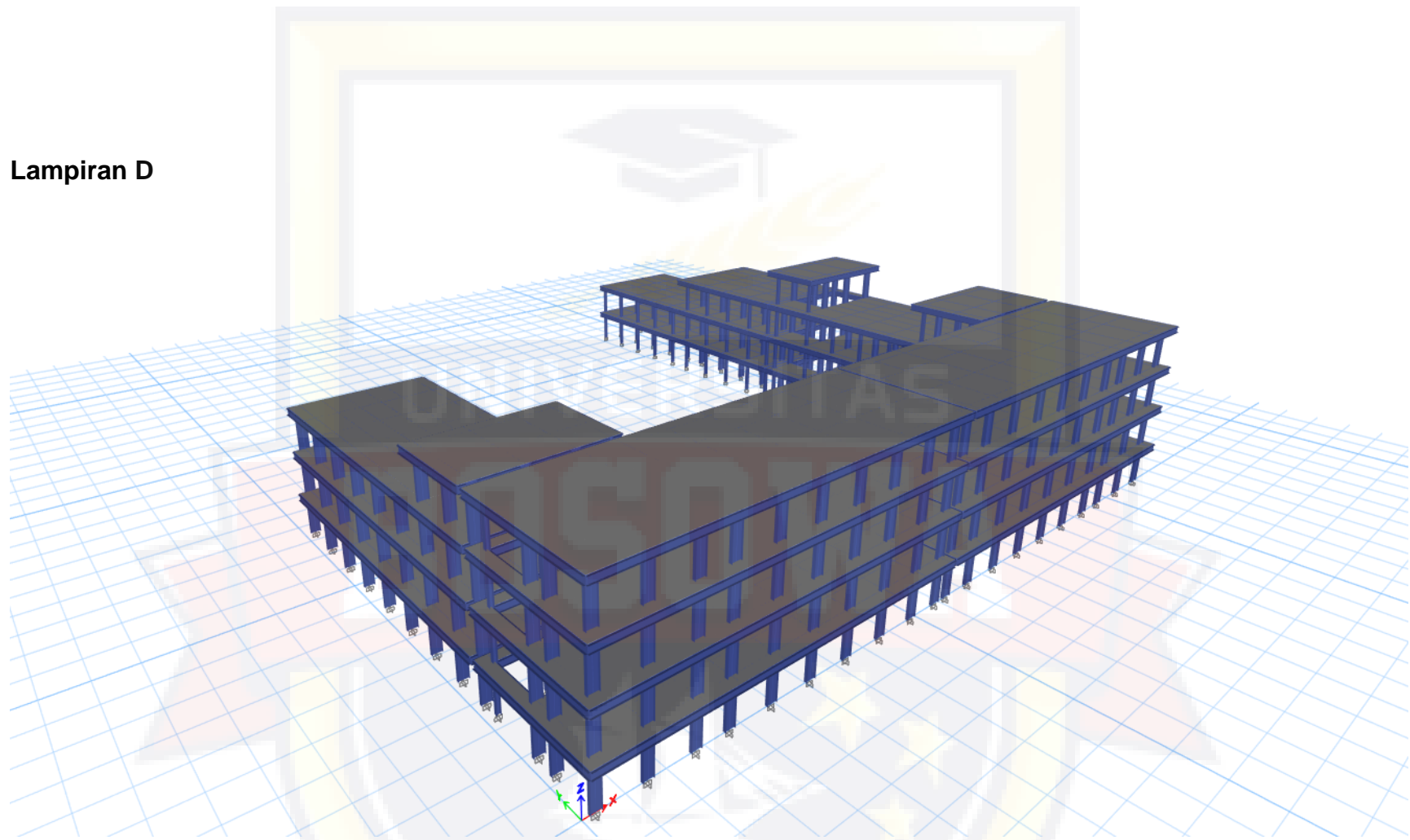
Story 3	B26	0	-246.424	0.000	0.000	123.369
Story 3	B26	0	-245.794	0.000	0.000	246.424
Story 3	B26	0	123.2752	0.000	0.000	189.910
Story 3	B26	0	123.9049	0.000	0.000	128.115
Story 3	B26	0	124.5347	0.000	0.000	66.005
Story 3	B27	0	-123.284	0.000	0.000	72.330
Story 3	B27	0	-122.654	0.000	0.000	133.814
Story 3	B27	0	-122.024	0.000	0.000	194.984
Story 3	B27	0	248.2744	0.000	0.000	248.904
Story 3	B27	0	248.9042	0.000	0.000	124.610

Lampiran C Analisis Struktur Kolom

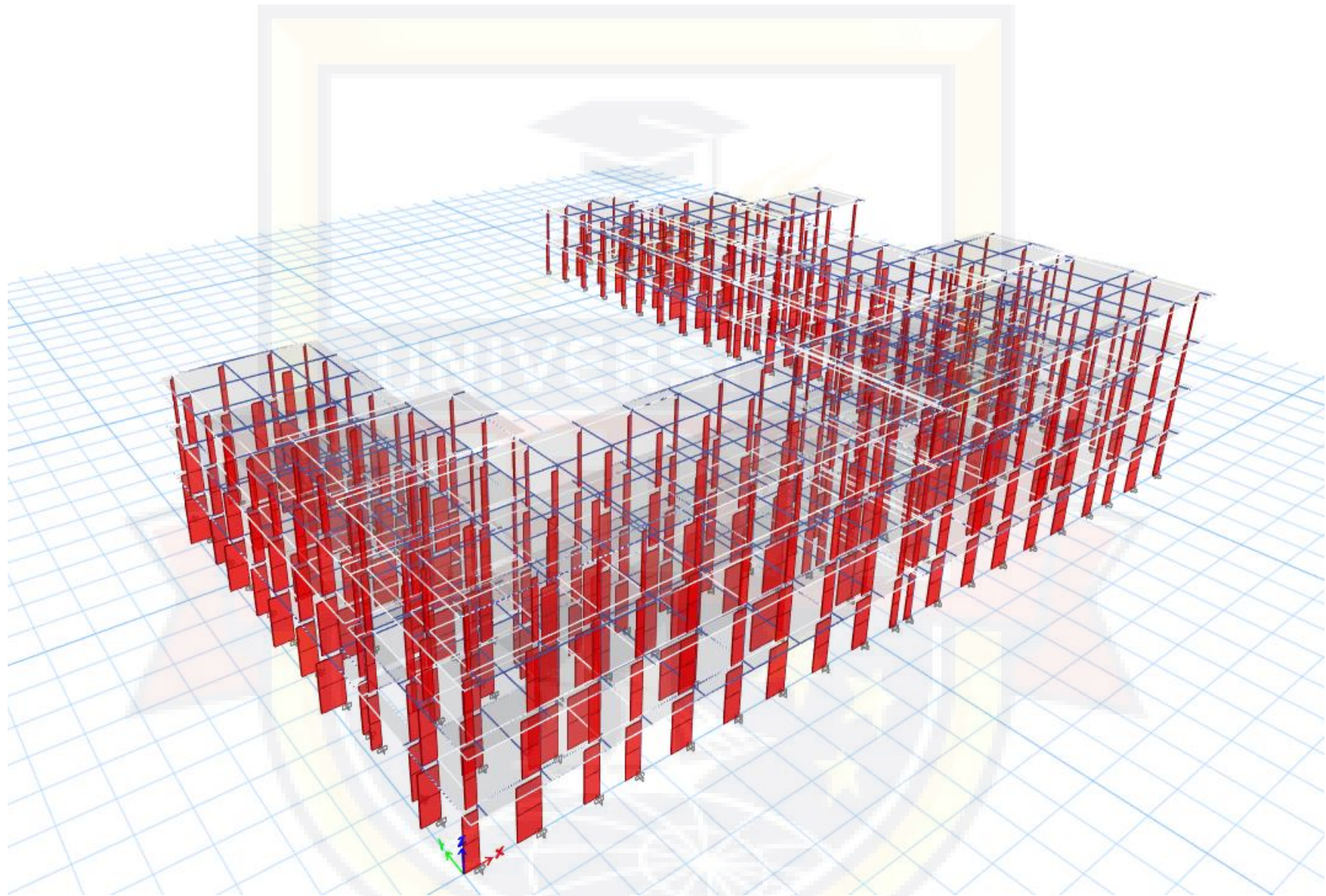
Story	Column	P	V2	V3	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m
Story 2	C30	-2332.76	-2.1607	-17.3552	-19.8794	-2.8176
Story 2	C31	-2164.02	0.1097	-12.0523	-12.3742	0.1644
Story 2	C33	-2847.8	0.0179	7.5691	14.8991	-0.7562
Story 2	C34	-2937.38	-3.6802	13.0318	22.3578	-5.6134
Story 2	C36	-2838.22	-0.0557	7.8867	15.6092	-0.853
Story 2	C38	-2145.73	0.126	-12.5991	-12.8655	0.1858
Story 2	C39	-2595.17	0.1982	-21.1899	-24.9409	0.2806
Story 2	C40	-2648.48	-0.4213	-21.793	-25.5105	-0.533
Story 2	C41	-1830.54	4.5125	-8.6718	-7.138	5.947
Story 2	C43	-2872.2	-3.1739	7.3555	15.1396	-4.9485
Story 2	C44	-3294.74	0.0669	16.11	27.1737	-0.6919
Story 2	C45	-1793.8	-3.9794	-7.3475	-5.1964	-5.2063
Story 2	C46	-3457.09	-13.3294	-4.0717	-0.6431	-17.8868
Story 2	C47	-2338.72	2.706	22.6851	36.6825	2.9744
Story 2	C74	-3492.32	18.6547	-2.4926	-0.2621	22.9465
Story 2	C75	-2745.25	7.1289	0.2704	3.5784	7.4083
Story 2	C76	-3071.36	21.9012	0.9185	4.4793	26.4104
Story 2	C77	-2357.35	7.8054	0.7831	4.2911	7.4968
Story 2	C78	-3048.7	21.6081	0.8214	4.3443	25.2254
Story 2	C79	-2352.13	7.7876	0.8002	4.3148	6.6733
Story 2	C80	-3286.92	24.2243	-1.5493	1.049	27.8615
Story 2	C81	-2844.96	-26.3784	-1.4763	0.8818	-36.2007
Story 2	C83	-2067.27	-14.572	0.3373	3.4026	-21.094
Story 2	C84	-2427.44	-31.4967	0.8162	4.0684	-43.7233
Story 2	C116	-2546.06	32.7413	-0.4113	4.7133	39.8479
Story 2	C117	-1710.54	15.4467	1.1683	6.9089	17.5329
Story 2	C118	-2397.96	30.1168	1.335	7.1407	37.201
Story 2	C119	-2053.61	13.5391	0.8733	6.4989	15.8276
Story 2	C120	-2798.39	25.0908	-0.9333	3.9878	31.3998

Story 2	C121	-787.909	4.4839	-4.7686	-1.3431	4.6594
Story 2	C122	-3560.640	-0.246	-20.2117	-22.943	-1.5529
Story 2	C123	-1048.12	-2.0314	-6.9652	-4.6651	-3.8979
Story 2	C124	-3439.34	-18.1542	-1.9969	2.2407	-25.3988
Story 2	C125	-2725.37	-7.1465	0.6917	5.9777	-11.3413
Story 2	C126	-3035.17	-21.6497	1.3167	6.8465	-30.79
Story 2	C127	-2339.93	-8.1039	1.0914	6.5334	-13.3987
Story 2	C128	-3185.89	-24.0875	-0.0749	4.9123	-34.7919
Story 2	C129	-2144.5	3.7681	7.8465	15.9228	1.394
Story 2	C132	-2275.1	-0.5464	27.3427	43.1564	-4.2726
Story 2	C158	-894.636	6.3997	-5.4256	-2.2564	4.2054
Story 2	C159	-1895.36	-0.6973	-25.2857	-29.9958	-5.1159
Story 2	C160	-1168.15	-4.1693	-7.6597	-5.6304	-9.6761
Story 2	C161	-2218.59	27.2477	-0.9937	3.9039	31.2575
Story 2	C163	-2793.67	-20.3415	-2.298	1.8223	-31.2469
Story 2	C164	-1728.02	14.722	1.2376	7.0053	14.406
Story 2	C165	-3672.01	-1.2903	-0.1351	4.9629	-6.6248
Story 2	C167	-2471.17	31.0836	0.5103	5.9943	35.4955
Story 2	C168	-3121.66	-23.1143	0.2806	5.4064	-35.6889
Story 2	C169	-1379.23	9.975	6.5935	14.4498	7.3711
Story 2	C170	-2579.88	-1.079	21.8645	35.5418	-7.1474
Story 2	C171	-1836.99	-6.1255	9.2618	17.89	-13.7756
Story 2	C130	-1263.32	-0.486	-1.0694	1.4907	-3.3891
Story 2	C131	-1393.61	-0.952	1.0122	4.389	-4.2532
Story 2	C140	-1356.2	-0.3307	0.6351	3.864	-3.6656
Story 2	C144	-1146.04	-0.8181	3.8849	8.3888	-4.5584
Story 2	C162	-2353.32	-8.2541	1.2971	6.8193	-15.7713
Story 2	C162	-2349.42	-8.2541	1.2971	4.3224	0.118
Story 2	C162	-2345.53	-8.2541	1.2971	1.8254	16.0072
Story 2	C211	-1667.33	4.6801	3.8342	8.3794	5.596
Story 2	C211	-1664.23	4.6801	3.8342	0.9985	-3.4133
Story 2	C211	-1661.13	4.6801	3.8342	-6.3825	-12.4225

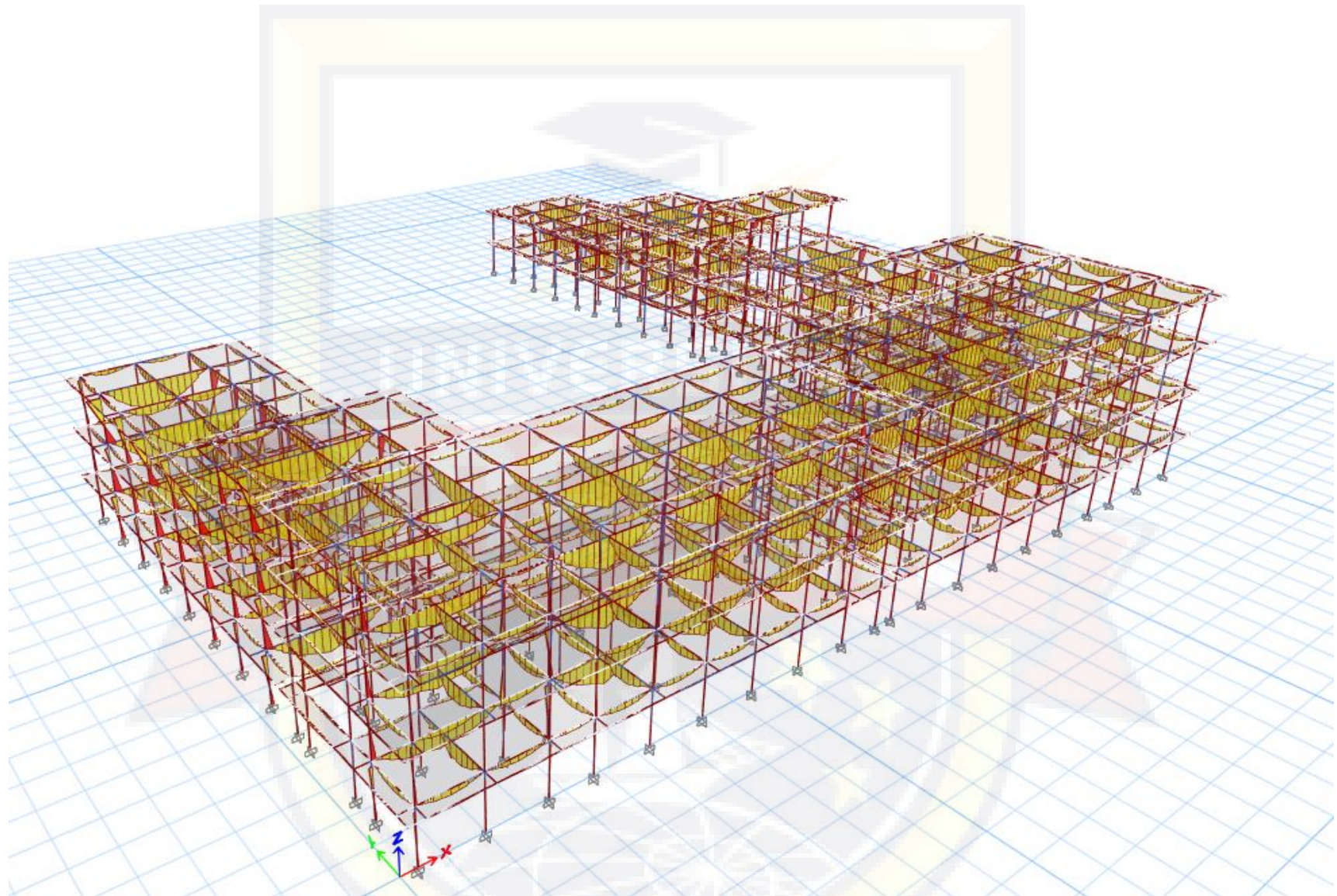
Lampiran D



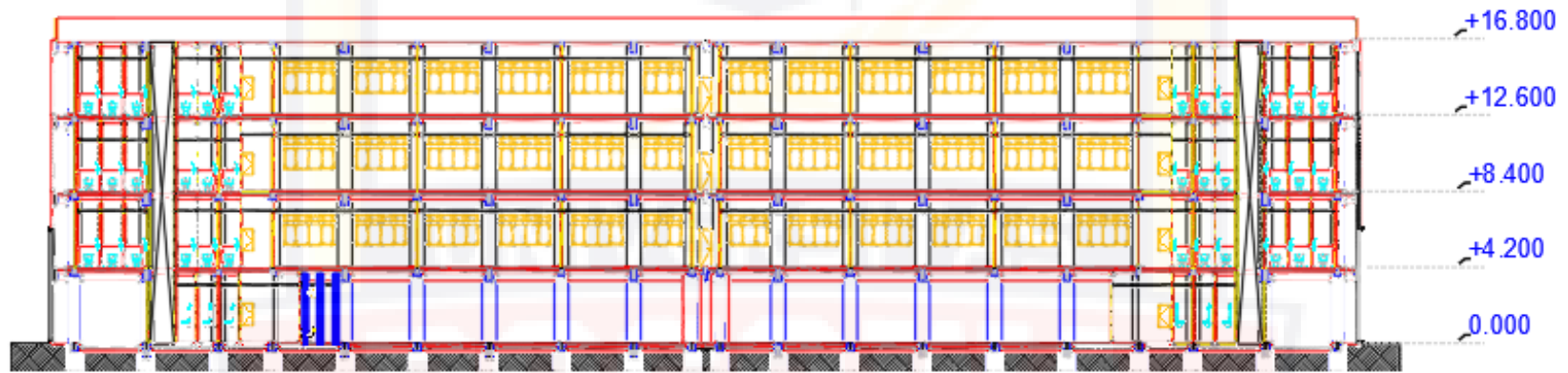
Permodelan 3D Gedung Kuliah IAIN



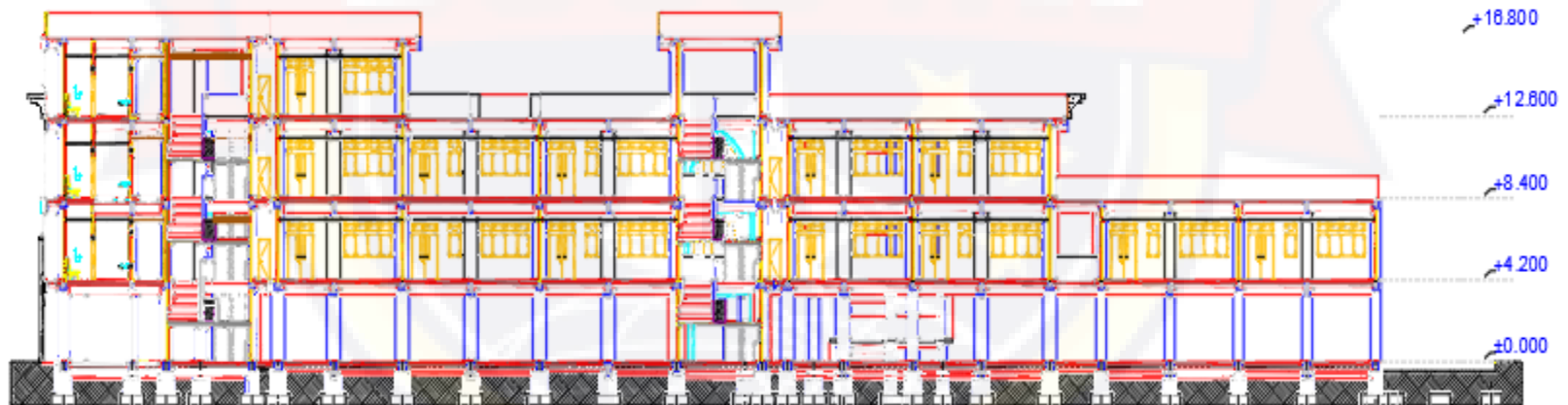
Tampilan Momen Aksial Comb 2



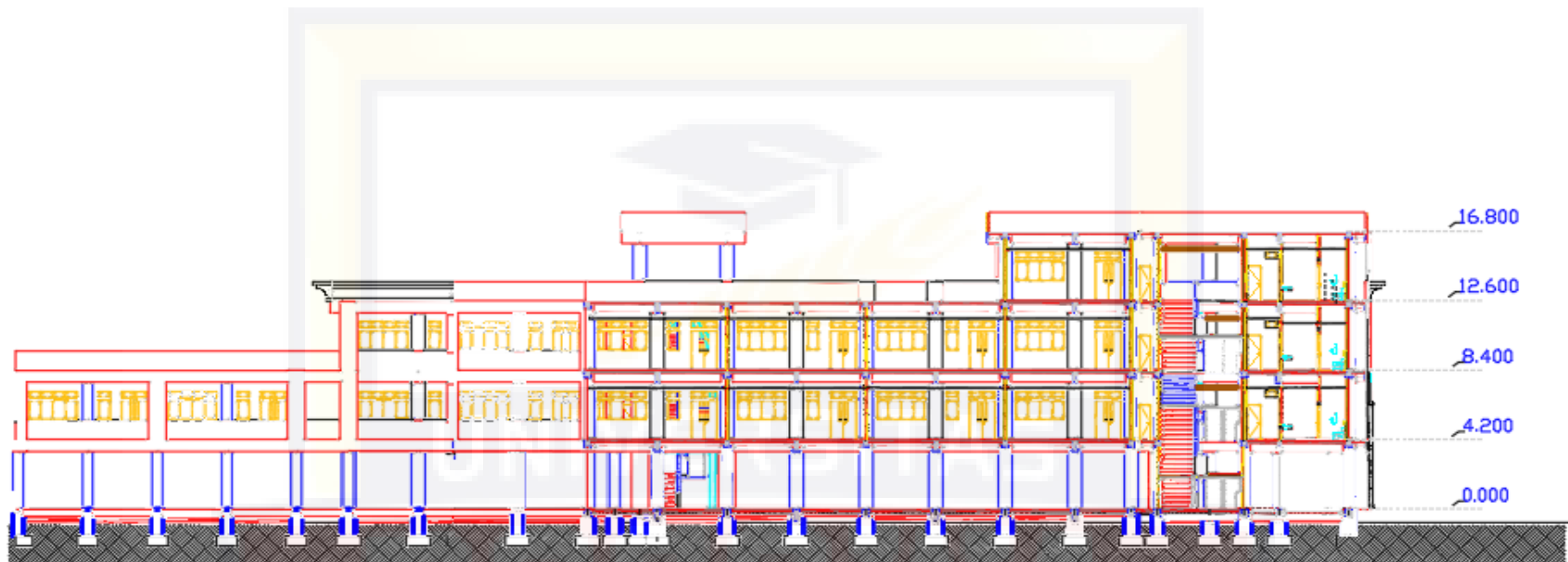
Tampilan Momen 3-3 Comb 2



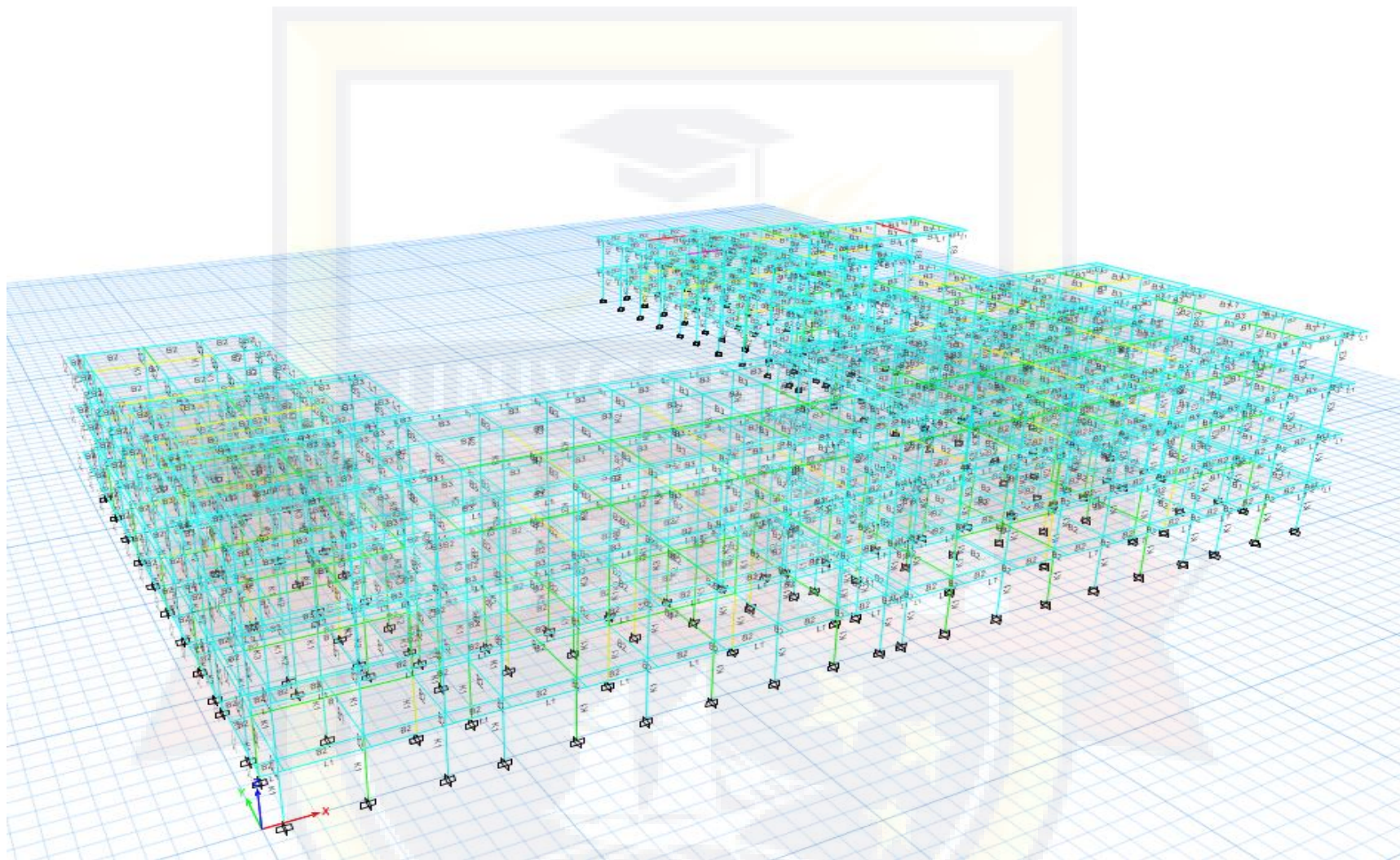
Gambar Potongan AA

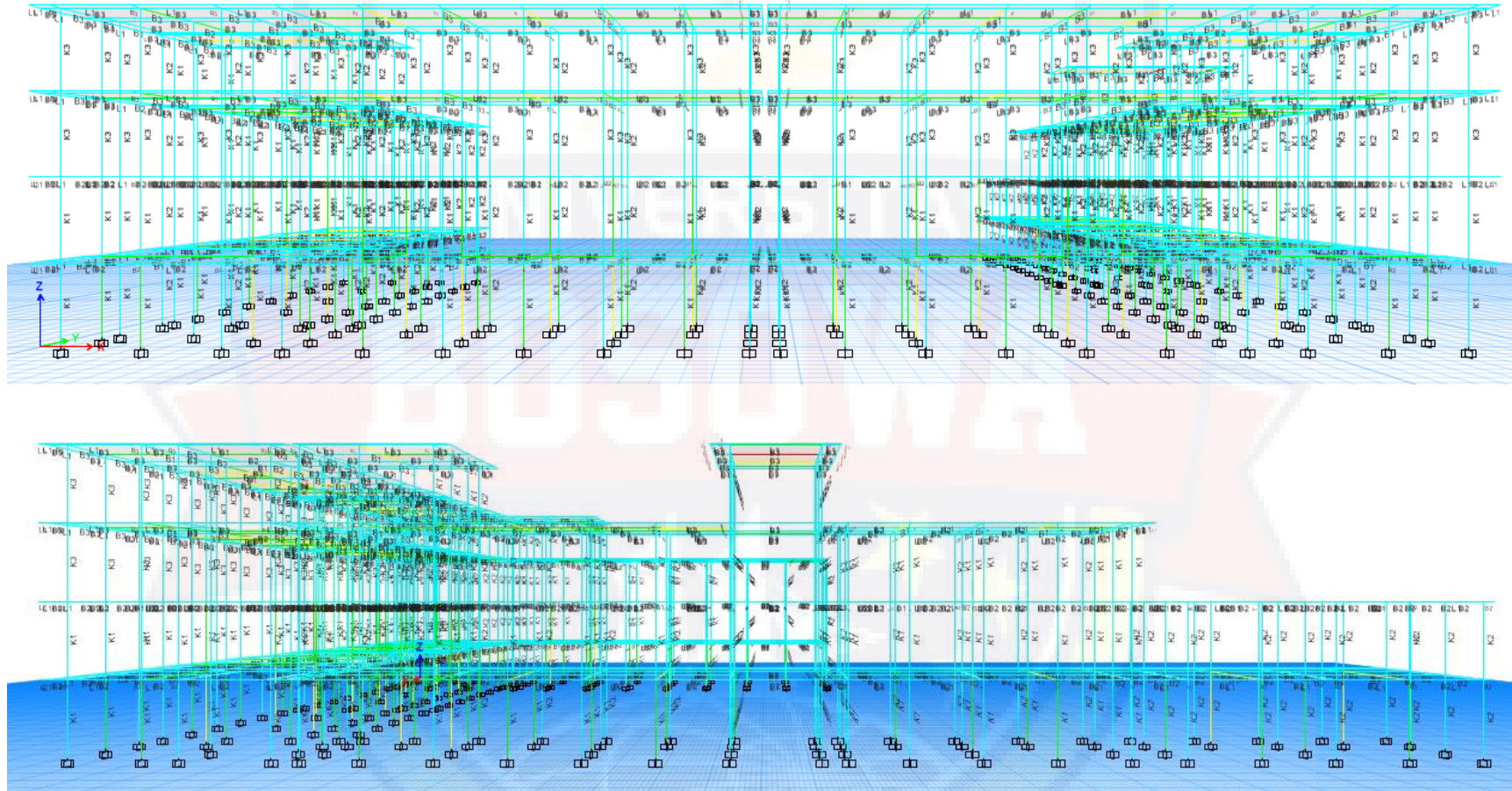


Gambar Potongan BB

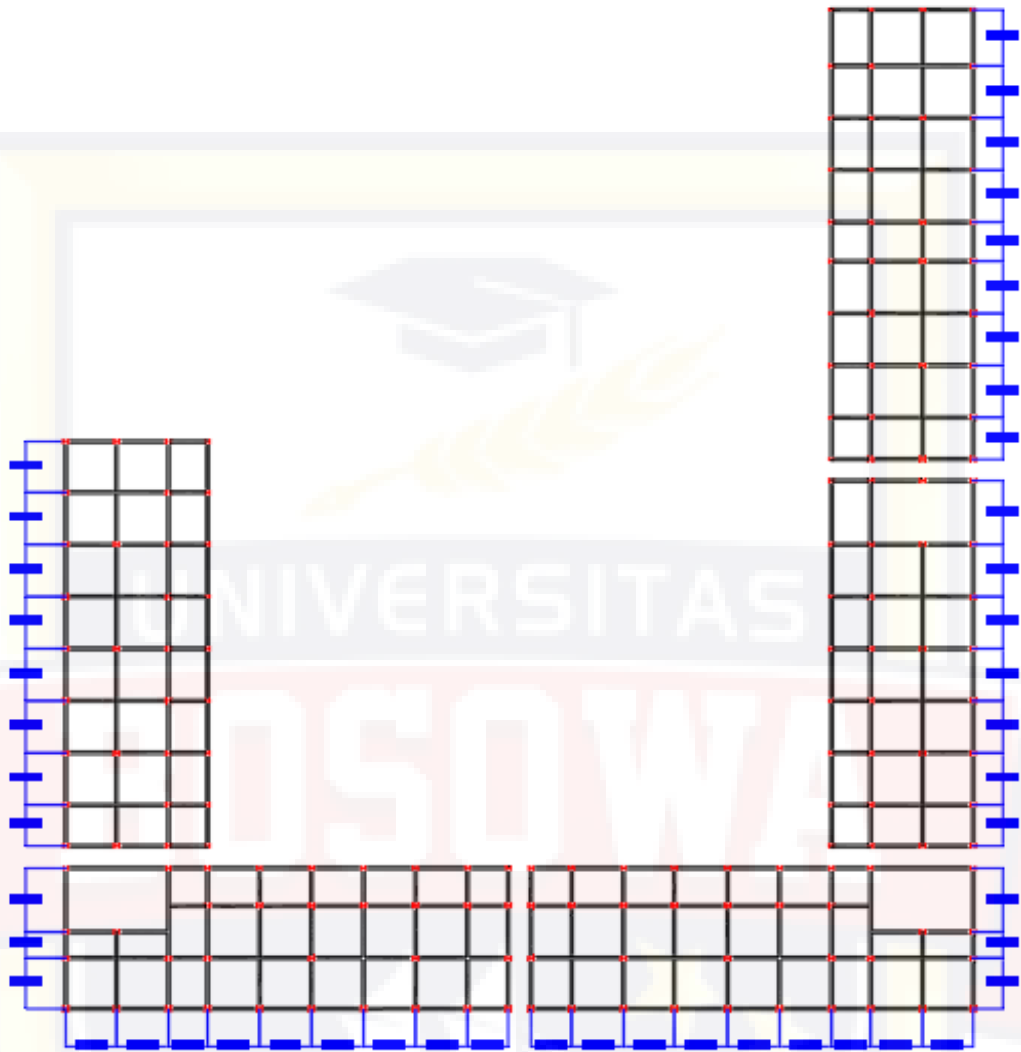


Gambar Potongan CC

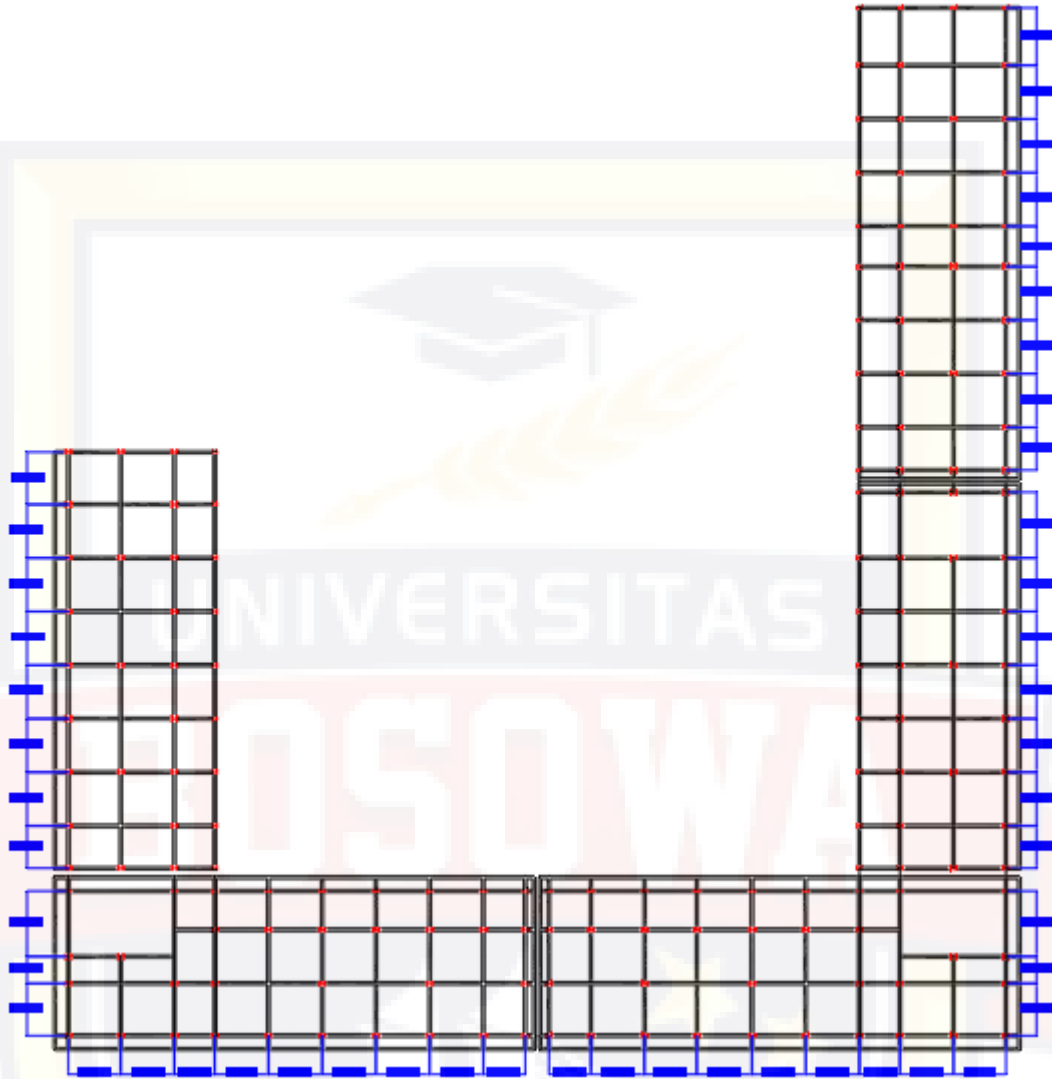




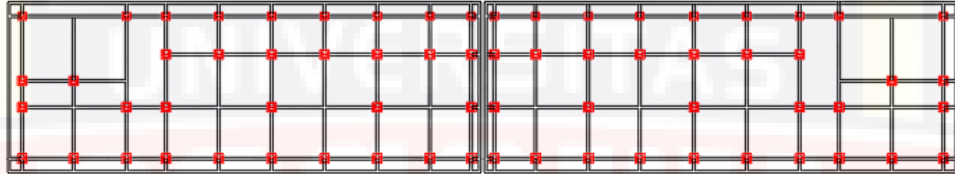
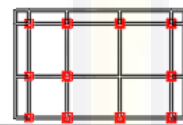
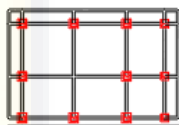
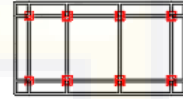
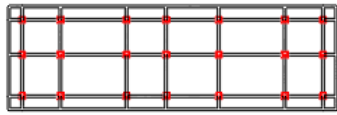
Gambar Gedung setelah run analysis dalam keadaan aman



Denah Balok dan Kolom Lantai 1

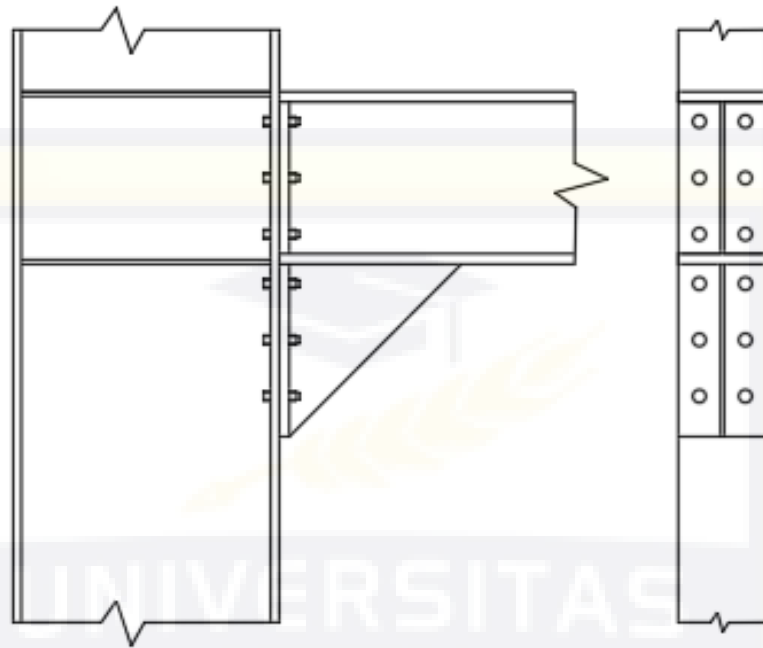


Denah Balok dan Kolom Lantai 2-4



Denah Balok dan Kolom Atap

BUSUWA



Detail Sambungan

BOSOWA