

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI MA'HAD IAIN SURAKARTA
BERDASARKAN SNI 1726-2019

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Disusun Oleh :

Faris Niam Maulana

NIM : 30201700068

Mohammad Fadli Robby

NIM : 30201700105

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

2021



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584Ext.507 Semarang

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI MA'HAD IAIN SURAKARTA

BERDASARKAN SNI 1726-2019

Diajukan Oleh :



Faris Niam Maulana

NIM : 30201700068



Mohammad Fadli Robby

NIM : 30201700105

Telah Disetujui dan disahkan di Semarang, ... Agustus 2021

Tim Penguji

1. Dr. Ir. H. Sumirin, MS
2. Ir. M. Faiqun Niam, MT., Ph.D
3. Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Ketua,



M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

**BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
No. 14 / A.2 / SA-T / VII / 2021**

Pada hari ini, Senin, tanggal 15 Maret 2021 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Dr. Ir. H. Sumirin, MS
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen pembimbing I
2. Nama : Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir/Skripsi:

Nama : Faris Niam Maulana
NIM : 30201700068

Nama : Mohammad Fadli Robby
NIM : 30201700105

Judul : Perencanaan Gedung 4 Lantai Ma'had IAIN Surakarta Berdasarkan SNI 1726:2019

Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	15 Maret 2021	-
2	Proposal	02 Mei 2021	ACC
3	Pengumpulan Data	15 Mei 2021	-
4	Analisis Data	27 Mei 2021	-
5	Penyusunan Laporan	18 Juni 2021	-
6	Selesai laporan	23 Juli 2021	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak – pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. H. Sumirin, MS

Dosen Pembimbing II

Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil



M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Faris Niam Maulana

NIM : 30201700068

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul :

Perencanaan Gedung 4 Lantai Ma'had IAIN Surakarta Berdasarkan SNI
1726:2019

benar bebas plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya
bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana
mestinya.



Semarang, Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,

Faris Niam Maulana

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mohammad Fadli Robby

NIM : 30201700105

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul :

Perencanaan Gedung 4 Lantai Ma'had IAIN Surakarta Berdasarkan SNI
1726:2019.

benar bebas plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya
bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana
mestinya.



Semarang, Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,

Mohammad Fadli Robby

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan dibawah ini :

Nama : Faris Niam Maulana

NIM : 30201700068

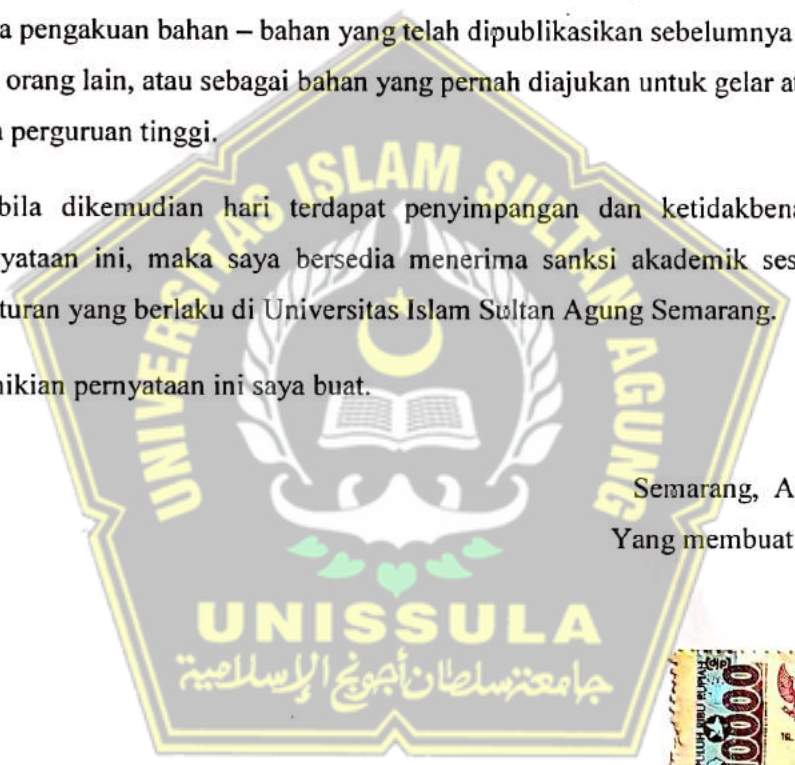
Judul : Perencanaan Gedung 4 Lantai Ma'had IAIN Surakarta Berdasarkan
SNI 1726:2019.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada perguruan tinggi.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,



Faris Niam Maulana

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan dibawah ini :

Nama : Mohammad Fadli Robby

NIM : 30201700105

Judul : Perencanaan Gedung 4 Lantai Ma'had IAIN Surakarta Berdasarkan
SNI 1726:2019.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada perguruan tinggi.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,

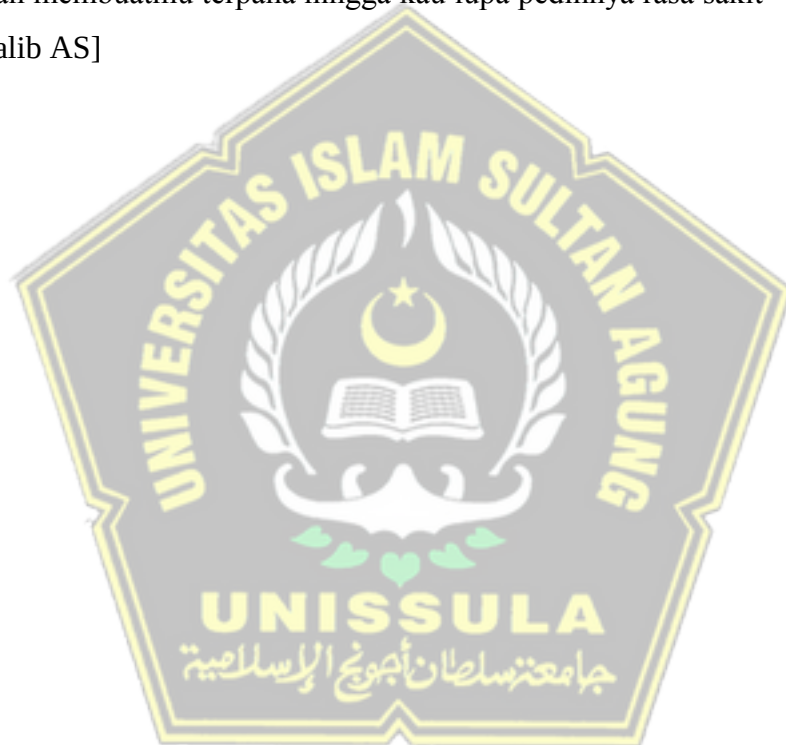


(materai Rp 6000,-)

Mohammad Fadli Robby

MOTTO

- Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (QS. Al Insyirah : 5-6)
- Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kemampuannya. (QS. Al Baqarah : 286)
- “Mengapa lelah ? sementara Allah Swt Selalu menyemangati dengan (Hayya ‘ Alal Falah) bahwa jarak kemenangan hanya berkisar antara kening dan sajadah ”. [Anonim]
- “Yakinlah ada sesuatu yang menantimu selepas banyak kesabaran (yang kau jalani) yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa pedihnya rasa sakit ”. [Iman Ali Bin Abu Thalib AS]

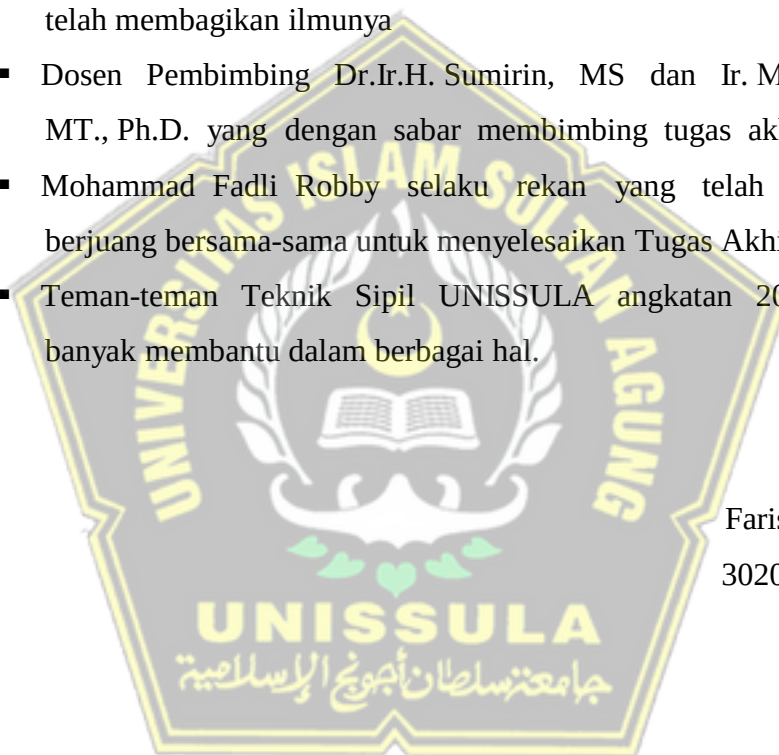


PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

- Kedua orang tua saya, kakak adik saya yang telah memberikan dorongan material dan spiritual.
- Dosen-dosen UNISSULA Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmunya
- Dosen Pembimbing Dr.Ir.H. Sumirin, MS dan Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D. yang dengan sabar membimbing tugas akhir kami
- Mohammad Fadli Robby selaku rekan yang telah bekerja keras, berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Teman-teman Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017 yang telah banyak membantu dalam berbagai hal.



Faris Niam Maulana
30201700068

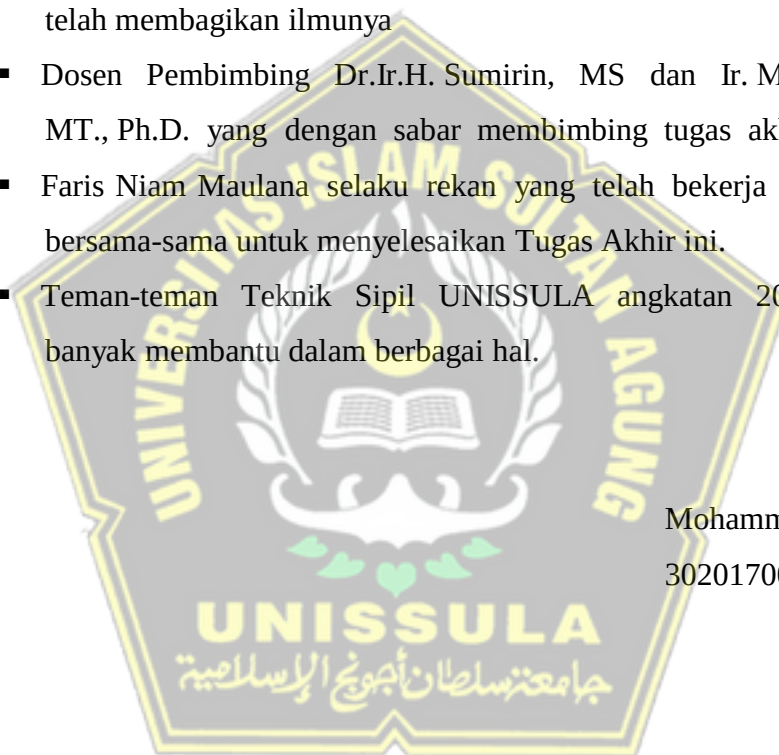
PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

- Kedua orang tua saya, kakak adik saya yang telah memberikan dorongan material dan spiritual.
- Dosen-dosen UNISSULA Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmunya
- Dosen Pembimbing Dr.Ir.H. Sumirin, MS dan Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D. yang dengan sabar membimbing tugas akhir kami
- Faris Niam Maulana selaku rekan yang telah bekerja keras, berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Teman-teman Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017 yang telah banyak membantu dalam berbagai hal.

Mohammad Fadli Robby
30201700105



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum wr.wb.

Syukur Alhamdulillah kita panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan judul “PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI MA’HAD IAIN SURAKARTA BERDASARKAN SNI 1726-2019 ”. Sholawat serta salam semoga selalu melimpah tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW dan para sahabat-Nya.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dengan selesainya Tugas Akhir ini tidak lepas pula kepada banyak pihak yang telah memberikan arahan dan masukan kepada kami. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Yth Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang.
2. Yth Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang.
3. Yth Bapak Dr.Ir.H. Sumirin, MS. Selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami dengan penuh ketelitian, kesabaran, pemikiran kritis, saran dan juga dorongan semangat.
4. Yth Bapak Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami dengan penuh kesabaran, kritis, saran, dorongan semangat dan pemikiran.
5. Seluruh dosen, staff dan karyawan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang.
6. Kedua Orang tua dan seluruh keluarga dari kami yang selalu mendo'akan dan memberikan perhatian atas dukungan moral, spiritual dan finansial selama penyusunan Tugas Akhir.

Kami menyadari keterbatasan ilmu pengetahuan, pengalaman dan juga kemampuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kami berharap kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan laporan tugas ke depannya menjadi lebih baik dan semoga bermanfaat bagi institusi pendidikan kedepannya. Aamiiin Wassalamu'alaikum wr.wb.

Semarang, Juli 2021

Faris Niam Maulana 30201700068

Moh. Fadli Robby 30201700105



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
ABSTRAK.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Data Teknis.....	4
2.3 Persyaratan Peraturan Struktur Tahan Gempa	4
2.3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung	5
2.3.2 Klasifikasi Situs.....	7
2.3.3 Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum Tertarget (MCE_R)	9

2.3.4	Parameter Percepatan Spektral Desain	10
2.3.5	Spektrum Respons Desain	10
2.3.6	Kategori Desain Seismik (Kds)	11
2.3.7	Kombinasi Sistem Struktur dalam Arah yang Berbeda.....	11
2.3.8	Penentuan Periode Getar (T).....	12
2.3.9	Geser Dasar Seismik.....	13
2.3.10	Klasifikasi Struktur Beraturan dan Ketidakteraturan	14
2.3.11	Perencanaan Simpangan Antar Tingkat	16
2.3.12	Pengaruh P -delta.....	17
2.3.13	Analisis Spektrum Respons Ragam	17
2.4	Sistem Rangka Pemikul Momen	18
2.4.1	Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	19
2.4.2	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	19
2.4.3	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	20
2.5	Desain Plat.....	26
2.6	Pembebanan.....	27
BAB III	METODE PERENCANAAN	29
3.1	Pengumpulan Data	29
3.2	Perencanaan dan Analisis Perhitungan.....	29
3.3	Peraturan Standar Perencanaan	30
3.4	Alur Penelitian.....	31
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	Deskripsi Umum Bangunan	32
4.2	Pradimensi Dan Permodelan Struktur	33
4.2.1	Pra Dimensi Elemen Struktur	33
4.2.2	Permodelan Struktur	35
4.2.3	Mutu dan Bahan	35

4.3	Modelling ETABS V18.....	36
4.3.1	Input <i>material properties</i>	36
4.3.2	Input <i>frame Section</i>	36
4.3.3	Input Beban Gempa <i>Respons Spektrum</i>	42
4.4	Formulasi Pembebanan Struktur	44
4.5	Analisa Desain Seismik.....	45
4.5.1	Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa	45
4.5.2	Klasifikasi Situs.....	45
4.5.3	Parameter Respon Spektral Gempa Tertarget (S_{ms} dan S_{m1})	46
4.5.4	Parameter Respon Spektral Gempa Desain (S_{ds} dan S_{d1})	46
4.5.5	Spektrum Respon Desain	47
4.5.6	Kategori Desain Seismik dan Sistem Gaya Gempa.....	48
4.5.7	Perhitungan Pusat Massa Tiap Lantai	48
4.5.8	Analisis Dinamis Getaran.....	49
4.5.9	Kontrol Hasil Analisa Dinamik Gempa	50
4.6	Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horisontal dan Vertikal	56
4.6.1	Ketidakteraturan Horisontal.....	56
4.6.2	Ketidakteraturan Vertikal	57
4.6.2.1	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak.....	57
4.6.2.2	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	58
4.6.2.3	Ketidakteraturan Berat (Massa).....	58
4.7	Kontrol Simpangan	59
4.8	Pengaruh <i>P-Delta</i>	60
4.9	Perencanaan Plat	61
4.10	Perencanaan Balok.....	70
4.10	Perencanaan Kolom	90
4.10.1	Pengecekan Struktur <i>Strong Column Weak Beam</i>	91
4.10.2	Perhitungan Tulangan Transversal Sebagai <i>Confinement</i>	93
4.10.3	Perhitungan Gaya Geser V_e	94
4.10.4	Hubungan Balok Kolom	96
4.11	Permodelan <i>Csi Detailing</i> Dan Perhitungan Volume Tulangan.....	98
4.11.1	Permodelan 3D Detail Penulangan	98

4.11.2 Perhitungan Volume Tulangan	99
BAB V PENUTUP	101
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spektrum Respon Desain	10
Gambar 2.2 Ketidakberaturan Horisontal	14
Gambar 2.3 Ketidakberaturan Vertikal	15
Gambar 2.4 Simpangan Antar Tingkat	16
Gambar 2.5 Syarat Dimensi Penampang Balok	21
Gambar 2.6 Contoh Penulangan Transversal Kolom	23
Gambar 2.7 Geser Rencana untuk Balok oleh Kuat Lentur Maksimum (M_{pr})	24
Gambar 2.8 Kapasitas Geser Kolom	26
Gambar 2.9 Arah Gaya Gempa	30
Gambar 3.1 Diagram Alur Perencanaan	31
Gambar 4.1 Gedung Ma'had IAIN Surakarta	32
Gambar 4.2 Gambar 3D Permodelan Struktur	35
Gambar 4.3 <i>Input Material Properties</i>	36
Gambar 4.4 <i>Input Balok Induk B1 500 x 250</i>	37
Gambar 4.5 <i>Input Balok B2 300 x 250</i>	37
Gambar 4.6 <i>Input Balok B3 300 x 200</i>	38
Gambar 4.7 <i>Input Stiffness Modification Factors</i>	38
Gambar 4.8 <i>Input Kolom K1 750 x 750</i>	39
Gambar 4.9 <i>Input Kolom K2 500 x 500</i>	39
Gambar 4.10 <i>Input Kolom K2 300 x 200</i>	40

Gambar 4.11 <i>Input Stiffness Modification Factors</i>	40
Gambar 4.12 <i>Input Pelat lantai S1 125mm</i>	41
Gambar 4.13 <i>Input Pelat lantai S2 125mm</i>	41
Gambar 4.14 <i>Input Stiffness Modification Factors</i>	42
Gambar 4.15 Penambahan Fungsi Respons Spektrum	43
Gambar 4.16 <i>Penambahan Load Cases Data Respon Spektrum</i>	43
Gambar 4.17 <i>Penambahan Load Cases Data Respon Spektrum</i>	44
Gambar 4.18 Grafik Nilai <i>Spektrum Respons</i> Percepatan Desain	47
Gambar 4.19 <i>Shear Comparisson To X Axis</i>	55
Gambar 4.20 <i>Shear Comparisson To Y Axis</i>	56
Gambar 4.21 Tipe Plat Lantai.....	61
Gambar 4.22 Tipe Plat Atap	65
Gambar 4.23 Balok Induk.....	70
Gambar 4.24 Nilai Torsi pada ETABS.....	71
Gambar 4.25 Penampang Diagram Balok	73
Gambar 4.25 Nilai Momen Tumpuan Balok ETABS.....	74
Gambar 4.26 Diagram Tegangan-Regangan Lentur Negatif Tumpuan.....	76
Gambar 4.27 Diagram Tegangan-Regangan Lentur Positif Tumpuan	79
Gambar 4.28 Nilai Momen Lapangan Balok pada ETABS.....	80
Gambar 4.29 Diagram Tegangan--Regangan Lentur Positif Lapangan	83
Gambar 4.30 Diagram Tegangan-Regangan Lentur Negatif Lapangan	84

Gambar 4.31 Diagram Interaksi P-M Spcol Kolom	91
Gambar 4.32 Diagram Interaksi pada Kolom untuk Menentukan Nilai Momen Nominal	92
Gambar 4.33 Gambar Gedung Versi <i>Output Csi Detailing</i> v18	98
Gambar 4.34 Gambar Kolom Versi <i>Output Csi Detailing</i> v18	98
Gambar 4.35 Gambar Balok Versi <i>Output Csi Detailing</i> v18	99
Gambar 4.36 Gambar Potongan Balok yang Ditinjau	89
Gambar 4.37 Gambar 3D Balok yang Ditinjau	100



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peraturan yang Digunakan.....	4
Tabel 2.2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Gempa	5
Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa	7
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs	8
Tabel 2.5 Koefisien Situs F_a	9
Tabel 2.6 Koefisien Situs F_v	9
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	
Percepatan pada Periode Pendek.....	11
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	
Percepatan pada Periode 1 Detik.....	11
Tabel 2.9 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	12
Tabel 2.10 Koefisien Pembatas Periode Getar Struktur	13
Tabel 2.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	13
Tabel 2.12 Ketidakberaturan Horisontal.....	14
Tabel 2.13 Ketidakberaturan Vertikal.....	15
Tabel 2.14 Simpangan Antar Tingkat Izin.....	17
Tabel 4.1 Dimensi Balok yang Digunakan pada Struktur Gedung.....	33
Tabel 4.2 Dimensi Kolom yang Digunakan pada Struktur Gedung	34
Tabel 4.3 Tebal Minimum Plat Dua Arah	34
Tabel 4.4 Data Parameter Respon Spektral Terpetakan	46
Tabel 4.5 Data Parameter Respon Spektral Gempa Desain.....	46

Tabel 4.6 Data Parameter Respon Spektral Desain	47
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Beban Tiap Lantai	49
Tabel 4.8 Ragam dan Periode Getar ETABS.....	49
Tabel 4.9 Nilai Hasil Partisipasi Massa Bangunan.....	51
Tabel 4.10 <i>Output</i> Gaya Geser Dasar Statik.....	53
Tabel 4.11 <i>Output</i> Gaya Geser Dasar Dinamik	54
Tabel 4.12 Perbandingan Gaya Geser Statik dan Dinamik.....	54
Tabel 4.13 <i>Output</i> Gaya Dinamik Setelah Pembesaran Gaya Gempa.....	55
Tabel 4.14 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Torsi Arah X	56
Tabel 4.15 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Torsi Arah Y	57
Tabel 4.16 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X	57
Tabel 4.17 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah Y	57
Tabel 4.18 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah X.....	58
Tabel 4.19 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah Y	58
Tabel 4.20 Pengecekan Ketidakberaturan Berat (Massa).....	59
Tabel 4.21 Simpangan Antar Lantai Struktur Arah X	59
Tabel 4.22 Simpangan Antar Lantai Struktur Arah Y	60
Tabel 4.23 Pengecekan <i>P</i> -delta Arah X.....	60
Tabel 4.24 Pengecekan <i>P</i> -delta Arah Y	61
Tabel 4.25 Momen Plat Lantai yang Ditinjau.....	62
Tabel 4.26 Momen Plat Atap yang Ditinjau	67
Tabel 4.27 Posisi Garis Netral dan Momen Nominal Tulangan Tumpuan.....	74

Tabel 4.28 Posisi Garis Netral dan Momen Nominal Tulangan Lapangan	81
Tabel 4.29 Gaya Aksial Lentur	90
Tabel 4.30 Volume Material Balok	100



Daftar Lambang dan Notasi

$\emptyset$	=	Faktor Reduksi
δ	=	Defleksi yang terjadi
δ_u	=	Defleksi Ultimate yang terjadi
δ_{xe}	=	Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis
λ	=	Angka kelangsingan
Δx	=	Simpangan antar lantai
ρ	=	Rasio tulangan
ρ_t	=	Rasio penulangan arah horizontal
A_{cv}	=	Luas penampang total dinding struktural
A_g	=	Luasan dimensi kolom (mm ²)
A_s	=	Luas tulangan tarik (mm ²)
A_s'	=	Luas tulangan tekan (mm ²)
A_{st}	=	Luas tulangan
b	=	Lebar balok (mm)
C	=	Koefisien respon gempa yang besarnya tergantung wilayah gempa dan waktu getar struktur
C_t	=	Koefisien rangka beton pemikul momen
C_u	=	Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung
C_v	=	Koefisien respon gempa vertikal
C_d	=	Faktor pembesaran defleksi

DL	=	Beban mati
d	=	Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan (mm)
db	=	Diameter batang tulangan (mm)
E_c	=	Modulus elastisitas beton (mpa)
EX	=	Beban gempa dinamis arah x
EY	=	Beban gempa dinamis arah y
F_c'	=	Kuat tekan beton (mpa)
f_y	=	Kekuatan leleh tulangan (mpa)
g	=	Besaran gravitasi
h	=	Tinggi balok (mm)
h_n	=	Ketinggian struktur (m)
h_x	=	Spasi horizontal maksimum untuk kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada muka kolom
I_e	=	Faktor keutamaan gempa
l_n	=	Panjang sisi terpanjang
l_o	=	Panjang minimum
L	=	Panjang balok (mm)
L_x	=	Panjang bentang arah x
L_y	=	Panjang bentang arah y
LL	=	Beban hidup
L_u	=	Tinggi kolom
L_w	=	Lebar dinding geser

MCE_R	=	Spektrum respons gempa minimum yang mempertimbangkan resiko tertarget
M_{nb}	=	Kekuatan lentur nominal balok
M_{nc}	=	Kekuatan lentur nominal kolom
M_n	=	Kekuatan lentur nominal pada penampang (Kn.m)
M_u	=	Momen terfaktor penampang (Kn.m)
M_{pr}	=	Momen lentur dari suatu komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial (Kn.m)
M_u	=	Momen yang terjadi pada penampang
M_x	=	Momen arah x (ton.m)
M_y	=	Momen arah y (ton.m)
n	=	Jumlah tulangan
P_n	=	Gaya tekan nominal (N)
P_u	=	Gaya aksial terfaktor (N)
P	=	Beban aksial yang bekerja pada kolom
q	=	Beban yang bekerja
R	=	Faktor reduksi gempa
r	=	Radius grasi penampang komponen struktur kolom
s	=	Jarak antar tulangan geser
S_1	=	Parameter respon spektral percepatan gempa mce_r terpetakan untuk periode 1 detik
S_{DS}	=	Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek
S_{D1}	=	Parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

S_s	=	Parameter respon spektral percepatan gempa mce_r terpetekan untuk periode pendek
SF	=	Safety factor = 2,5
T	=	Nilai time period
ΔT	=	Selisih time period
V	=	Beban gempa dasar nominal
V_c	=	Gaya geser yang dipikul beton
V_e	=	Gaya geser yang terjadi pada struktur
V_s	=	Gaya geser yang dipikul tulangan baja
W_t	=	Berat total struktur bangunan



PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI MA'HAD IAIN SURAKARTA BERDASARKAN SNI 1726:2019

Moh.Fadli Robby ¹⁾, Faris Niam Maulana ¹⁾, Sumirin ²⁾, M. Faiqun Ni'am ²⁾

ABSTRAK

Gedung Ma'had IAIN Surakarta terletak di Kota Surakarta. Saat ini, Kota Surakarta merupakan daerah yang termasuk dalam zona gempa ringan, untuk itu dilakukan perhitungan ulang struktur gedung Ma'had IAIN Surakarta 4 lantai dengan memerhitungkan parameter gaya gempa. Perhitungan gedung tersebut bertujuan untuk menganalisa gaya geser dasar, output gaya dalam, dan perhitungan penulangan struktur bangunan gedung.

Pemodelan struktur menggunakan bantuan program Analisa struktur ETABS versi 18. Perencanaan menggunakan desain struktur beton bertulang dengan system rangka pemikul monem khusus (SRPMK), serta mengacu pada peraturan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019.

Berdasarkan hasil Analisa, desain dengan sistem SRPMK yang memenuhi prinsip strong column weak beam menghasilkan balok G2 600x300 tulangan tarik 5D16 dan tulangan tekan 3D16 serta tulangan geser 2D16 dengan spasi 70 mm ditumpuan dan 150 mm di lapangan. Kolom K1 750x750 tulangan 32D19 dengan Sengkang lapangan 2D10-90 dan tumpuan 5D10-100, kolom K2 500x500 tulangan 24D19, kolom K3 300x300 tulangan 8D19.

Kata Kunci : Desain, Gempa, Struktur Gedung

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Unissula

²⁾ Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Unissula

PLANNING OF MA'HAD IAIN SURAKARTA 4-FLOOR BUILDING BASED ON SNI 1726:2019

Moh.Fadli Robby ¹⁾, Faris Niam Maulana ¹⁾, Sumirin ²⁾, M. Faiqun Ni'am ²⁾

ABSTRACT

The Ma'had IAIN Surakarta building is located in the city of Surakarta. At present, the city of Surakarta is an area that is included in the mild earthquake zone, for that reason, the structure of the 4-story Ma'had IAIN Surakarta building is carried out by taking into account the parameters of the earthquake force. The calculation of the building aims to analyze the basic shear force, output internal forces, and calculate the reinforcement of the building structure.

Structural modeling using the ETABS version 18 structural analysis program. The plan uses a reinforced concrete structure design with a special monem-bearing frame system (SRPMK), and refers to the regulations of SNI 2847-2019 and SNI 1726-2019.

Based on the analysis results , the design with the SRPMK system that complies with the strong column weak beam principle produces a G2 beam of 600x300 5D16 tensile reinforcement and 3D16 compression reinforcement and 2D16 shear reinforcement with 70 mm spacing supported and 150 mm in the field . K1 column 750x750 reinforcement 32D19 with field stirrups 2D10-90 and support 5D10-100, column K2 500x500 reinforcement 24D19, column K3 300x300 reinforcement 8D19.

Keywords: Design, Earthquake, Building Structure

1) Students of the Faculty of Engineering, Unissula Civil Engineering Study Program

2) Lecturer in the Faculty of Engineering, Unissula Civil Engineering Study Program

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan Struktur tahan gempa di Indonesia menjadi unsur yang sangat penting , Itu semua dikarenakan sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah yang cukup rawan akan terjadinya gempa. Hal itu disebabkan karena posisi Indonesia yang berada pada pertemuan 3 lempeng tektonik besar di dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng pasifik. Kondisi alam ini menyebabkan perlunya pemenuhan terhadap kaidah-kaidah pelaksanaan dan perencanaan sistem struktur tahan gempa di setiap bangunan yang akan didirikan pada wilayah yang memiliki tingkat kerawanan gempa menengah hingga tinggi. Hal ini bertujuan agar pada saat terjadinya gempa struktur bangunan dapat melindungi penghuni dari resiko gempa dan dapat meminimalisir jatuhnya korban jiwa.

Dalam perencanaan konstruksi bangunan yang tahan terhadap gempa digolongkan menjadi 3 macam sistem struktur rangka pemikul momen yaitu meliputi Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Untuk menentukan sistem rangka harus sesuai dengan tingkat kerawanan gempa untuk kategori desain seismik pada daerah tempat struktur bangunan berada. Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dapat diijinkan hanya dalam kategori desain seismik B (daerah dengan tingkat kerawanan rendah), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) digunakan untuk struktur bangunan maksimal dengan kategori desain seismik C (daerah dengan tingkat kerawanan sedang) dan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) digunakan pada bangunan dengan kategori desain seismik D, E atau F (daerah dengan tingkat kerawanan tinggi).

Desain struktur tahan gempa harus berdasarkan kriteria pada peraturan yang berlaku. Permodelan adalah deskripsi yang menggambarkan atau menjelaskan suatu objek. Model yang dibuat terdiri dari permodelan dua dimensi (2D), permodelan tiga dimensi (3D), dan permodelan empat dimensi (4D). Permodelan dalam konstruksi merupakan hal yang utama dilakukan ketika akan merancang sebuah struktur konstruksi bangunan. Permodelan dilakukan pada fase perencanaan sehingga pada fase ini dihasilkan suatu produk perencanaan yaitu DED (Detailed Engineering Design). Sebagai contoh kasus yaitu pada Gedung Ma'had IAIN Surakarta. Hal yang pertama dilakukan

dalam penelitian ini yaitu analisis inventarisasi permodelan bangunan menggunakan software ETABS v18 supaya mendapatkan hasil yang efektif dan efisien dalam penggunaan material serta manajemen yang lebih baik.

Tugas akhir ini dibuat dengan menggunakan model struktur bangunan Gedung Ma'had IAIN Surakarta yang memiliki 4 lantai dengan menggunakan struktur rangka beton bertulang dan memiliki fungsi sebagai tempat tinggal mahasiswa dengan mengetahui kondisi tanah dibawahnya adalah tanah sedang system dengan rangka pemikul momen yang digunakan adalah SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Gedung perkuliahan ini didesain sesuai standar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 1726:2019) dan Tata cara untuk perhitungan struktur beton bangunan gedung (SNI 2847:2019).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil perencanaan elemen-elemen struktur yang mengacu pada SNI 03-2847-2019 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung dan SNI 03-1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung ?
2. Bagaimana hasil perencanaan struktur Gedung IAIN Surakarta yang menggunakan kaidah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada kondisi beban gempa Response Spektrum SNI-1726-2019 ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penyusunan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Struktur gedung yang berfungsi sebagai gedung tempat tinggal
2. Gedung yang berlokasi di Surakarta dengan wilayah gempa 3 dengan tanah sedang dan struktur gedung beton bertulang yang beraturan dengan struktur daktail penuh.
3. Struktur yang direncanakan yaitu struktur atas gedung tanpa merencanakan struktur bawah (pondasi).
4. Pembebanan gedung meliputi :
 - a. Beban hidup (beban akibat fungsi bangunan sesuai dengan SNI 2019).
 - b. Beban mati (berat sendiri struktur)

- c. Beban Lateral (Beban gempa sesuai SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa tanpa memperhitungkan beban angin.
- d. Peraturan pembebanan berdasarkan SNI 1727-2020.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Analisis struktur terhadap beban gempa dengan standar SNI 1726:2019.
2. Perencanaan struktur atas yang meliputi pendimensian serta penulangan balok, kolom, pelat serta hubungan balok dan kolom (*Joint*) dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus pada kondisi beban gempa respon spektrum SNI 1726:2019.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Struktur adalah suatu elemen dari bagian suatu bangunan yang berfungsi untuk mendukung keberadaan elemen non struktur yang saling menguatkan seperti, kolom, balok, dan atap sehingga membentuk struktur yang dapat menahan beban sesuai perencanaan.

Adapun peraturan yang digunakan dapat melihat di Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Peraturan yang digunakan

No.	Peraturan	Tentang
1	SNI 2847:2019	Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
2	SNI 1726:2019	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung
3	SNI 1727:2020	Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur lain

2.2. Data Teknis

Spesifikasi material yang digunakan dalam perencanaan Gedung ini adalah sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu baja (f_y)
 - Tulangan utama : 420 MPa
 - Sengkang : 420 MPa
- Modulus Elastisitas , E_c : $4700 \cdot (f_c')^{0,5}$

2.3. Persyaratan Peraturan Struktur Tahan Gempa

Peraturan dan tata cara pada perencanaan struktur gempa di Indonesia yang tercantum pada SNI 1726-2019. Resiko gempa maksimum MCE_R diambil pada gempa dengan periode ulang sekitar 2500 tahun atau ekuivalen gempa yang mungkin terlewat besarnya selama umur struktur tersebut 50 tahun adalah 2%.

2.3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung

Menentukan kategori resiko struktur bangunan dan faktor keamanan sesuai dengan Tabel 3 SNI 1726-2019 pasal 4.1.2, kemudian pengaruh beban rencana terhadapnya dikalikan dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sebagaimana dicantumkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi	III
Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Gedung dan gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	IV
---	----

(Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 3)

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa(I_e)
I atau II	1.00
III	1.25
IV	1.50

(Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 4)

2.3.2 Klasifikasi Situs

Menentukan kalsifikasi situs tanah sesuai Tabel 5 SNI 1726:2019 pasal 5.3 dengan menggunakan SPT rata-rata ($\bar{N}$).

Tabel 2.4 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175 Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan / atau gambut (ketebalan $H > 3$ m - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

(Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 5)

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

2.3.3 Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum Tertarget (MCE_R)

Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs dengan rumus :

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.2)$$

Keterangan :

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

Koefisien situs periode pendek (F_a) dan perioda 1 detik (F_v) sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 6.2 pada Tabel 2.5 dan 2.6

Tabel 2.5 Koefisien situs F_a

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 6)

Tabel 2.6 Koefisien situs (F_v)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

(Sumber : SNI 1726:2019, tabel 7)

2.3.4 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1} , harus ditentukan dengan rumus berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.4)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter respon spektral percepatan desain perioda pendek

S_{D1} = parameter respon spektral percepatan desain perioda 1 detik.

2.3.5 Spektrum Respons Desain

Nilai Spektrum respon desain (S_a) ditentukan dari nilai T , T_0 dan T_s dengan mengacu pada Gambar 2.1 dan mengikuti ketentuan dari SNI 1926:2019 pasal 6.4

1. Nilai $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.5)$$

2. Nilai $T_0 < T < T_s$

$$S_a = S_{DS} \quad (2.6)$$

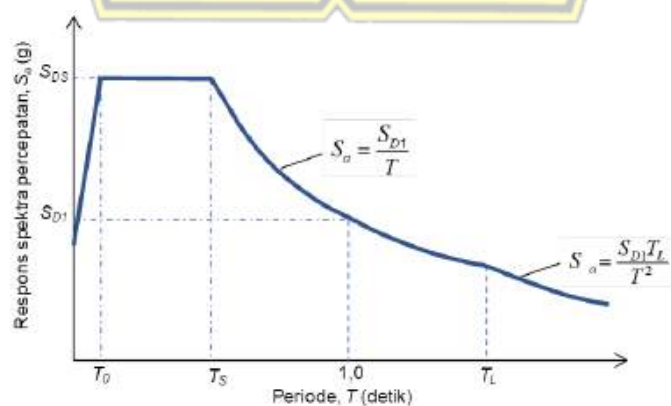
3. Nilai $T > T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.7)$$

4. Nilai T_s dan T_0 dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.8)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.9)$$



Gambar 2.1 Spektrum Respon Desain

(Sumber : SNI 1726 : 2019)

2.3.6 Kategori Desain Seismik (KDS)

Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 6.5. Berikut ini Tabel 2.7 dan 2.8 mengenai ketentuan Kategori Desain Seismik.

Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

(SNI 1726:2019, Tabel 8)

Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

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

(SNI 1726:2019, Tabel 9)

2.3.7 Kombinasi Sistem Struktur Dalam Arah yang Berbeda

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan dalam menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d dan Ω_0 harus diterapkan di setiap sistem berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2

Tabel 2.9 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
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 ^k	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^l	TI ^l	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 12)

2.3.8 Penentuan Periode Getar (T)

Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil dari koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) tabel 17 SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2 dan periode fundamental pendekatan (T_a), Nilai T_a ditentukan dengan rumus :

$$T_{\max} = C_u T_a \quad (2.10)$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.11)$$

Keterangan :

T = Periode getar struktur (detik)

C_u = Koefisien untuk batasan atas periode yang dihitung

T_a = Periode pendekatan (detik)

H_n = ketinggian struktur (m)

C_t dan x ditentukan dari tabel 18 SNI 1726:2019

Tabel 2.10 Koefisien Pembatas Periode Getar Struktur

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

(Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 17)

Tabel 2.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

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

(Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 18)

2.3.9 Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik dalam arah yang ditetapkan sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.1 dengan rumus sebagai berikut :

$$V = C_s W \quad (2.12)$$

$$C_s = \frac{(S_d s)}{\frac{R}{I_e}} \quad (2.13)$$

$$C_s \max = \frac{(S_d s)}{T(\frac{R}{I_e})} \quad (2.14)$$

$$C_s \min = 0,044 S_{DS} I_e > 0,01 \quad (2.15)$$

Untuk struktur yang $S_1 > 0,6$ g, maka nilai C_s dihitung dengan rumus :

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{(\frac{R}{I_e})} \quad (2.16)$$

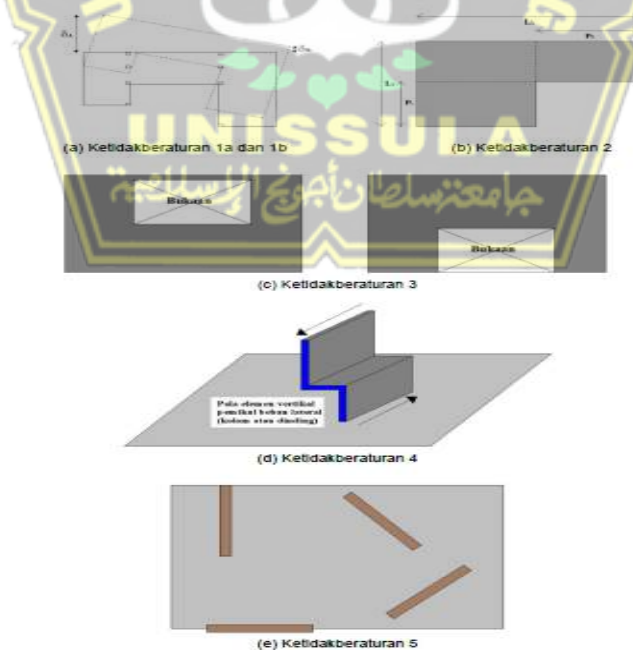
2.3.10 Klasifikasi Struktur Beraturan dan Ketidakberaturan

A. Ketidakberaturan Horizontal

Tabel 2.12 Ketidakberaturan Horizontal

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

(Sumber : SNI 1726:2019 tabel 13)



Gambar. 2.2 Ketidakberaturan Horizontal

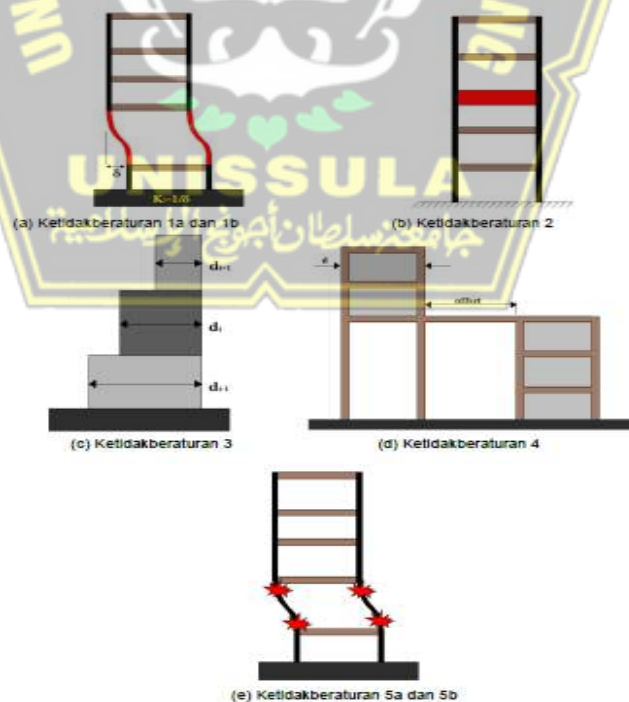
(Sumber : SNI 1726:2019)

B. Ketidakberaturan Vertikal

Tabel 2.13 Ketidakberaturan Vertikal

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

(Sumber : SNI 1726:2019 tabel 14)



Gambar. 2.3 Ketidakberaturan Vertikal

(Sumber : SNI 1726:2019)

2.3.11 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Penentuan simpangan antar lantai (Δ) dapat dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa diatas dan dibawah tingkat yang ditinjau. Simpangan pusat massa ditingkat-x (δ_x) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.17)$$

Keterangan :

C_d = Faktor amplifikasi simpangan lateral dalam tabel SNI 1726:2019

δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastik.

I_e = Faktor keutamaan gempa



Gambar 2.4 Simpangan Antar Tingkat

(Sumber : SNI 1726:2019)

Didapatkan nilai simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi nilai simpangan antar tingkat izin. Seperti ditetapkan dari Tabel 2.14 SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1 untuk semua tingkat.

Tabel 2.14 Simpangan Antar Tingkat Izin

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 tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

(Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 20)

2.3.12 Pengaruh P-delta

Pengaruh P-delta pada geser momen dan tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar tingkat yang diakibatkan tidak perlu dihitung bila koefisien stabilitas sama dengan atau kurang dari 0,10 pada SNI 1726:2019 pasal 7.8.7. Ditetapkan rumus sebagai berikut :

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x H_{sx} C_d} \quad (2.18)$$

Keterangan :

P_x = Beban desain vertikal total diatas tingkat x

Δ = Simpangan antar tingkat desain

I_e = Faktor keutamaan gempa

V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1

H_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

C_d = Faktor pembesaran defleksi dalam tabel 12 SNI 1726:2019

2.3.13 Analisis Spektrum Respon Ragam

A. Jumlah ragam

Analisis penentuan ragam getar alami untuk struktur. jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa total respon yang ditinjau

B. Kombinasi pembebanan

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 4.2.2 bahwa elemen struktur, dan komponen struktur harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

$$1. \quad 1,4 D \quad (2.19)$$

$$2. \quad 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \quad (2.20)$$

$$3. \quad 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W) \quad (2.21)$$

$$4. \quad 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \quad (2.22)$$

$$5. \quad 0,9 D + 1,0 W \quad (2.23)$$

Faktor beban L pada kombinasi 3,4 boleh diambil sama 0,5 untuk semua fungsi ruang apabila L_0 lebih kecil atau sama dengan 4,78 kN/m² kecuali ruang pertemuan publik dan garasi.

2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen

Berdasarkan SNI 1726:2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, ada beberapa sistem struktur yang diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem rangka pemikul momen adalah suatu system struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup yang terdapat dalam Gedung tersebut. Sedangkan beban angin dan beban gempa termasuk dalam beban lateral. Beban lateral adalah beban yang dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu :

- a) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk kategori desain seismik A dan B
- b) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk kategori desain seismik C
- c) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk kategori desain seismik D atau E

2.4.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

Hal – hal yang harus diperhitungkan dalam Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.3.2. balok harus mempunyai paling sedikitnya dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah penampang. Tulangan bawah yang menerus harus memiliki luas tidak kurang dari seperempat luas maksimum tulangan bawah. Tulangan ini harus diangkur untuk dapat mencapai kekuatan leleh tarik F_y pada muka tumpuan
2. Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.3.3. kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 (dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen) harus didesain untuk geser sesuai SNI 2847:2019 Pasal 18.3.3.

2.4.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen- komponen strukturnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Ketentuan- ketentuan untuk SRPMM mengacu pada SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, yaitu:

- a) Persyaratan SNI 2847:2019 pasal 18.4. berlaku untuk rangka momen menengah yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa.
- b) Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 pasal 18.4.2.4, yaitu pada balok yang memiliki gaya tekan aksial pada komponen struktur tidak melebihi $A_g f_c' / 10$. Apabila gaya tekan aksial lebih besar dari $A_g f_c' / 10$, detail tulangan sengkang balok pada rangka tersebut perlu berdasarkan 18.4.2.5 harus memenuhi SNI 2847:2019 pasal 25.7.2.2. dan salah satu diantara 25.7.2.3 atau 25.7.2.4. Apabila konstruksi pelat dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari sistem penahan gaya gempa, maka detail penulangan pada sembarang bentang yang menahan momen

akibat pengaruh gempa harus memenuhi SNI 2847:2019 pasal 18.4.5 tentang slab dua arah tanpa balok

2.4.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi). Struktur SRPMK diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktil (*Laily, 2019*). Berikut ketentuan komponen struktur rangka untuk SRPMK Mengacu SNI 2847:2019 Pasal 18.6, tentang kondisi perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung yang harus terpenuhi yaitu :

1. Persyaratan SNI 2847:2019 pasal 18.6, berlaku untuk rangka momen khusus yang membentuk system tahan gempa

2. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u ,
$$P_u < A_g f'_c / 10 \quad (2.24)$$

3. l_n bentang bersih komponen struktur dan d adalah tinggi efektif
$$l_n > 4d \quad (2.25)$$

4. $b_w > 0,3h$ (b_w adalah lebar komponen) (2.26)

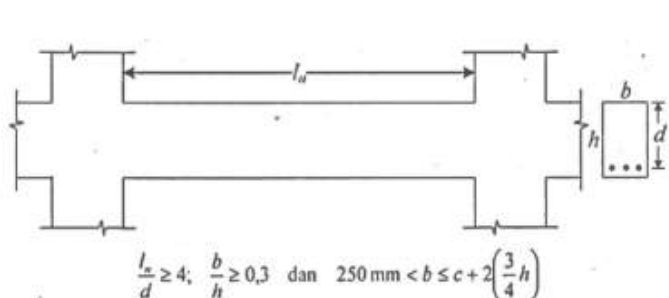
5. $250 \text{ mm} < b_w < c + 2 \left(\frac{3}{4} h \right)$ (2.27)

2.4.3.1 Balok

Berdasarkan SNI 2847:2019 balok harus memenuhi pasal 18.6. Berikut ini penjelasannya:

- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.3.2, kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang di sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka kedua joint.

- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.3.3, sambungan lewatan tu Sambungan lewatan tulangan longitudinal diizinkan jika Sengkang pengekan atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewatan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung-lewatan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada lokasi a) hingga c):
 - a) Dalam joint
 - b) Dalam joint jarak dua kali tinggi balok dari muka joint
 - c) Dalam jarak dua kali tingi balok dari penampang kritis dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik
- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.4.4, Sengkang pengekan pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu. Spasi sengkang pengekan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari a) hingga c) :
 - a) $d/4$
 - b) Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama, tidak termasuk tulangan longitudinal samping yang disyaratkan 9.7.2.3
 - c) 150 mm
- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.4.6, bila Sengkang pengekan tidak di perlukan, Sengkang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari sepanjang $d/2$ sepanjang bentang balok.



Gambar 2.5 Syarat dimensi penampang balok

(Sumber : Imran,2014)

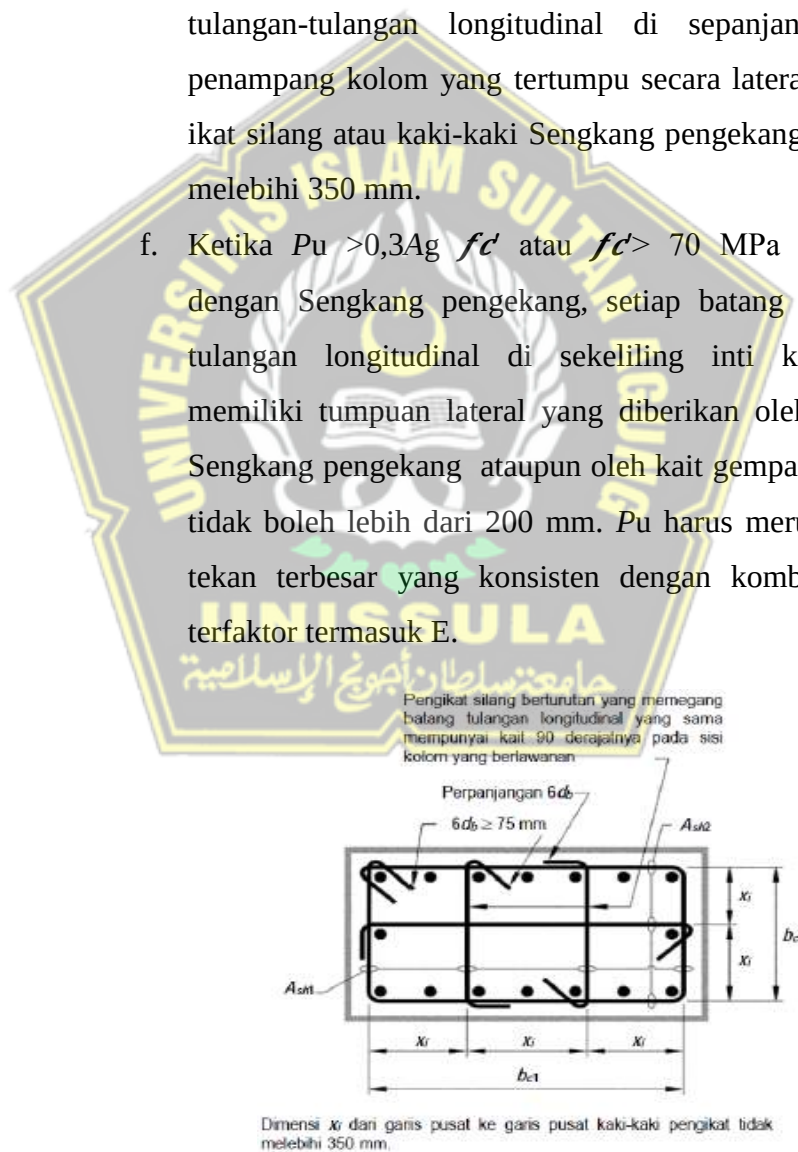
2.4.3.2 Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 kolom harus memenuhi pasal 18.7.

Berikut ini penjelasannya :

- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1. kolom harus memenuhi :
 - a. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm
 - b. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak kurang 0,4
- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.4, luas tulangan longitudinal Ast tidak boleh kurang dari 0,01 Ag dan tidak lebih dari 0,06 Ag pada kolom-kolom dengan Sengkang bundar, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6 , sambungan mekanisme harus memenuhi pasal 18.2.7 dan sambungan las 18.2.8. sambungan lewatan diizinkan hanya dalam daerah tengah tinggi kolom dan harus didesain sebagai sambungan lewatan Tarik dan harus dilingkupi tulangan transversal yang memenuhi pasal 18.7.5.2 dan 18.7.5.3. tulangan transversal yang di syaratkan 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang l_o dari masing-masing muka joint dan pada kesua sisi seberang penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastik. Panjang l_o tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara :
 - a. Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
 - b. Seperenam tinggi bersih kolom
 - c. 450 mm.
- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.2. tulangan transversal harus memenuhi antara lain :
 - a. Tulangan transversal harus terdiri dari spiral tunggal atau spiral saling tumpuk (*overlap*), sengkang pengekan bundar, atau sengkang pengekan persegi dengan atau tanpa ikat silang
 - b. Setiap tekukan ujung Sengkang pengekan persegi dan ikat silang harus mengait batang tulangan longitudinal terluar.

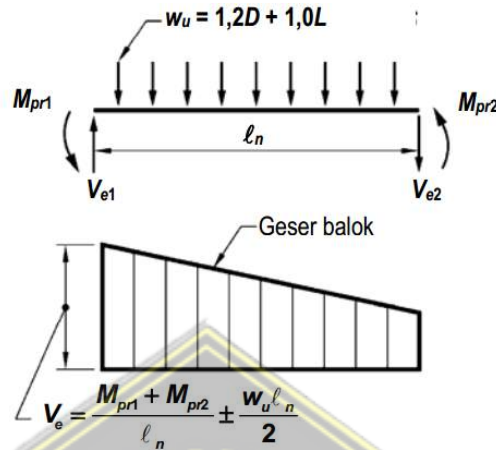
- c. Ikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil dari diameter sengkang pengekat diizinkan sesuai batasan 25.7.2.2. Ikat silang yang berurutan harus diselang seling ujungnya sepanjang tulangan longitudinal dan sekeliling perimeter penampang.
- d. Jika digunakan sengkang pengekat persegi ataupun ikat silang, tulangan transversal tersebut harus berfungsi sebagai tumpuan lateral untuk tulangan longitudinal sesuai 25.7.2.2 dan 25.7.2.3
- e. Tulangan harus diatur sedemikian sehingga spasi h_x antara tulangan-tulangan longitudinal di sepanjang perimeter penampang kolom yang tertumpu secara lateral oleh sudut ikat silang atau kaki-kaki Sengkang pengekat tidak boleh melebihi 350 mm.
- f. Ketika $P_u > 0,3A_g f'_c$ atau $f'_c > 70$ MPa pada kolom dengan Sengkang pengekat, setiap batang atau bundle tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan oleh sudut dari Sengkang pengekat ataupun oleh kait gempa, dan nilai h_x tidak boleh lebih dari 200 mm. P_u harus merupakan gaya tekan terbesar yang konsisten dengan kombinasi beban terfaktor termasuk E.



Gambar 2.6 Contoh tulangan transversal Kolom

(Sumber : Laresi, 2017)

Gaya geser desain ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka joint. Tulangan harus didesain untuk memikul gaya geser rencana yang ditimbulkan oleh kuat lentur maksimum yang bekerja pada muka tumpuan



Gambar 2.7 Geser rencana untuk balok oleh kuat lentur maksimum (M_{pr})

2.4.3.3 Kekuatan Geser

1. Geser Balok

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.5. ada beberapa ketentuan balok dalam kapasitas gaya geser terhadap menahan sebuah gaya yaitu:

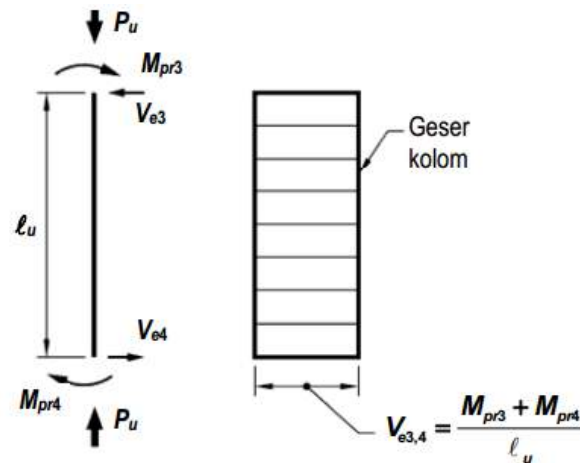
- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.5.1 Gaya desain – Gaya geser desain V_e harus dihitung dari tinjauan gayagaya pada bagian balok di antara kedua muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatanmomen lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , harus diasumsikan bekerja pada muka-muka joint dan balok dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor di sepanjang bentangnya
- Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.6.5.2, Tulangan transversal sepanjang daerah yang diidentifikasi dalam 18.6.4.1 harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana kedua a) dan b) terpenuhi:

- a) Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai 18.6.5.1 mewakili setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut
- b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c'/20$.

2. Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.1, ada beberapa ketentuan balok dalam kapasitas gaya geser terhadap menahan sebuah gaya yaitu:

- a. Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.1, gaya geser V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gayagaya maksimum yang dapat terjadi dimuka-muka joint pada setiap ujung kolom. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , di setiap ujung kolom yang terkait dengan rentang beban aksial terfaktor, P_u , yang bekerja pada kolom. Geser kolom tersebut diatas tidak melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan joint berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke joint. Nilai V_c tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan Analisa struktur.
- c. Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.2.1, Tulangan transversal sepanjang daerah yang diidentifikasi dalam 18.7.5.1 harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana kedua a) dan b) terpenuhi:
 - a) Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai 18.7.6.1 mewakili setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut
 - b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c'/20$



Gambar 2.8 Kapasitas Geser Kolom

(Sumber : SNI 2847:2019)

2.5 Desain Pelat

a. Pelat Satu Arah

Tebal minimum yang ditentukan tercantum dalam Tabel 9.5 (a) SNI 2847:2019, berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau yang tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali jika perhitungan menunjukkan ketebalan yang kecil.

b. Pelat Dua Arah

Pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimum h harus memenuhi ketentuan berikut :

1. Nilai $\alpha_m \leq 0,2$ maka h minimum berlaku sesuai pada pasal 8.3.1.1 (2.28)

2. Nilai $0,2 < \alpha_m < 2$ maka h minimum tidak boleh kurang dari,

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (2.29)$$

dan h tidak boleh kurang dari 125 mm

3. Nilai $\alpha_m > 2,0$ maka h minimum tidak boleh kurang dari,

$$h = \frac{pn \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2.30)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

2.6 Pembebanan

Perencanaan Pembebanan pada struktur Gedung terdiri atas beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

2.8.1 Beban Mati

Menurut SNI 1727:2019 pasal 3.1, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya.

2.8.2 Beban Hidup

Menurut SNI 1727:2019 pasal 4.1, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna atau penghuni bangunan tersebut atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati

2.8.3 Beban Gempa

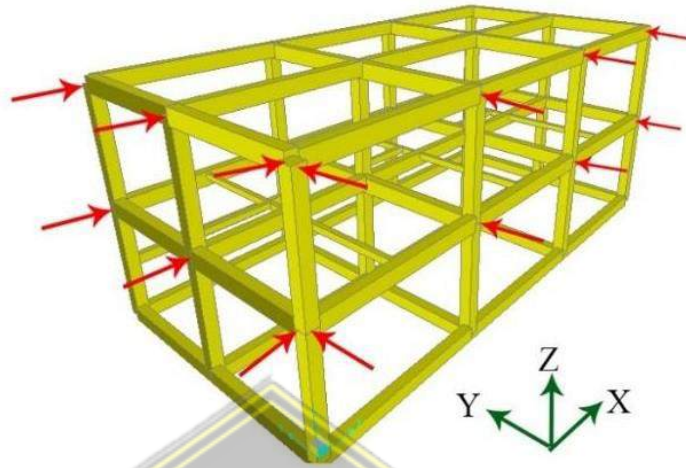
Menurut PPIUG pasal 1.0.4, beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

Dalam perencanaan gedung ini, beban gempa dihitung menggunakan analisa respons sepektrum.

a. Arah kriteria pembebanan

- Untuk KDS B, arah penerapan gaya gempa berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.5.2 yang menetapkan bahwa gaya gempa terjadi pada dua arah ortogonal.
- Untuk KDS C, arah penerapan gaya gempa menggunakan SNI 1726:2019 pasal 7.5.3.a yang menetapkan bahwa 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk tegak lurus.
- Untuk KDS D sampai F, arah penerapan gaya gempa menggunakan SNI 1726:2019 pasal 7.5.4 yang menetapkan paling kritis akibat penerapan gaya seismic dalam adalah

semua arah yang sama dengan atau lebih dari 20% kuat desain aksial kolom atau dinding.



Gambar 2.9 Arah Gaya Gempa



BAB III

METODE PERENCANAAN

3.1 Pengumpulan Data

Data untuk melakukan penelitian ini dilakukan di IAIN Surakarta yang memiliki ketinggian gedung mencapai 4 lantai yang berlokasi di daerah Surakarta. Pengumpulan data dan informasi baik sekunder maupun data primer tentang gedung yang akan dijadikan objek penelitian. Pengumpulan data ini berfungsi untuk proses perencanaan dan melakukan analisis perhitungan struktur. Data – datanya meliputi :

1. Gambar Arsitektur Gedung
2. Data seismik wilayah tersebut

3.2 Perencanaan dan Analisis Perhitungan

Tahapan dari perencanaan dan analisis perhitungan struktur yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Permodelan Struktur Gedung

Permodelan struktur dibuat menggunakan program aplikasi Etabs v18 yang berdasarkan pada gambar arsitektur yang telah direncanakan. Program tersebut dapat membantu menghasilkan gaya internal dan eksternal akibat pembebanan yang terjadi.

2. Perhitungan Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur yaitu berupa beban hidup dan beban mati. Beban mati dan beban hidup diatur berdasarkan SNI 1727:2020 tentang beban minimum untuk perencanaan gedung dan struktur lain. Beban mati dinotasikan sebagai *dead*, dalam perhitungan software untuk *dead* adalah 1. Sedangkan beban hidup dinotasikan sebagai *live* dan dalam perhitungan program software untuk *live* adalah 0 .

3. Desain elemen struktur atas

Elemen struktur atas yaitu balok, kolom dan plat. Untuk hasil analisis struktur dapat diperoleh nilai gaya-gaya dalam, kemudian bisa ditentukan desain penulangan untuk menahan gaya yang terjadi.

4. Perencanaan dan permodelan elemen struktur

a. Perencanaan Struktur Atas

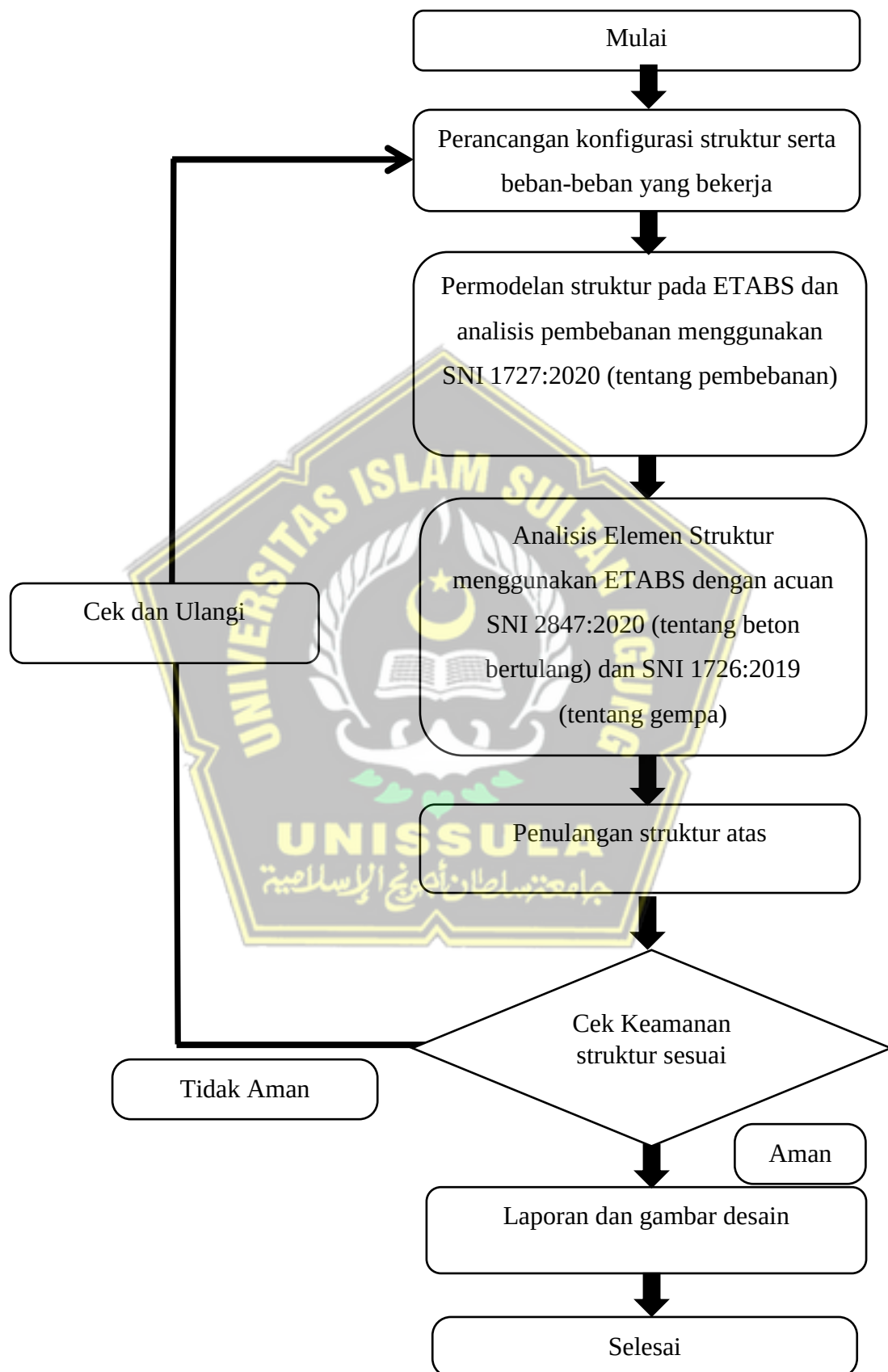
- Perencanaan Balok
 - Pradimensi dimensi balok
 - Permodelan pada Etabs v18
 - Pengumpulan data gaya momen, geser dan torsi
 - Pengecekan syarat lentur SRPMK
 - Mendesain penulangan lentur, transversal dan torsi
- Perencanaan Kolom
 - Pengumpulan data gaya aksial dan lateral dari Etabs
 - Pradimensi ukuran kolom dengan tulangan
 - Perhitungan diagram interaksi P-M menggunakan aplikasi *SpColumn*
 - Mendesain tulangan longitudinal
 - Perhitungan momen kapasitas kolom
 - Pengontrolan perilaku strong column weak beam
 - Perhitungan tulangan transversal sebagai confinement
 - Perhitungan gaya geser desain (V_e)
- Perencanaan Pelat
 - Menghitung M_{lx} , M_{ly} , M_{tx} dan M_{ty} .
 - Beban plat lantai sesuai SNI dan fungsi ruangan.
 - Perencanaan tulangan plat.
- Perencanaan hubungan balok kolom (joint)
 - Perhitungan gaya geser pada joint
 - Perhitungan tulangan transversal

3.3 Peraturan Standar Perencanaan

Peraturan yang digunakan sebagai acuan pembebanan dan analisa dalam perhitungan sebagai berikut :

1. SNI 1726:2019 (Tata cara ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung)
2. SNI 1727:2020 (Peraturan beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lainnya)
3. SNI 2847:2019 (Peraturan beton struktural untuk bangunan gedung)
4. Standar peraturan lain yang berlaku di Indonesia

3.4 Alur Perencanaan



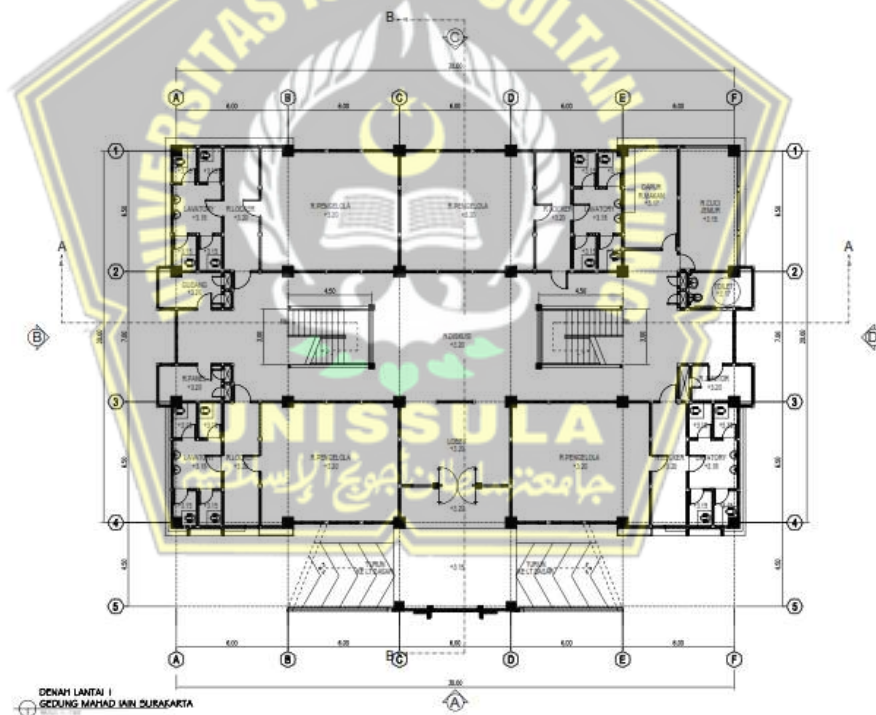
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Umum Bangunan

Gedung ini memiliki jumlah lantai yakni 4 lantai yang direncanakan menggunakan sistem ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang mengacu pada standar peraturan gempa SNI 1726:2019. Bangunan ini berfungsi sebagai Gedung asrama .

Secara umum, bangunan ini berfungsi sebagai gedung asrama yang memiliki 4 lantai yang mana lantai dasar berfungsi sebagai tempat parkir, didesain menggunakan beton bertulang dengan bentuk persegi panjang. Permodelan ETABS 2018



Gambar 4.1. Ma'had IAIN Surakarta

Deskripsi umum proyek	:
Nama Proyek	: Ma'had IAIN Surakarta
Lokasi	: Surakarta
Jumlah Lantai	: 3 + lantai dasar
Jenis Tanah	: Sedang

4.2. Pradimensi dan Pemodelan Struktur

4.2.1 Pra Dimensi Elemen Struktur

1. Balok

Pradimensi balok dapat ditentukan menggunakan Tabel 9.3.1.1 pada SNI 2847:2019. Oleh karena itu, didapatkan ukuran balok sebagai berikut :

- $B1 \ H_{min} = \frac{L1}{16} = \frac{7000}{16} = 500.00 \text{ mm}$
- $B1 \ B_{min} = 0,5 \ H = 250.00 \text{ mm}$

Dimensi balok yang digunakan ditunjukkan pada tabel 4.1,

Tabel 4.1. Dimensi Balok yang Digunakan pada struktur Gedung

BALOK	L terpanjang(cm)	H(cm)	B(cm)
G0	700	70	35
G1	650	70	30
G2	600	60	30
G3a	450	50	30
G3	450	40	20
B1	600	50	25
B2	700	30	25
B3	700	30	20
BI	600	30	12

2. Kolom

Penentuan dimensi kolom berdasarkan persamaan :

$$A_g \geq \frac{P}{0,25 \text{ hingga } 0,35 f_c'} \quad (4.1)$$

Perhitungan beban total yang bekerja pada kolom digunakan metode *tributary area*. Dengan metode ini, P dihitung dengan mengalikan beban per meter persegi yang bekerja diatas kolom yang memiliki *tributary area* terbesar dengan luas daerah pengaruh dalam meter persegi. Karena dianggap beban aksial tidak

hanya ditanggung oleh kolom, maka penulis berani mengambil *preliminary* (Bambang Budiono, 2017) :

$$Ag \geq \frac{P}{0,4 f_{c'}} \quad (4.2)$$

Sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 6.2.5, pengaruh kelangsingan pada komponen struktur tekan yang tidak dikekang secara lateral boleh diabaikan apabila :

$$k \times \frac{l_u}{r} \leq 22 \quad (4.3)$$

Keterangan :

k = Faktor panjang tekuk (jepit-jepit = 0,65)

l_u = Tinggi kolom

r = Radius girasi penampang komponen struktur kolom

Berdasarkan hasil pengecekan, dari *preliminary* tersebut diperoleh penampang kolom sebagai berikut :

Tabel 4.2. Dimensi Kolom yang Digunakan pada struktur Gedung

KOLOM	B(mm)	H(mm)
K1	750	750
K2	500	500
K3	300	300

3. Pelat

Sesuai dengan Tabel 8.3.1.1 SNI 2847-2019, tebal minimum balok nonprategang atau pelat dua arah ditentukan sebagai berikut :

Tabel 4.3 Tebal minimum pelat dua arah

f_c , MPa ^[2]	Tanpa drop panel ^[3]		Dengan drop panel ^[3]			
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

Untuk pelat nonprategang tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang Panjang terhadap pendek maksimum 2, ketebalan pelat keseluruhan h tidak boleh kurang dari batasan Tabel 4.3 , dan memiliki nilai terkecil 125 mm dengan pelat tidak memiliki *drop panel* .

4.2.2. Permodelan Struktur

Berikut merupakan bentuk 3D pemodelan struktur Gedung Ma`had IAIN Surakarta



Gambar 4.2. Gambar 3D pemodelan struktur

4.2.3. Mutu dan Bahan

Bahan struktur yang digunakan untuk analisis permodelan struktur adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton yang digunakan untuk bahan struktur, yakni plat, balok, kolom adalah :

$$F'_c = 30 \text{ MPa (K350)}$$

2. Mutu Baja Tulangan

$$F_y = 420 \text{ MPa (ulir, } d \geq 10 \text{ mm)}$$

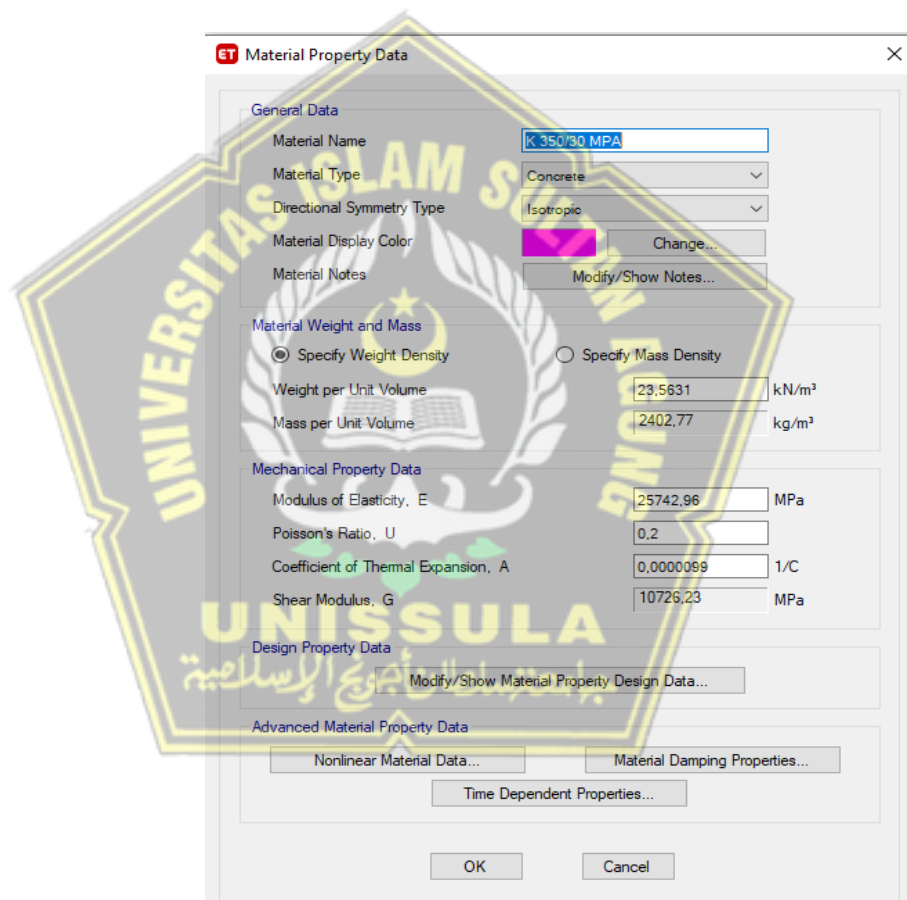
$$F_y = 240 \text{ MPa (polos, } d \leq 10 \text{ mm)}$$

4.3 MODELLING ETABS V.18

Struktur gedung Ma'had IAIN Surakarta yang direncanakan menggunakan aplikasi ETABS versi 18 , adapun urutan perencanaan sebagai berikut :

4.3.1. Input Material Properties

Material konstruksi beton bertulang menggunakan material beton K 350 untuk semua elemen struktur primer seperti balok , kolom, dan pelat . Input data material dilakukan dengan menggunakan ETABS dengan urutan menu pilihan sebagai berikut; *define - Material – Properties*



Gambar 4.3 *Input Material properties*

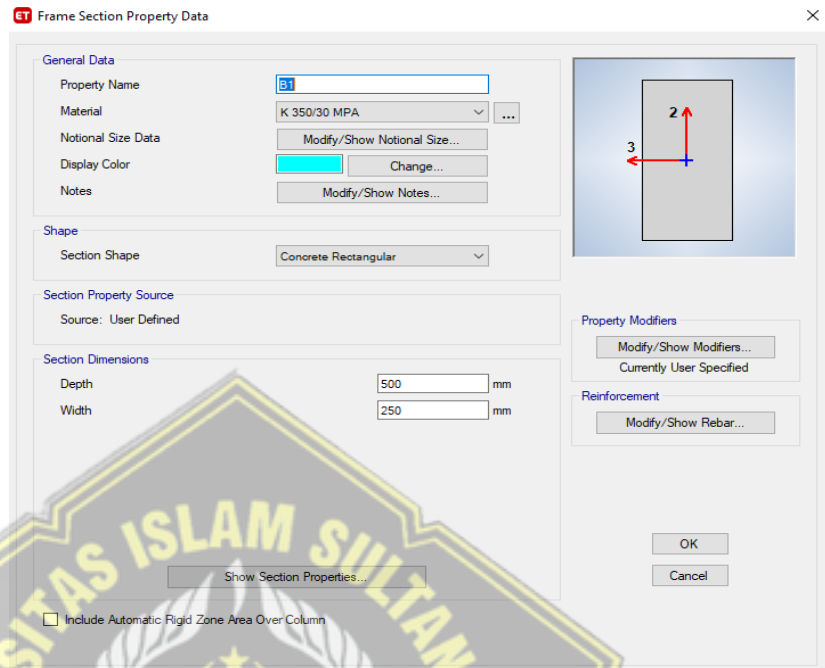
(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

4.3.2. Input Frame Section (Elemen Struktur)

Input data frame section adalah struktur primer yaitu balok, kolom dan pelat, Input *Frame Section* dilakukan dengan menggunakan ETABS dengan urutan menu pilihan sebagai berikut :

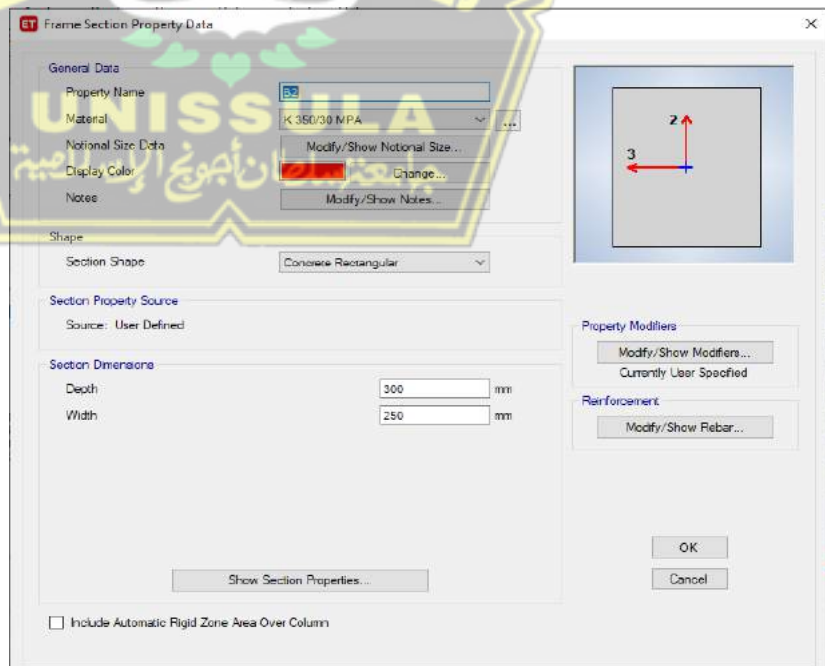
1) Input Data Balok

Adapun langkah dalam menginput data balok ke aplikasi ETABS adalah : *Define – Section Properties – Frame Section – Add New Property*



Gambar 4.4 Input Balok Induk B1 500x250

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)



Gambar 4.5 Input Balok B2 300x250

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

ET Frame Section Property Data

General Data

Property Name:

Material:

Notional Size Data:

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape:

Section Property Source

Source:

Section Dimensions

Depth: mm

Width: mm

Property Modifiers

Currently User Specified

Reinforcement

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Gambar 4.6 *Input Balok B3 300x200*

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

ET Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area:

Shear Area in 2 direction:

Shear Area in 3 direction:

Torsional Constant:

Moment of Inertia about 2 axis:

Moment of Inertia about 3 axis:

Mass:

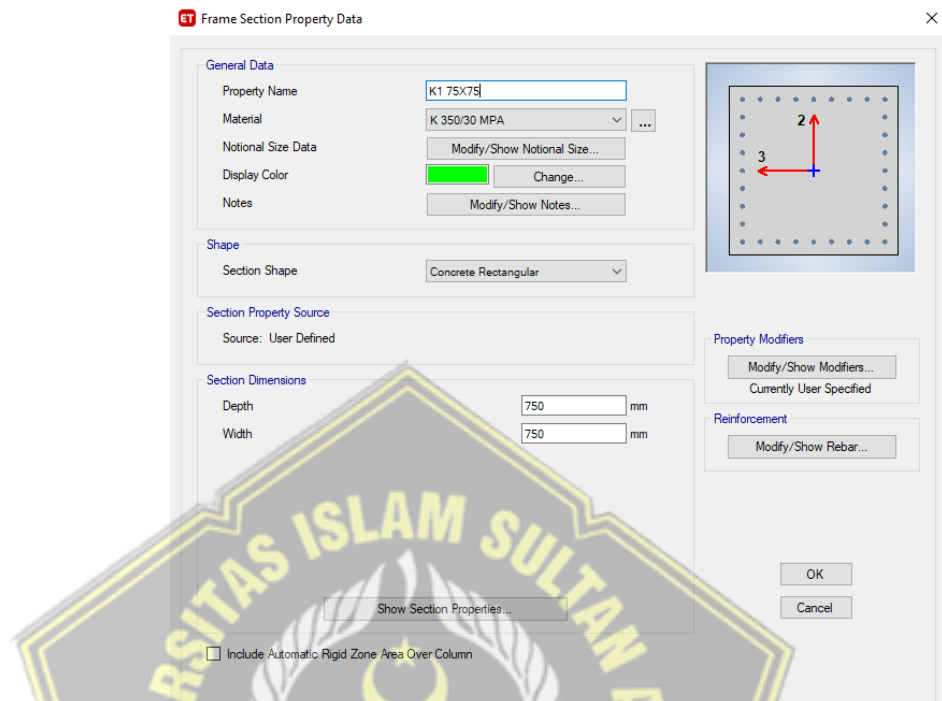
Weight:

Gambar 4.7 *Input Stiffness Modification factors*

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

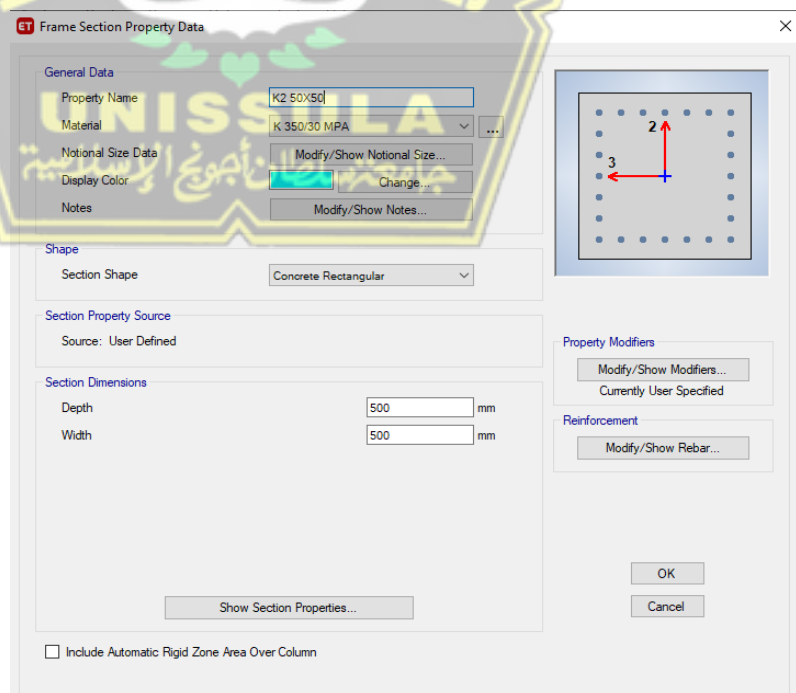
2) Data Kolom

Adapun langkah dalam menginput data kolom ke aplikasi ETABS adalah : *Define – Section Properties – Frame Section – Add New Property*



Gambar 4.8 Input Kolom Induk K1 750x750

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)



Gambar 4.9 Input Kolom K2 500x500

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: K3 300x30

Material: K 350/30 MPA

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

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 300 mm

Width: 300 mm

Section Property Source

Source: User Defined

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK Cancel

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Gambar 4.10 *Input Kolom K3 300x200*

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area: 1

Shear Area in 2 direction: 1

Shear Area in 3 direction: 1

Torsional Constant: 1

Moment of Inertia about 2 axis: 0,7

Moment of Inertia about 3 axis: 0,7

Mass: 1

Weight: 1

OK Cancel

Gambar 4.11 *Input Stiffness Modification factors*

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

3) Data Pelat

Adapun langkah dalam menginput data pelat ke aplikasi ETABS adalah *Define – Section Properties – Slab Section – Add New Property*

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box in ETABS. The 'General Data' section includes fields for 'Property Name' (PELAT S1), 'Slab Material' (K 350/30 MPA), 'Notional Size Data' (Modify/Show Notional Size...), 'Modeling Type' (Shell-Thin), 'Modifiers (Currently User Specified)' (Modify/Show...), 'Display Color' (a pink color swatch with a 'Change...' button), and 'Property Notes' (Modify/Show...). The 'Property Data' section shows 'Type' as 'Slab' and 'Thickness' as '125 mm'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Gambar 4.12 Input Pelat Lantai S1 125 mm

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

This screenshot is identical to the previous one, showing the 'Slab Property Data' dialog box for 'PELAT S2'. The 'General Data' section has 'Property Name' set to 'PELAT S2'. The 'Property Data' section shows 'Type' as 'Slab' and 'Thickness' as '125 mm'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Gambar 4.13 Input Pelat Lantai S2 125 mm

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Membrane f11 Direction	0,25
Membrane f22 Direction	0,25
Membrane f12 Direction	0,25
Bending m11 Direction	0,25
Bending m22 Direction	0,25
Bending m12 Direction	0,25
Shear v13 Direction	1
Shear v23 Direction	1
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Gambar 4.14 *Input Stiffness Modification factors*

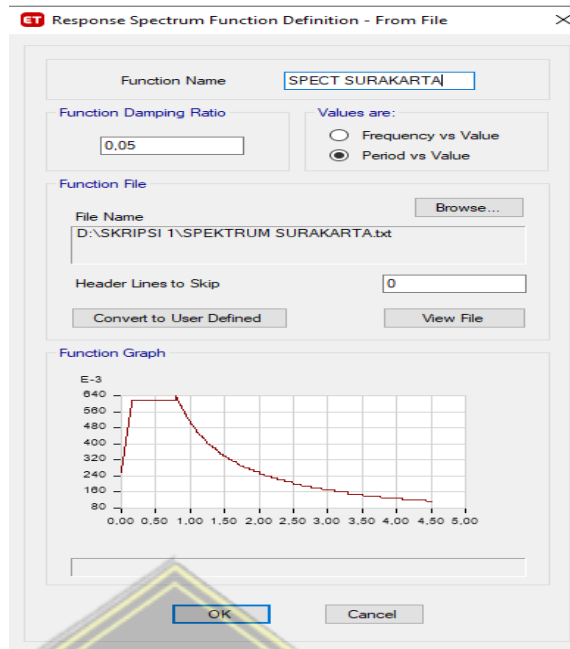
(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

4.3.3. **Input Beban Gempa Respons Spektrum**

Beban gempa dihitung dengan periode ulang 500 tahun. Dalam menghitung beban gempa pada gedung perkuliahan ini menggunakan prosedur yang ada pada SNI 1726:2019. Adapun urutan langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Mendapatkan nilai S_s dan S_1 dari Peta Hazard Periode gempa yang didapatkan dari website Desain Spektra Indonesia 2021
- 2) Memasukkan data untuk respons spektrum pada aplikasi ETABS v18, adapun langkahnya sebagai berikut :

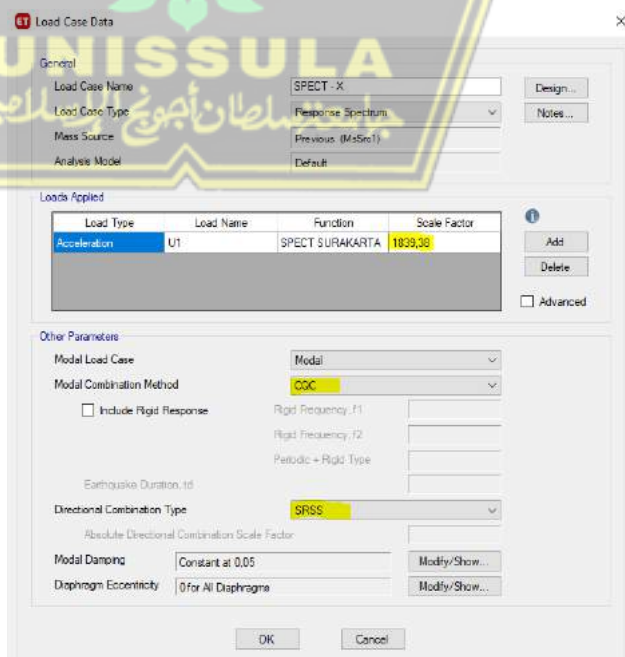
Define – functions – respons spektrum – kemudian memasukkan data yang telah didapatkan dari website Desain Spektra Indonesia ke dalam Respon spectrum function definition .



Gambar 4.15 Penambahan Fungsi Respons Spektrum

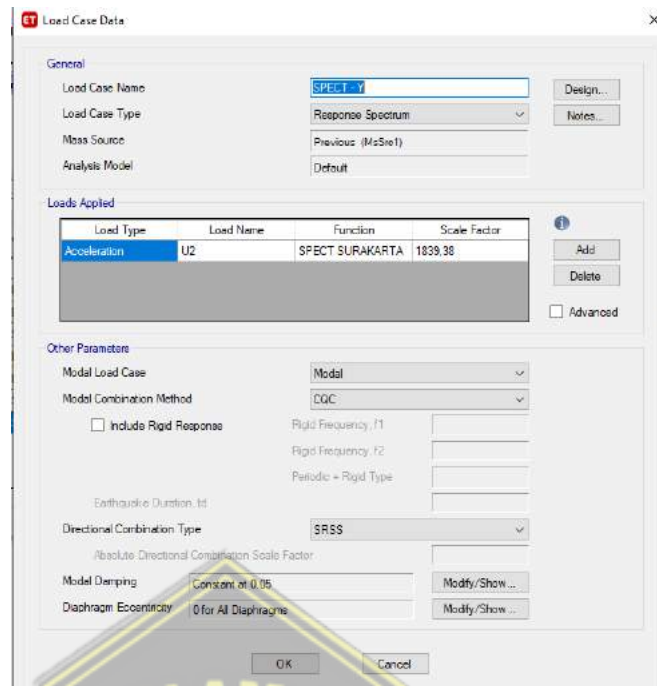
(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

- 3) Input beban gempa dari cara diatas ke dalam *Load Case* baik untuk X ataupun arah Y ,untuk arah X *Load name* menggunakan U1,adapun untuk arah y menggunakan *Load name* U2 , adapun langkahnya sebagai berikut;
Define – Load case – Add new Case – Load Case Type – Respons Spektrum – Input sesuai perencanaan



Gambar 4.16 Penambahan *Load Case Data* Respons Spektrum

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)



Gambar 4.17 Penambahan *Load Case Data* Respons Spektrum

(Sumber : Dokumen Penulis,2021)

4.4 Formulasi Pembebanan Struktur

Pada perencanaan gedung yang bersangkutan, kombinasi pembebanan yang digunakan disesuaikan dengan standard SNI 1727:2019 Pasal 2.3.1 dan kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik SNI 1727 : 2019 pasal 2.3.6 yaitu sebagai berikut :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$
6. $1,2D + 1,0 L \pm 1,0 (\rho QE + 0,2 Sds.DL) \pm 0,3 (\rho QE + 0,2 Sds.DL)$
7. $1,2D + 1,0 L \pm 0,3 (\rho QE + 0,2 Sds.DL) \pm 1,0 (\rho QE + 0,2 Sds.DL)$
8. $0,9D \pm 1,0 (\rho QE + 0,2 Sds.DL) \pm 0,3 (\rho QE - 0,2 Sds.DL)$
9. $0,9D \pm 0,3 (\rho QE + 0,2 Sds.DL) \pm 1,0 (\rho QE - 0,2 Sds.DL)$

Pembebanan beban mati pada permodelan struktur terdiri dari beban sendiri struktur dan beban mati tambahan berupa beban luasan merata yang dibebankan pada plat lantai, dengan anggapan bahwa beban mati tambahan tersebut berupa beban *plafond* , *finishing* lantai,dan penggantung, dan beban mati lainnya.

Namun, untuk standard pembebanan beban hidup yang bekerja pada pelat lantai mengacu pada Tabel 4.3.1 SNI 1727:2019. Beban hidup yang digunakan berbeda-beda tergantung fungsi dari bangunan dan ruangan tersebut. Beban hidup merata yang digunakan dalam analisis struktur adalah sebagai berikut :

1. Ruang Pribadi dan koridornya = 1,92 KN/m²
2. Koridor lantai 2 = 1,92 KN/m²
3. Koridor lantai 2 keatas = 1,92 KN/m²
4. Beban Finishing = 1,72 kN/m²

4.5 Analisa Desain Seismik

Pembebanan seismik pada struktur gedung dianalisis menggunakan acuan peraturan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung atau Non Gedung.

4.5.1 Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Gedung yang direncanakan merupakan gedung yang difungsikan sebagai asrama atau ma'had. Berdasarkan Tabel 3 SNI 1726:2019 gedung ini dikelompokkan dalam kategori resiko IV dengan nilai faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,50.

4.5.2 Klasifikasi Situs

SNI 1726:2019 mengenai klasifikasi situs nilai (N) dikategorikan sebagai Tanah Sedang (SD) dikarenakan $N > 50$. Parameter Respons Spektral Gempa Terpetakan (Nilai S_S dan S_1).

Parameter respons tabel gempa desain dapat dicari menggunakan Aplikasi Desain Spektra Indonesia tahun 2021 yang tersedia pada laman

resmi PUPR Indonesia dengan cara menginput koordinat atau nama kota yang akan dibangun dan hasil akan otomatis diperoleh.

Nilai parameter respons tabel gempa desain pada lokasi Gedung Ma'had IAIN Surakarta akan dibangun ditunjukkan pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Data Parameter Respon Spektral Terpetakan

Variable	Nilai
PGA	0,3585
S_s	0,8234
S_1	0,3992

4.5.3 Parameter Respons Spektral Gempa Tertarget (Nilai S_{ms} dan S_{m1})

Nilai parameter spektrum respon percepatan gempa tertarget pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}) disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs dapat diperoleh menggunakan Aplikasi Desain Spektra Indonesia 2021 pada laman resmi Kementerian PUPR. Dengan menggunakan data koordinat dari lokasi gedung yang direncanakan pada laman tersebut dan dengan menentukan jenis tanahnya didapat nilai parameter respons spektral gempa tertarget ditunjukkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Data Parameter Respons Spektral Gempa Desain

Variable	Nilai
$S_{ms}(g)$	0,960
$S_{m1}(g)$	0,765

4.5.4 Parameter Respons Spektral Gempa Desain (Nilai S_{ds} dan S_{d1})

Penentuan nilai parameter respons percepatan gempa desain pada periode pendek (S_{ds}) dan periode 1 detik (S_{d1}) disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs dapat diperoleh menggunakan Aplikasi Desain Spektra Indonesia 2021 pada laman resmi Kementerian PUPR. Dengan menggunakan data koordinat dari lokasi gedung yang direncanakan pada

laman tersebut dan dengan menentukan jenis tanahnya didapat nilai parameter respons spektral gempa tertarget ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Parameter Respons Spektral Desain

Variable	Nilai
Sds	0,64
Sd1	0,51

4.5.5 Spektrum Respons Desain

Spektrum respon desain dapat dihitung dengan acuan Pasal 6.4 SNI 1726:2019. Nilai-nilai perioda yang dibutuhkan pada pembuatan spektrum response desain dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan yang terpadat pada SNI yang dimulai dari T_0 , T_s hingga perioda-perioda selanjutnya.

Spektrum respon dapat juga diperoleh secara otomatis melalui laman resmi yang disediakan Kementerian PUPR sehingga penentuan Spektrum Respons Desain dapat dilakukan secara otomatis. Nilai spektrum percepatan desain yang didapat dari laman tersebut ditampilkan dengan dibuat grafik hubungan antara periode dan respon percepatan gempa. Grafik tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik Nilai Spektrum Respons Percepatan Desain Website Resmi Kementerian Pekerjaan Umum.

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

4.5.6 Kategori Desain Seismik dan Sistem Gaya Gempa

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu Kategori Desain Seismik yang sesuai dengan Tabel 8 dan 9 SNI 1726:2019. Berdasarkan penentuan sebelumnya, gedung yang direncanakan termasuk dalam Kategori Resiko IV dan memiliki nilai $S_{DS} \geq 0,5$ dan nilai $S_{D1} \geq 0,2$ sehingga penentuan Kategori Desain Seismik dapat menggunakan Tabel 9 dan 8 SNI 1726:2019. Dari Tabel tersebut diperoleh gedung ini termasuk dalam Kategori Desain Seismik D.

Sistem penahan gempa lateral dan vertikal dasar pada struktur gedung ini direncanakan memiliki penahan gaya seismik berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dari beton bertulang. Mengacu pada Tabel 12 mengenai faktor modifikasi respons dan pembesaran defleksi pada SNI 1726:2019 ditentukan bahwa koefisien modifikasi respons (R) = 8 dan faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5.

4.5.7 Perhitungan Pusat Massa Tiap Lantai

Perhitungan beban gempa pada struktur diperlukan penentuan nilai massa di setiap lantainya di mana beban yang digunakan merupakan beban mati yaitu beban struktur tiap lantai itu sendiri dan beban hidup yang bekerja pada pelat pada lantai tersebut. Kombinasi pembebanan yang digunakan yaitu 100% beban mati ditambah minimum 25% beban hidup sesuai dengan SNI 1726 pasal 7.7.2.

$$W = 100 \% DL + 25 \% LL \quad (4.4)$$

keterangan:

W = Berat Seismik Efektif

DL = Beban mati (berat sendiri) struktur pada setiap lantai gedung

LL = Beban hidup total pada setiap lantai gedung

Penentuan massa dan pusat massa pada setiap lantainya diperoleh dengan menghitung volume struktur beton pada setiap lantainya dan digunakan sebagai beban sendiri struktur sedangkan untuk beban hidup

yang bekerja pada pelat lantai harus sesuai dengan Tabel 4.3-1 SNI 1727:2019. Hasil dari perhitungan beban setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 4.7

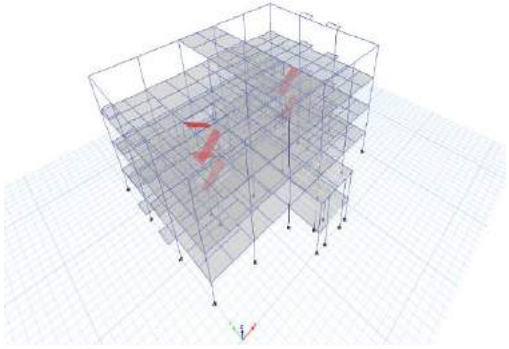
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Beban Tiap Lantai

Lantai	Massa (kg)	Pusat Massa X (m)	Pusat Massa Y (m)
Lantai <i>Roof</i>	85947,07	15	14,5
Lantai 3	372198,27	15	14,5
Lantai 2	429679,81	15	14,5
Lantai 1	447040,45	15	14,5
TOTAL	1334865,6		

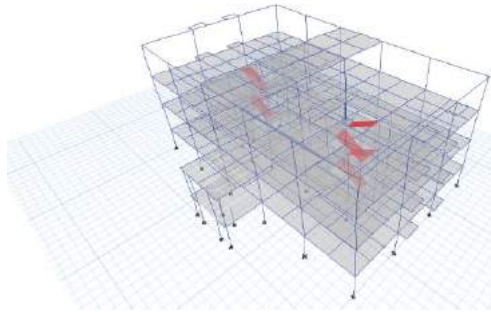
4.5.8 Analisis Dinamis Getaran

Analisa dinamis getaran bebas akibat gempa dilakukan dengan bantuan *software* ETABS dan menunjukkan ragam gempa yang terjadi. Bentuk ragam yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Menampilkan bentuk ragam dan periode getar ETABS

	Ragam 1 $T = 0,51$ Translasi arah X
---	--

Tabel 4.8 Menampilkan bentuk ragam dan periode getar ETABS (Lanjutan)

	Ragam 2 $T = 0,47$ Translasi Arah Y
	Ragam 3 $T = 0,46$ Rotasi Z

4.5.9 Kontrol Hasil Analisa Dinamik Gempa

1. Kontrol Bentuk Ragam dan Partisipasi Massa Bangunan

Pada SNI 1726 Pasal 7.9.1 jumlah pola getar yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam harus mencakup partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 100% dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Berikut ini adalah hasil partisipasi massa dari hasil analisis ETABS yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nilai Hasil Partisipasi Massa Bangunan

Ragam	Periode (detik)	UX (%)	UY (%)	RZ(%)	Sum UX (%)	Sum UY (%)	SumR Z (%)
1	0,514	0,6813	0,00004904	0,0014	0%	38%	0%
2	0,475	0,0001	0,6835	0,0021	38%	38%	0%
3	0,468	0,0009	0,0021	0,6715	38%	38%	68%
4	0,234	0	0	0	38%	38%	68%
5	0,232	0,0389	0,000003112	0,000005143	38%	42%	68%
6	0,211	0	0,0806	0	51%	42%	68%
7	0,188	0,0864	0,00003879	0,0007	51%	62%	68%
8	0,176	0,0002	0,000002074	0,0833	51%	62%	76%
9	0,17	0	0,0199	0,000001577	55%	62%	76%
10	0,167	0	0,017	5,561E-07	59%	62%	76%
11	0,167	0,000004228	6,034E-07	0,0248	59%	62%	78%
12	0,161	0,000003048	0	0	59%	62%	78%
13	0,161	0,000003028	0	0	59%	62%	78%
14	0,16	0	0,000002433	0,0101	59%	62%	79%
15	0,148	0,000005771	0	0,0259	59%	62%	82%
16	0,147	0	0,0206	9,783E-07	64%	62%	82%
17	0,115	0,0756	0,0002	0,000001367	64%	74%	82%
18	0,11	0,0002	0,0614	0,000005753	74%	74%	82%
19	0,102	0,0001	0,000007056	0,0544	74%	74%	87%
20	0,065	0	0	0	74%	74%	87%
21	0,065	0,00004367	0	0	74%	74%	87%
22	0,056	0,1148	0,0001	0,0019	74%	100%	88%
23	0,055	0,0001	0,1143	0,00002762	100%	100%	88%
24	0,051	0,0012	0,00001508	0,124	100%	100%	100%

Dari Tabel 4.9 terlihat bahwa bangunan memiliki partisipasi massa yang di syaratkan berada pada modal ke 24 dengan modal yang ditinjau sebanyak 24 modal.

2. Kontrol Periode Fundamental Struktur

Nilai waktu fundamental struktur awal bangunan (T_a) yang di dapatkan dari hasil analisis model program struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung dari Tabel 17 SNI 1726:2019 dan periode fundamental pendekatan T_a yang ditentukan dari persamaan (36) SNI 1726:2019 dimana tinggi struktur (h_n) adalah 16 m dan nilai C_t dan x dapat diperoleh dari Tabel 18 SNI 1726:2019 sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_t = 0,0488 \text{ (untuk rangka beton pemikul momen)}$$

$$x = 0,75 \text{ (untuk rangka beton pemikul momen)}$$

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \cdot h_n^x \\ &= (0,0488) \times (16)^{0,75} = 0,372 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan pada SNI 1726:2019 , periode getar struktur (T) tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan pada periode getar yang dihitung (C_u), seperti tertera pada Tabel 17 SNI 1726:2019 didapat nilai sebagai berikut,

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,372 \\ &= 0,521 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.9 didapatkan nilai periode arah x dan arah y berdasarkan partisipasi massa terbesar yang terjadi pada ragam 1 dan 2 adalah,

$$T_{cx} = 0,51 \text{ detik} < T_{max} = 0,521$$

$$T_{cy} = 0,47 \text{ detik} < T_{max} = 0,521$$

Karena periode getar struktur gedung yang didapat dari hasil perhitungan lebih kecil dari T_{max} , maka untuk perhitungan beban gempa pada struktur gedung, sudah sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.8.2 tentang kontrol periode fundamental struktur.

3. Kontrol Gaya Geser

Perhitungan nilai gaya geser dasar dihitung berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1.1 dengan menghitung nilai koefisien respons seismik (C_s) terlebih dahulu sebagai berikut :

$$C_s = \frac{Sds}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,64}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,12 \text{ g}$$

$$C_{s \text{ max}} = \frac{Sds}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,64}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,25 \text{ g}$$

$$C_{s \text{ min}} = 0,044 \cdot Sds \cdot I_e = 0,044 \cdot 0,64 \cdot 1,5 = 0,0422 \text{ g}$$

Nilai yang dihasilkan menunjukkan C_s tidak melebihi $C_{s \text{ max}}$ maka digunakan adalah $C_s = 0,12 \text{ g}$. Perhitungan gaya geser dasar seismik statik yang dihasilkan ETABS didapatkan nilai yang ditampilkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Output Gaya Geser Dasar Statik

Lantai	Elevasi (m)	F_x (kN)	F_y (kN)
Lantai Roof	15	209,01	150,37
Lantai 3	11	871,35	708,043
Lantai 2	7	1356,40	1221,61
Lantai 1	3	1571,403	1571,40
Total		4008,185198	3651,43

Perhitungan gaya geser seismik statik yang dihasilkan ETABS tidak boleh diambil kurang dari 100% sebagai persyaratan nominal dan perhitungan gaya geser dasar seismik dinamik yang dihasilkan ETABS didapatkan nilai pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Output Gaya Geser Dasar Dinamik

Lantai	Elevasi (m)	F_x (kN)	F_y (kN)
Lantai <i>Roof</i>	15	0	0
Lantai 3	11	719,1123	717,54
Lantai 2	7	1019,6245	1022,13
Lantai 1	3	1120,9985	1125,1
Total		2859,7353	2864,77

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1, hasil akhir gaya geser dinamik struktur terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam satu arah tertentu tidak boleh diambil kurang dari 100% dari nilai respons ragam pertama atau dapat disimpulkan,

$$V_{\text{dinamik}} \geq 100 \% V_{\text{statik}} \quad (4.5)$$

Perbandingan antara V_{dinamik} dan 100 % V_{statik} ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perbandingan Gaya Geser Dasar Statik dan Dinamik

	V_{dinamik} (kN)	V_{statik} (kN)	$V_{\text{dinamik}}/V_{\text{statik}} \times 100$ % = 100%
Sumbu X	2859,7353	4008,19	71% (tidak Memenuhi)
Sumbu Y	2864,77	3651,43	78% (tidak Memenuhi)

Nilai V_{dinamik} masih kurang dari 100 % V_{statik} , sehingga dilakukan pembesaran gaya gempa dengan cara gaya dikalikan dengan ($V_{\text{statik}}/V_{\text{dinamik}}$) sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 yaitu sebagai berikut :

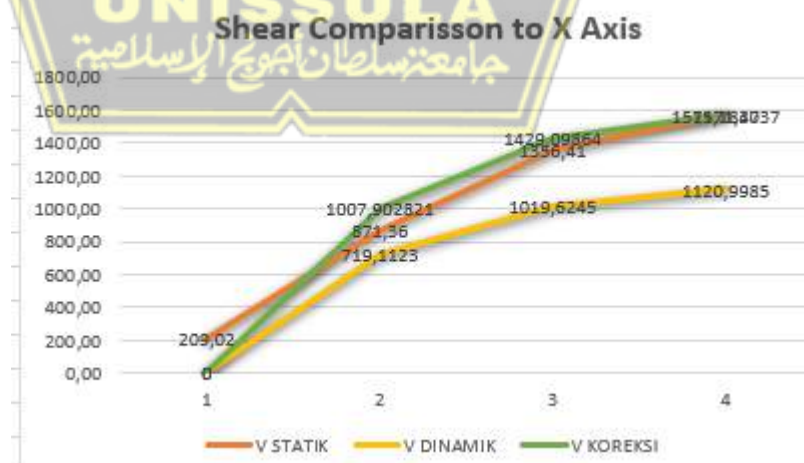
$$\text{Faktor Pembesaran gempa arah } x = \frac{4008,19}{2859,753} = 1,4$$

$$\text{Faktor Pembesaran gempa arah } y = \frac{3651,43}{2846,77} = 1,27$$

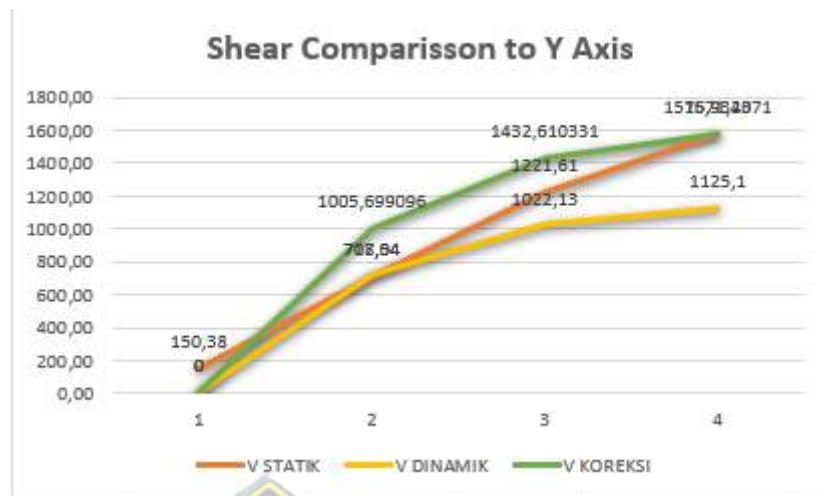
Kemudian gempa diperbesar pada kedua arah sehingga diperoleh nilai gaya geser dasar dinamik dengan nilai ditampilkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Output Gaya Dinamik Setelah Pembesaran Gaya Gempa

Lantai	Elevasi (m)	F_x (kN)	F_y (kN)
Lantai Roof	15	0	0
Lantai 3	11	1007,902821	1005,699096
Lantai 2	7	1429,09864	1432,610331
Lantai 1	3	1571,183737	1576,932371
Total		4008,185198	4015,241798



Gambar 4.19 Shear Comparisson to X Axis



Gambar 4.20 Shear Comparisson to Y Axis

4.6 Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Horisontal dan Vertikal

4.6.1 Ketidakberaturan Horisontal

Berdasarkan SNI 1726:2019 , tipe ketidakberaturan torsi 1a dan torsi 1b ditentukan berdasarkan defleksi maksimum (δ_{max}), defleksi minimum (δ_{min}), dan defleksi rata-rata (δ_{avg})

$\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$ = tanpa ketidakberaturan torsi

$1,2 \delta_{avg} < \delta_{max} < 1,4 \delta_{avg}$ = ketidakberaturan torsi 1a

$\delta_{max} > 1,4 \delta_{avg}$ = ketidakberaturan 1b

Tabel 4.14 Pengecekan ketidakberaturan horizontal torsi arah x

Story	δA (mm)	δAi (mm)	δb (mm)	δBi (mm)	δMAX (mm)	$\delta AVERAGE$ (mm)	1,2 $\delta AVERAGE$ (mm)	1,4 $\delta AVERAGE$ (mm)	Ketidakteraturan torsi	Ketidakteraturan torsi
LT ATAP	11,483	2,88	11,221	2,84	2,88	2,86	3,432	4,004	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
LT 3	8,603	4,084	8,381	3,392	4,084	4,038	4,8456	5,6532	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
LT 2	4,519	3,326	4,389	3,231	3,326	3,2785	3,9342	4,5899	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
LT 1	1,193	1,193	1,158	1,158	1,193	1,1755	1,4106	1,6457	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
0										
0										
0										
0										

Tabel 4.15 Pengecekan ketidakberaturan Horizontal torsi arah Y

Story	δA (mm)	δA_i (mm)	δb (mm)	δB_i (mm)	δMAX (mm)	$\delta AVERAGE$ (mm)	1,2 $\delta AVERAGE$ (mm)	1,4 $\delta AVERAGE$ (mm)	Ketidakeraturan torsi	Ketidakeraturan torsi
LT ATAP	9,136	1,98	9,203	1,989	1,989	1,9845	2,3814	2,7783	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
LT 3	7,156	3,344	7,214	3,372	3,372	3,358	4,0236	4,7012	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
LT 2	3,812	2,771	3,842	2,794	2,794	2,7825	3,339	3,8955	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
LT 1	1,041	1,041	1,048	1,048	1,048	1,0445	1,2534	1,4623	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI	TANPA KETIDAK BERATURAN TORSI BERLEBIHAN
0										
0										
0										
0										
0										

4.6.2 Ketidakberaturan Vertikal

4.6.2.1 Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak

Ketidakeraturan ini didefinisikan ada jika suatu tingkat kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat diatasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat diatasnya.

Berikut ini tabel perhitungan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak :

Tabel 4.16 Pengecekan ketidakberaturan vertikal (tipe 1a) arah X

Story	hsx (mm)	h (mm)	δe (mm)	Δ (mm)	Story Drift	70%	KET	80%	RATA-RATA 3 TINGKAT DIATAS	KET
LT ATAP	15000	4000	8,651	31,72	0,0079	0,0056	OKE	0,0063	0,0079	OKE
LT 3	11000	4000	4,978	18,25	0,0046	0,0032	OKE	0,0037	0,0046	OKE
LT 2	7000	4000	2,522	9,25	0,0023	0,0016	OKE	0,0018	0,0023	OKE
LT 1	3000	3000	0,653	2,39	0,0008	0,0006	OKE	0,0006	0,0049	OKE

Tabel 4.17 Pengecekan ketidakberaturan vertikal (tipe 1a) arah Y

Story	hsx (mm)	h (mm)	δe (mm)	Δ (mm)	Story Drift	70%	KET	80%	RATA-RATA 3 TINGKAT DIATAS	KET
LT ATAP	15000	4000	6,46	23,70	0,0059	0,0041	OKE	0,0047	0,0059	OKE
LT 3	11000	4000	4,19	15,35	0,0038	0,0027	OKE	0,0031	0,0038	OKE
LT 2	7000	4000	2,14	7,83	0,0020	0,0014	OKE	0,0016	0,0020	OKE
LT 1	3000	3000	0,57	2,09	0,0007	0,0005	OKE	0,0006	0,0039	OKE

4.6.2.2 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan

Ketidakberaturan ini didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tingkat.

Tabel 4.18 Pengecekan Ketidakberaturan vertikal (tipe 1b) arah X

Story	hsx	h	δe	Δ	Story Drift	60%	KET	70%	RATA-RATA 3	KET
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					TINGKAT DIATAS	
LT ATAP	15000	4000	14,65	53,72	0,0134	0,0081	OKE	0,0094	0,0134	OKE
LT 3	11000	4000	14,65	53,72	0,0134	0,0081	OKE	0,0094	0,0134	OKE
LT 2	7000	4000	8,602	31,54	0,0079	0,0047	OKE	0,0055	0,0079	OKE
LT 1	3000	3000	6,651	24,39	0,0081	0,0049	OKE	0,0057	0,0116	OKE

Tabel 4.19 Pengecekan Ketidakberaturan vertikal (tipe 1b) arah Y

Story	hsx	h	δe	Δ	Story Drift	60%	KET	70%	RATA-RATA 3	KET
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)					TINGKAT DIATAS	
LT ATAP	15000	4000	10,69	39,20	0,0098	0,0059	OKE	0,0069	0,0098	OKE
LT 3	11000	4000	10,69	39,20	0,0098	0,0059	OKE	0,0069	0,0098	OKE
LT 2	7000	4000	7,22	26,46	0,0066	0,0040	OKE	0,0046	0,0066	OKE
LT 1	3000	3000	5,71	20,95	0,0070	0,0042	OKE	0,0049	0,0087	OKE

4.6.2.3 Ketidakberaturan berat (Massa)

Ketidakberaturan berat (Massa) didefinisikan jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.

Tabel 4.20 Pengecekan Ketidakberaturan Berat (Massa)

Story	Berat	150 % W	W < 1,5 W atas	W < 1,5 W bawah
LT ATAP	85947,07	128920,605	-	OKE
LT 3	372198,27	558297,405	OKE	OKE
LT 2	429679,81	644519,715	OKE	OKE
LT 1	447040,45	670560,675	OKE	-

4.6 Kontrol Simpangan

Kriteria pernyataan simpangan mengacu pada SNI 1726-2019 dengan faktor-faktor sebagai berikut :

- Faktor pembesaran defleksi (C_d) untuk SRPMK = 5,5 (Tabel 12, SNI 1726-2019)
- Faktor Keutamaan gempa (I_e) = 1,5 (Tabel 4, SNI 1726-2019)
- Faktor redundansi untuk gedung dengan Kategori Desain Seismik (KDS) D adalah $\rho = 1,3$ (Pasal 7.3.4.2 1726:2019)
- Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin. Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1 , simpangan antar lantai tingkat ijin untuk gedung dengan kategori resiko IV adalah $(0,01) \times H$, dimana H adalah tinggi tingkat.

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.8.6, Simpangan antar lantai dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\text{Simpangan antar lantai} = (\Delta_n - \Delta_i)$$

Berdasarkan analisis *software* ETABS didapat simpangan arah X dan Y yang ditampilkan Tabel 4.21 dan Tabel 4.22

Tabel 4.21 Besaran Simpangan Antar Lantai Struktur arah X

Table : Story Response EQX							
Story	hsx	h	δe	Δ	Δ_i	Δ_{ijin}	ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
LT ATAP	15000	4000	8,65	31,72	13,47	40	OKE
LT 3	11000	4000	4,98	18,25	9,01	40	OKE
LT 2	7000	4000	2,52	9,25	6,85	40	OKE
LT 1	3000	3000	0,65	2,39	2,39	30	OKE

Tabel 4.22 Besaran Simpangan Antar Lantai Struktur arah Y

Table : Story Response EQY							
Story	h_{sx}	h	δe	Δ	Δi	Δ ijin	ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
LT ATAP	15000	4000	6,46	23,70	8,35	40	OKE
LT 3	11000	4000	4,19	15,35	7,51	40	OKE
LT 2	7000	4000	2,14	7,83	5,74	40	OKE
LT 1	3000	3000	0,57	2,09	2,09	30	OKE

4.7 Pengecekan P -Delta

Pengecekan P -delta berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.7, untuk nilai θ merupakan acuan dalam menentukan kestabilan bangunan terhadap P -delta . nilai θ maksimum dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (4.6)$$

Keterangan :

P_x = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat $-x$ (kN);
bila menghitung P_x , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

Δ = Simpangan antar tingkat desain seperti didefinisikan dalam 0, terjadi secara serentak dengan V_x (mm)

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2.

V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan $x-1$ (kN)

h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah tingkat x , (mm)

C_d = Faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 12

Jika nilai θ lebih kecil dari nilai θ maks, maka pengaruh P -delta bisa diabaikan. Nilai θ maksimum dihitung dengan rumus :

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (4.7)$$

Tabel 4.23 Pengecekan *P*-Delta arah *X*

Table : <i>P</i> -DELTA Arah <i>X</i>							
Story	<i>hsx</i>	Δi	<i>P</i>	<i>Vx</i>	ϑ	ϑ max	ket
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)			
LT ATAP	16000	3,81	9481,56	209,02	0,002946	0,090909	STABIL
LT 3	12000	6,37	20211,85	871,36	0,003358	0,090909	STABIL
LT 2	8000	7,58	31249,56	1356,41	0,005953	0,090909	STABIL
LT 1	4000	6,20	42234,33	1571,40	0,011362	0,090909	STABIL

Tabel 4.24 Pengecekan *P*-delta arah *Y*

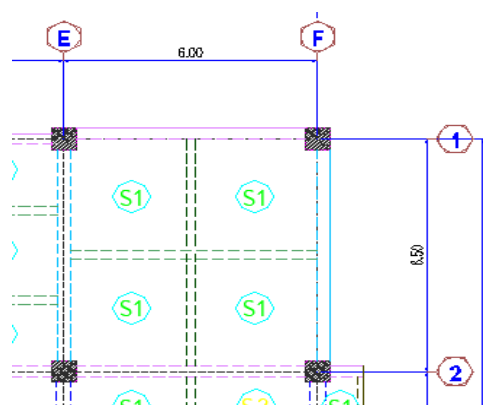
Table : <i>P</i> -DELTA Arah <i>Y</i>							
Story	<i>hsx</i>	Δi	<i>P</i>	<i>Vy</i>	ϑ	ϑ max	ket
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)			
LT ATAP	16000	3,76	9481,56	150,38	0,004041	0,090909	STABIL
LT 3	12000	5,87	20211,85	717,54	0,003758	0,090909	STABIL
LT 2	8000	6,75	31249,56	1221,61	0,005886	0,090909	STABIL
LT 1	4000	5,65	42234,33	1571,40	0,010354	0,090909	STABIL

4.8 Perencanaan Pelat

4.8.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat lantai yang diambil sebagai contoh perhitungan adalah pelat lantai 2, langkah-langkah perencanaan pelat adalah sebagai berikut :

1. Penentuan tipe Plat



$$Lx = 6,5 \text{ m}$$

$$Ly = 6 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{Lx}{Ly} = \frac{6,5}{6} = 1,1$$

Menurut hasil perhitungan diatas, $\beta < 2$, maka pelat merupakan pelat dua arah

Gambar 4.21 Tipe Pelat

2. Analisa Pembebanan

a. Beban Mati

Berat sendiri	: $0,125 \times 24$	= 3 kN/m^2
Berat keramik tebal 1 cm		= $0,16 \text{ kN/m}^2$
Berat spesi	: $4 \times 0,21$	= $0,84 \text{ kN/m}^2$
Berat plafond		= $0,063 \text{ kN/m}^2$
Berat mekanikal dan elektrik		= $0,40 \text{ kN/m}^2$
Berat plumbing		= $0,25 \text{ kN/m}^2$
Total q_d		= $4,7 \text{ kN/m}^2$

b. Beban Hidup

$$\text{Beban hidup pada gedung perkuliahan} : q_l = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban Ultimite Rencana

$$1,2 q_d + 1,6 q_l : = 1,2 (4,7) + 1,6 (1,92) \\ = 8,7 \text{ kN/m}^2$$

3. Penentuan Nilai Momen

Konfigurasi tipe pelat segi empat menumpu pada keempat tepinya sesuai dengan standar sebagai berikut :

- Jepitan penuh terjadi apabila penampang pelat diatas tumpuan tidak berputar akibat pembebanan karena tepi-tepi pelat satu kesatuan monolit dengan balok pemikul.
- Apabila suatu tepi pelat merupakan satu kesatuan monolit dengan balok tepi, maka untuk menghitung momen-momen lapangan dalam pelat tepi tersebut harus dianggap sebagai tepi yang terletak bebas.

Pelat bagian tengah didesain terjepit penuh dan pelat tepi didesain terjepit bebas pada bagian tepi pelat. Rumus perhitungan momen plat sebagai berikut :

$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L_x^2 \times \text{koef}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L_y^2 \times \text{koef}$$

$$M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L_x^2 \times \text{koef}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L_y^2 \times \text{koef}$$

Nilai momen yang terjadi pada pelat yang dihitung berdasarkan rumus menghasilkan nilai pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Momen Pelat Lantai yang Ditinjau

Lantai	Momen (kN.m)
Pelat S1	$M_{lx} = 9,1$
	$M_{ly} = 6,5$
	$M_{tx} = 21,6$
	$M_{ty} = 16,5$

4. Desain Penulangan Pelat

Data perencanaan yang digunakan dalam perencanaan yang ditinjau kali ini adalah sebagai berikut :

- Mutu baja tulangan, $f_y = 420 \text{ MPa}$
- Mutu beton, $f'_c = 30 \text{ MPa}$
- Tebal pelat, $h = 125 \text{ mm}$
- Tebal selimut beton, $p = 20 \text{ mm}$
- Tulangan yang digunakan, $D = D - 10$
- Tinggi efektif arah x, $dx = h - p - D/2$
 $= 125 - 20 - 10/2 = 100 \text{ mm}$
- Tinggi efektif arah y, $dy = h - p - D - D/2$
 $= 125 - 20 - 10 - 10/2 = 90 \text{ mm}$

Langkah-langkah perhitungan untuk pelat adalah sebagai berikut :

- a. Mencari batasan rasio tulangan ($\rho_{min} - \rho_b - \rho_{max}$)

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \times 1,1 \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,029\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{min} &= 1,4/F_y \\ &= 1,4/420 = 0,0033\end{aligned}$$

b. Desain Penulangan Pelat lantai arah x

1. Mencari rasio tulangan (p)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

Lebar pelat (b) untuk perhitungan diambil per 1000 mm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{21,6 \times 10^6}{0,9 (1000)(100)^2} = 2,4$$

$$p = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) = 0,006$$

Diketahui p melebihi p_{min} maka memenuhi

2. Mengecek tulangan yang didesain

$$A_{smin} = p b d_x = 0,006 (1000) (100) = 601 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan yang akan dipasang yaitu D12 – 150 mm

$$A_s \text{ pakai} = \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) \frac{\text{Lebar plat}}{\text{jarak}} = \frac{1}{4} \pi 12^2 \frac{1000}{150} = 753,9 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ pakai} > A_{smin} \rightarrow \text{OK}$

c. Nilai regangan (ϵ) dan faktor reduksi (ϕ) pelat arah x nilai a , c dan regangan (ϵ) dihitung sebagai berikut :

$$a = \frac{753,9 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 12,4 \text{ mm}$$

$$c = \frac{12,4}{0,705} = 17,6 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{100 - 17,6}{17,6} \times 0,003 = 0,014$$

Karena $\epsilon_s = 0,014 > 0,005$ maka penampang termasuk ke dalam terkendali Tarik dengan faktor reduksi (ϕ) = 0,9

d. Momen nominal (M_n) arah x

$$\begin{aligned} M_n &= 753,9 \times 420 \times \left(100 - \frac{12,4}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 29,7 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 29,7 = 26,7 ; 26,7 \text{ kN.m} > 21,6 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK}$$

e. Desain penulangan pelat arah y

1. Mencari rasio tulangan (p)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

Lebar pelat (b) untuk perhitungan diambil per 1000 mm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{16,9 \times 10^6}{0,9 \times 1000 (100)^2} = 1,8$$

$$P = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) = 0,004$$

Diketahui p melebihi p_{min} maka memenuhi

2. Mengecek tulangan yang di desain

$$A_{s \min} = p b d_y = 0,004 \cdot (1000) \cdot (90) = 400,4 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan yang akan dipasang yaitu D10 - 150

$$A_{s \text{ pakai}} = \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) \frac{\text{Lebar plat}}{\text{jarak}} = \frac{1}{4} \pi 10^2 \frac{1000}{150} = 523,6$$

$A_{s \text{ pakai}} > A_{s \min} \rightarrow \text{OK}$

- f. Nilai regangan (ϵ) dan faktor reduksi (ϕ) pelat arah y nilai a , c dan regangan (ϵ) dihitung sebagai berikut :

$$a = \frac{523,6 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 8,624 \text{ mm}$$

$$c = \frac{8,624}{0,705} = 12,23$$

$$\epsilon_s = \frac{100 - 12,23}{12,23} \times 0,003 = 0,021$$

Karena $\epsilon_s = 0,021 > 0,005$ maka penampang termasuk ke dalam terkendali Tarik dengan faktor reduksi (ϕ) = 0,9

- g. Momen nominal (M_n) arah y

$$\begin{aligned} M_n &= 523,6 \times 420 \times \left(90 - \frac{8,624}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 18,8 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 18,8 = 16,9 \text{ kN.m} > 16,5 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK}$$

- h. Syarat jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S_x &= 150 \leq 3 \times \text{tebal pelat} \\ &= 3 \times 125 = 375 \text{ mm (terpenuhi)} \end{aligned}$$

$$S_x = 150 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (terpenuhi)}$$

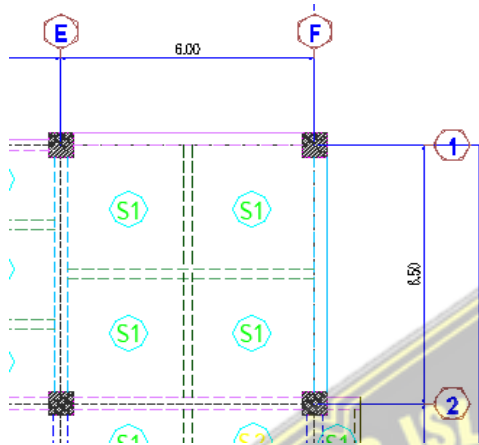
$$\begin{aligned} S_y &= 150 \text{ mm} \leq 3 \times \text{tebal pelat} \\ &= 3 \times 125 = 375 \text{ mm (terpenuhi)} \end{aligned}$$

$$S_y = 150 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (terpenuhi)}$$

4.8.2 Perencanaan Pelat Atap

Pelat atap yang ditinjau adalah sebagai contoh perhitungan adalah pelat dari dak yaitu S1 ,Langkah-langkah perencanaan pelat adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Tipe Pelat



$$Lx = 6,5 \text{ m}$$

$$Ly = 6 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{Lx}{Ly} = \frac{6,5}{6} = 1,1$$

Menurut hasil perhitungan diatas, $\beta < 2$, maka pelat merupakan pelat dua arah

Gambar 4.22 Tipe Pelat

2. Analisa Pembebanan

d. Beban Mati

$$\text{Berat sendiri} : 0,125 \times 24 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat aspal} : 4 \times 0,28 = 0,89 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafond} = 0,063 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat mekanikal dan elektrikal} = 0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plumbing} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total } qd = 4,6 \text{ kN/m}^2$$

e. Beban Hidup

$$\text{Beban hidup pada atap gedung} : ql = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

f. Beban Ultimite Rencana

$$1,2 qd + 1,6 ql : = 1,2(4,6) + 1,6 (0,96)$$

$$= 7,06 \text{ kN/m}^2$$

3. Penentuan Nilai Momen

. Konfigurasi tipe pelat segi empat menumpu pada keempat tepinya sesuai dengan standar sebagai berikut,

- Jepitan penuh terjadi apabila penampang pelat diatas tumpuan tidak berputar akibat pembebanan karena tepi-tepi pelat satu kesatuan monolit dengan balok pemikul.
- Apabila suatu tepi pelat merupakan satu kesatuan monolit dengan balok tepi, maka untuk menghitung momen-momen lapangan dalam pelat tepi tersebut harus dianggap sebagai tepi yang terletak bebas.

Pelat bagian tengah didesain terjepit penuh dan pelat tepi didesain terjepit bebas pada bagian tepi pelat. Rumus perhitungan momen plat sebagai berikut :

$$Mlx = 0,001 \times Wu \times Lx^2 \times \text{koef}$$

$$Mly = 0,001 \times Wu \times Ly^2 \times \text{koef}$$

$$Mtx = -0,001 \times Wu \times Lx^2 \times \text{koef}$$

$$Mty = -0,001 \times Wu \times Ly^2 \times \text{koef}$$

Nilai momen yang terjadi pada pelat yang dihitung berdasarkan rumus menghasilkan nilai pada tabel Tabel 4.26

Tabel 4.26 Momen Pelat Atap yang Ditinjau

Lantai	Momen (kN.m)
Pelat S1	$Mlx = 9,1$
	$Mly = 6,5$
	$Mtx = 21,6$
	$Mty = 16,5$

4. Desain Penulangan Pelat

Data perencanaan yang digunakan dalam perencanaan yang ditinjau kali ini adalah sebagai berikut,

- Mutu baja tulangan, f_y = 420 MPa
- Mutu beton, f'_c = 30 MPa
- Tebal pelat, h = 125 mm

- Tebal selimut beton, p = 20 mm
- Tulangan yang digunakan, D = $D - 10$
- Tinggi efektif arah x , dx = $h - p - D/2$
= $125 - 20 - 10/2 = 100$ mm
- Tinggi efektif arah y , dy = $h - p - D - D/2$
= $125 - 20 - 10 - 10/2 = 90$ mm

Langkah-langkah perhitungan untuk pelat adalah sebagai berikut :

- a. Mencari batasan rasio tulangan ($\rho_{min} - \rho_b - \rho_{max}$)

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85x f_c'}{f_y} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \times 1,1 \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,029\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{min} &= 1,4/F_y \\ &= 1,4/420 = 0,0033\end{aligned}$$

- b. Desain Penulangan Pelat lantai arah x

1. Mencari rasio tulangan (p)

$$m = \frac{f_y}{0,85x f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

Lebar pelat (b) untuk perhitungan diambil per 1000 mm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{21,6 \times 10^6}{0,9 (1000)(100)^2} = 2,4$$

$$P = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) = 0,006$$

Diketahui p melebihi p_{min} maka memenuhi

2. Mengecek tulangan yang didesain

$$A_{smin} = p b dx = 0,006 (1000) (100) = 601 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan yang akan di pasang yaitu D10 – 150 mm

$$A_s \text{ pakai} = \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \right) \frac{\text{Lebar plat}}{\text{jarak}} = \frac{1}{4} \pi 12^2 \frac{1000}{150} = 753,9$$

$A_s \text{ pakai} > A_{smin} \rightarrow \text{OK}$

- c. Nilai regangan (ϵ) dan faktor reduksi (ϕ) pelat arah x nilai a, c dan regangan (ϵ) dihitung sebagai berikut :

$$a = \frac{753,9 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 12,4 \text{ mm}$$

$$c = \frac{12,4}{0,705} = 17,6 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{100 - 17,6}{17,6} \times 0,003 = 0,014 \text{ mm}$$

Karena $\varepsilon_s = 0,014 > 0,005$ maka penampang termasuk ke dalam terkendali Tarik dengan faktor reduksi (ϕ) = 0,9

d. Momen nominal (M_n) arah x

$$M_n = 753,9 \times 420 \times \left(100 - \frac{12,4}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 29,7 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 29,7 = 26,7 ; 26,7 \text{ kN.m} > 21,6 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK}$$

e. Desain penulangan pelat arah y

1. Mencari rasio tulangan (p)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

Lebar pelat (b) untuk perhitungan diambil per 1000 mm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{16,9 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times (100)^2} = 1,8$$

$$P = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}}\right) = 0,004$$

Diketahui p melebihi p_{min} maka memenuhi

2. Mengecek tulangan yang di desain

$$A_{s \text{ min}} = p b d_y = 0,004 (1000) (90) = 400,4 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan yang akan dipasang yaitu D10 - 150

$$A_{s \text{ pakai}} = \left(\frac{1}{4} \pi D^2\right) \frac{\text{Lebar plat}}{\text{jarak}} = \frac{1}{4} \pi 10^2 \frac{1000}{150} = 523,6$$

$A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ min}} \rightarrow \text{OK}$

f. Nilai regangan (ε) dan faktor reduksi (ϕ) pelat arah y nilai a, c dan regangan (ε) dihitung sebagai berikut :

$$a = \frac{523,6 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 8,624 \text{ mm}$$

$$c = \frac{8,624}{0,705} = 12,23 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{100 - 12,23}{12,23} \times 0,003 = 0,021 \text{ mm}$$

Karena $\varepsilon_s = 0,021 > 0,005$ maka penampang termasuk ke dalam terkendali Tarik dengan faktor reduksi (ϕ) = 0,9

g. Momen nominal (M_n) arah y

$$\begin{aligned} M_n &= 523,6 \times 420 \times \left(90 - \frac{8,624}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 18,8 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

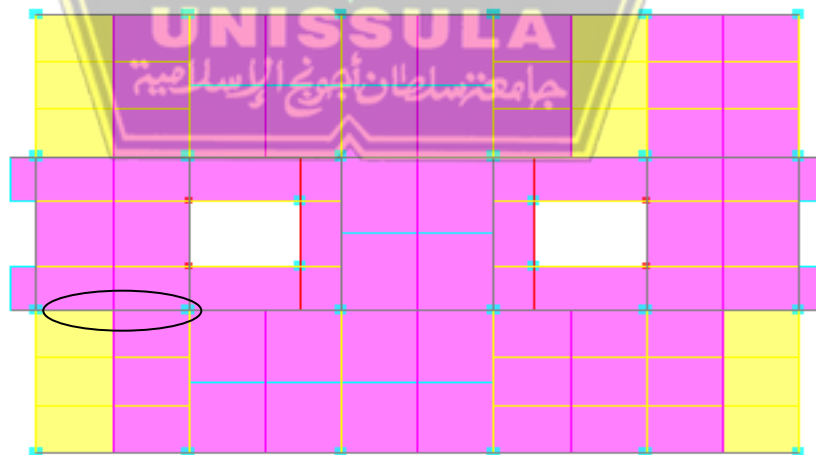
$$\phi M_n = 0,9 \times 18,8 = 16,9 \text{ kN.m} > 16,5 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK}$$

h. Syarat jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S_x &= 150 \leq 3 \times \text{tebal pelat} \\ &= 3 \times 125 = 375 \text{ mm (terpenuhi)} \\ S_x &= 150 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (terpenuhi)} \\ S_y &= 150 \text{ mm} \leq 3 \times \text{tebal pelat} \\ &= 3 \times 125 = 375 \text{ mm (terpenuhi)} \\ S_y &= 150 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm (terpenuhi)} \end{aligned}$$

4.9 Perencanaan Balok

Perhitungan balok induk pada bangunan dilakukan dengan menghitung salah satu elemen balok. Balok induk yang ditinjau adalah sebagai berikut :



Gambar 4.23 Balok Induk

a. Balok induk

Data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mutu baja tulangan, f_y = 420 MPa
2. Mutu beton, f'_c = 30 MPa
3. Tinggi balok, H = 600 mm
4. Lebar balok, B = 300 mm
5. Tebal selimut beton, p = 40 mm
6. Tulangan utama, D = $D - 16$
7. Tulangan Sengkang, D_s = $D - 10$
8. $d' = p + D_s + D/2 = 40 + 10 + 16/2 = 58$ mm
9. Tinggi efektif arah, d
= $H - p - D_s - D/2$
= $600 - 40 - 10 - 16/2$
= 542 mm

Dimensi balok induk yang direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Persyaratan Lentur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

a. Kontrol dimensi

$$B/H > 0,3$$

$$300/600 > 0,3$$

$$0,5 > 0,3$$

Lebar balok (b_w) 300 mm lebih dari syarat minimal yaitu 250 mm dan kurang dari 0,75 lebar kolom (600 mm), sehingga syarat dimensi balok terpenuhi.

b. Kontrol tekan aksial

$$P_u < 0,1 A_g F'_c$$

$$12000 < 0,1 \cdot 300 \cdot 600 \text{ mm}^2 \cdot 30 \text{ MPa}$$

$$12000 < 540000 \text{ N}$$

P_u yang didapat hasil perhitungan *software* ETABS lebih kecil dari gaya normal yang disyaratkan, sehingga komponen struktur di rencanakan sebagai elemen lentur/balok.

c. Kontrol geometri

Bentang bersih balok tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektif balok.

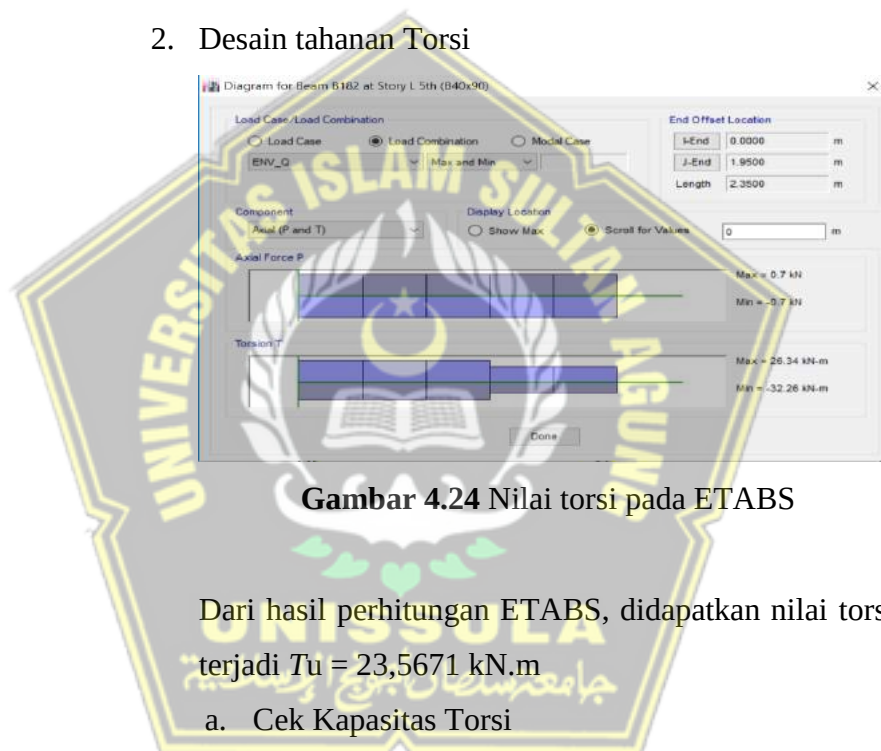
$$\begin{aligned}\text{Bentang bersih } (l_n) &= 6000 - (2 \times \frac{1}{2} \times 500) \\ &= 5500 \text{ mm}\end{aligned}$$

Persyaratan,

$$\begin{aligned}L_n &> 4 \times d \\ 5500 &> 4 \times 542 \text{ mm} \\ 7100 &> 2168 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat bentang bersih minimum elemen lentur terpenuhi, karena jika bentang terlalu pendek maka potensi terjadinya sendi plastis akan semakin mudah.

2. Desain tahanan Torsi



Gambar 4.24 Nilai torsi pada ETABS

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan nilai torsi yang terjadi $T_u = 23,5671 \text{ kN.m}$

a. Cek Kapasitas Torsi

$$\begin{aligned}\phi T_c &= 0,75 \times 0,33 \times \sqrt{30} \left(\frac{(300 \times 600)^2}{2 \times (300 + 600)} \right) \\ &= 24,4 \text{ kN.m} \\ &= 24,4/4 \\ &= 6,1 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

$$T_u > \phi T_c \rightarrow \text{Tulangan torsi dihitung}$$

b. Desain penulangan torsi

1. Besaran – Besaran untuk penulangan

$$\begin{aligned}x_0 &= b - 2 (t_s + d_s/2) = 210 \text{ mm} \\ y_0 &= h - 2 (t_s + d_s/2) = 510 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{oh} &= x_0 \times y_0 &= 107100 \text{ mm}^2 \\
A_0 &= 0,85 A_{oh} &= 91035 \text{ mm}^2 \\
Ph &= 2(x_0 + y_0) &= 1440 \text{ mm}
\end{aligned}$$

2. Desain tulangan torsi (transversal)

$$\begin{aligned}
\frac{A_t}{s} &= \frac{Tn}{2A_0 f_y \cot \theta} = \frac{24,4/0,75}{2(91035)(420)\cot(45)} \\
&= 0,425 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad (\text{satu kaki})
\end{aligned}$$

Hasil dari desain diatas didesain bersamaan dengan penulangan transversal akibat gaya geser.

3. Desain tulangan torsi (longitudinal)

$$\begin{aligned}
A_l &= \left(\frac{A_t}{s}\right) Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cot^2 \theta \\
&= (0,425)(1440) \left(\frac{420}{420}\right) \cot^2(45) \\
&= 612,66 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Tulangan torsi yang dipasang dipinggang adalah

Sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ min}} &= A_l / 2 \\
&= 612,66 / 2 \\
&= 306,33 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
n \text{ butuh} &= A_{s \text{ min}} / (1/4 \pi D^2) \\
&= 306,33 / 201,06 = 1,5 \text{ tulangan}
\end{aligned}$$

Dicoba tulangan yang akan dipakai yaitu 2D16 mm

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ torsi}} &= (1/4 \pi D^2) n \\
&= 1/4 \pi 16^2 (2) \\
&= 402,12 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$A_{s \text{ torsi}} > A_{s \text{ min}} \rightarrow \text{OK}$$

Karena gaya torsi yang terjadi maka pemasangan tulangan peminggang di bagian tengah penampang sebesar 2D16. Tulangan torsi yang direncanakan pada bagian atas dan bawah balok adalah sebagai berikut :

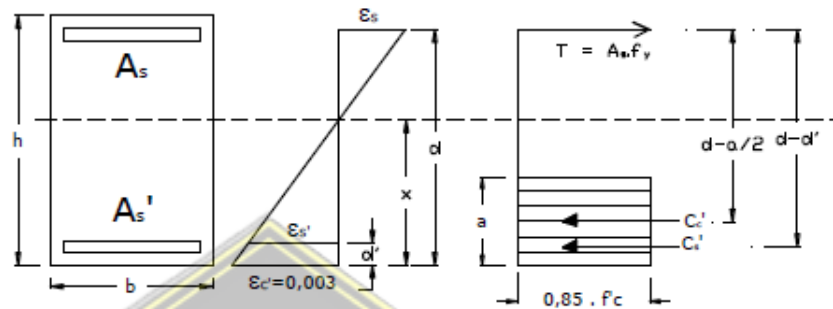
$$\begin{aligned}
A_{s \text{ min}} &= A_i / 4 \\
&= 612,66 / 4 = 153,16 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$n_{\text{butuh}} = A_{s\text{min}} / (1/4\pi D^2)$$

$$= 153,16 / 201,06 = 0,7 \approx 1$$

Hasil dari desain diatas ditambahkan ke desain penulangan lentur.

3. Desain penulangan lentur



Gambar 4.25 Penampang diagram balok

a. Rasio Penulangan

$$P_{\text{min}} = 0,003$$

$$p_b = 0,0062$$

b. Desain penulangan

1) Penulangan pada tumpuan



Gambar 4.26 Nilai momen tumpuan balok ETABS

$$- M_{ut} = 168,4 \text{ kN.m}$$

$$M_{ut} / \phi = 168,4 / 0,9 = 187,11 \text{ kN.m}$$

Asumsi yang digunakan adalah luas tulangan tekan diambil sebesar $A_s' = 0,5 A_s$ dan tulangan Tarik sudah Lelah sedangkan tulangan tekan belum Lelah sehingga untuk

menghitung nilai kapasitas tulangan yang di butuhkan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Cc \times (d - \frac{a}{2}) + Cs \times (d - d')$$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq (0,85 f'c a b) \times (d - \frac{a}{2}) + (0,5 \rho b d (600 \times (\frac{c-d'}{c}) - 0,85 f'c') \times (d-d'))$$

Nilai c diperoleh dengan cara trial and error menggunakan program Excel hingga memenuhi persamaan diatas, Hasil dari perhitungan diatas ditunjukkan pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Posisi garis netral dan momen nominal tulangan tumpuan

c (mm)	fs' (MPa)	ρ	Mn (kNm)
66,043	73,07	0,0062	217,2

- Cek kapasitas tulangan sebagai berikut :

$$P_{max 1} = 0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times (f'c/f_y) \times (600/(600+f_y))$$

$$= 0,024$$

$$P_{max 2} = 0,025$$

$$p_b < p_{max} \rightarrow \text{OK}$$

- Cek asumsi tulangan Tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh sebagai berikut,

$$\epsilon_{s'} = \frac{c-58}{c} \times 0,003 = 0,0003 < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,0021 \rightarrow \text{Ok}$$

$$\epsilon_s = \frac{542-c}{c} \times 0,003 = 0,022 > \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,0021 \rightarrow \text{Ok}$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh dan tulangan tarik telah leleh sudah benar. Karena $\epsilon_s = 0,022 > \epsilon_y = 0,002$, maka nilai faktor reduksi (ϕ) = 0,9 sesuai dengan asumsi awal.

Kapasitas momen yang dihitung harus lebih besar terhadap momen lentur terfaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= 217,2 \text{ kN} > \frac{M_{ut}}{\phi} \\ &= 217,2 > 187,11 \text{ kN.m (OKE)} \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan yang digunakan untuk tulangan tarik adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{sbutuh} &= \rho b d \\ &= 0,0062 (300) (542) = 1008,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{butuh} &= \frac{A_{sbutuh}}{1/4\pi D^2} + n_{butuh \text{ torsi}} \\ &= \frac{1008,12}{1/4\pi 16^2} = 5 + 0,7 = 5,7 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Dicoba tulangan yang digunakan yaitu 6D16 mm

$$\begin{aligned} A_{starik} &= (1/4\pi D^2) n \\ &= 1/4\pi 16^2 \times 6 = 1206,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{starik} > A_{sbutuh} \rightarrow \text{OKE}$$

- Jumlah tulangan yang digunakan untuk tulangan tekan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{s'butuh} &= 0,5 \rho b d \\ &= 0,5 0,0062 (300) (542) = 504,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{smin} &= \rho_{min} b d \\ &= 0,003 (300) (542) \\ &= 487,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_{sbutuh} > A_{smin}$ maka digunakan A_{sbutuh}

$$\begin{aligned} n_{butuh} &= \frac{A_{sbutuh}}{1/4\pi D^2} + n_{butuh \text{ torsi}} \\ &= \frac{504,06}{1/4\pi 16^2} = 2,5 + 0,7 = 3,2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Dicoba tulangan yang digunakan yaitu 4D16 mm

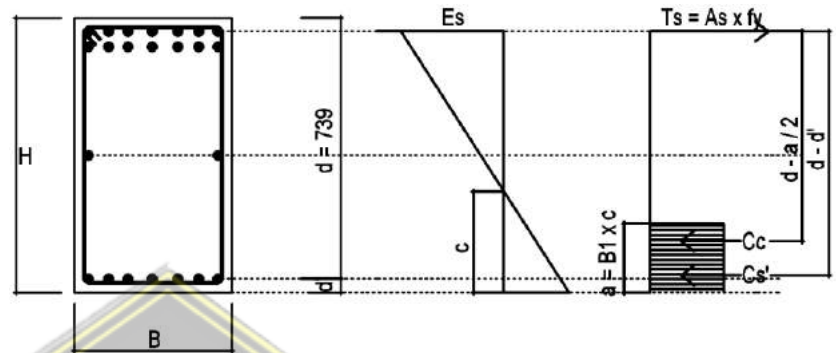
$$\begin{aligned} A_{s \text{ tekan}} &= (1/4\pi D^2) n \\ &= 1/4\pi 16^2 \times 4 = 804 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s \text{ tekan}} > A_{sbutuh} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol kekuatan pada tulangan yang telah didesain untuk kondisi lentur tumpuan negatif dengan asumsi seperti pada awal perhitungan adalah sebagai berikut :

Tulangan tarik : 6 D 16 ($A_s = 1206,4 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan : 4 D 16 ($A_s = 804,2 \text{ mm}^2$)



Gambar 4.27 Diagram tegangan regangan lentur negatif tumpuan

Substitusikan pada persamaan kesetimbangan gaya dalam dengan asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh.

$$C_{\text{tekan}} = T_{\text{tarik}}$$

$$C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' f_s' = A_s f_y$$

$$0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' (\epsilon_s' E_s) = A_s f_y$$

Dimana,

$$\epsilon_s' = \frac{c-d}{c} \times 0,003$$

sehingga apabila nilai-nilai dimasukkan kedalam persamaan adalah sebagai berikut :

$$(0,85(30)(0,8375c)(300)) + 1206,4 \left(600 \times \frac{c-58}{c} \right) - 0,85(30) = 804,2 (420)$$

Trial and error didapat nilai $c \rightarrow c = 66,043 \text{ mm}$

$$C_c = (0,85(30)(0,8375 (66,043))(300)) = 423129,24 \text{ N}$$

$$C_s = 804,2 \left(600 \times \frac{66,043 - 58}{66,043} \right) - 0,85 f_c' = 58737,8 \text{ N}$$

$$T_s = (1206,4)(420) = 506688 \text{ N}$$

- Cek asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh sebagai berikut :

$$\varepsilon_s' = \frac{c-58}{c} \times 0,003 = 0,0003 < \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,0021 \rightarrow \text{Ok}$$

$$\varepsilon_s = \frac{542-c}{c} \times 0,003 = 0,022 > \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,0021 \rightarrow \text{Ok}$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh dan tulangan tarik telah leleh sudah benar. Karena $\varepsilon_s = 0,022 > \varepsilon_y = 0,002$, maka penampang termasuk terkendali tarik dengan nilai faktor reduksi (ϕ) = 0,9.

- Kapasitas momen terhadap tulangan bagian tarik dan tulangan bagian tekan sebagai berikut :

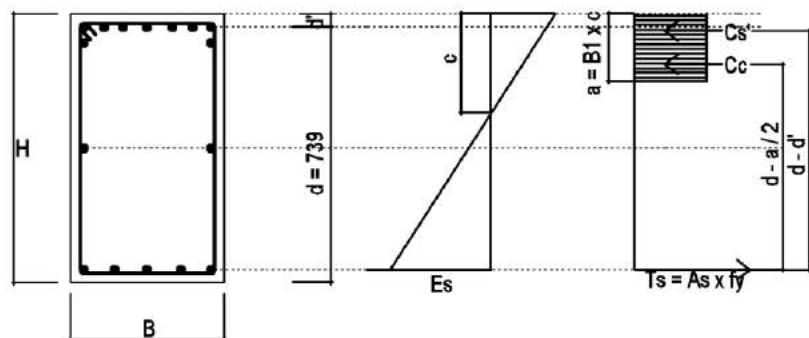
$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s \times (d - d') \\ &= (423129,24 \times (542 - \frac{(55,2)}{2}) + (58737,8) \\ &\quad \times (542 - 58)) \times 10^{-6} \\ &= 246,08 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 246,08 \text{ kNm} \\ &= 221,47 \text{ kNm} > M_u + \\ &= 221,47 \text{ kNm} > 168,46 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan pada tulangan yang telah didesain untuk kondisi lentur tumpuan positif dengan asumsi seperti pada awal perhitungan adalah sebagai berikut :

Tulangan tarik : 6 D 16 ($A_s = 1206,4 \text{ mm}^2$)

Tulangan tekan : 4 D 16 ($A_s = 804,2 \text{ mm}^2$)



Gambar 4.28 Diagram Tegangan Regangan Lentur Positif Tumpuan

Substitusikan pada persamaan kesetimbangan gaya dalam dengan asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh,

$$C_{tekan} = T_{tarik} C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' f_s' = A_s f_y$$

$$0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' (\epsilon_s' E_s) = A_s f_y$$

Dimana,

$$\epsilon_s' = \frac{c-d}{c} \times 0,003$$

Sehingga apabila nilai-nilai dimasukkan kedalam persamaan adalah sebagai berikut :

$$(0,85(30)(0,8375c)(300)) + 1206,4 (600 \times \frac{c-58}{c}) - 0,85(30) = 804,2 (420)$$

Trial and error didapat nilai $c \rightarrow c = 52,8 \text{ mm}$

$$C_c = (0,85(30)(0,8375 (52,8))(300)) = 338283 \text{ N}$$

$$C_s = 1206,4 (600 \times \frac{52,8 - 58}{52,8}) - 0,85 f_c' = -71312,77 \text{ N}$$

$$T_s = (804,2)(420) = 337764 \text{ N}$$

- Cek asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh sebagai berikut :

$$\epsilon_s' = \frac{c-58}{c} \times 0,003 = -0,0003 < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,0021 \rightarrow \text{Ok}$$

$$\epsilon_s = \frac{542-c}{c} \times 0,003 = 0,027 > \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,0021 \rightarrow \text{Ok}$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh dan tulangan tarik telah leleh sudah benar. Karena $\epsilon_s = 0,027 > \epsilon_y = 0,002$, maka penampang termasuk terkendali tarik dengan nilai faktor reduksi (ϕ) = 0,9.

- Kapasitas momen terhadap tulangan bagian tarik dan tulangan bagian tekan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cc \times (d - a/2) + Cs \times (d - d') \\
 &= (338283 \times (542 - ((44,15)/2)) + (-71312,77) \\
 &\quad \times (542 - 58))10^{-6} \\
 &= 141,36 \text{ kNm} \\
 \phi M_n &= 0,9 \times 141,36 \text{ kNm} \\
 &= 127,23 \text{ kNm} > M_u + \\
 &= 127,23 \text{ kNm} > 87,56 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

2) Penulangan pada lapangan



Gambar 4.29 Nilai Momen Lapangan pada ETABS

$$- Mut' = 49,0767 \text{ kN.m}$$

$$Mut' / \phi = 49,0767 / 0,9 = 54,4 \text{ kN.m}$$

Asumsi yang digunakan adalah luas tulangan tekan diambil sebesar $A_s' = 0,5 A_s$ dan tulangan Tarik sudah leleh sedangkan tulangan tekan belum leleh sehingga untuk menghitung nilai kapasitas tulangan yang dibutuhkan , digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{M_u}{\phi} \leq Cc \times (d - \frac{a}{2}) + Cs \times (d - d')$$

$$\begin{aligned}
 \frac{M_u}{\phi} &\leq (0,85 f_c a b) \times (d - \frac{a}{2}) + (0,5 \rho b d (600 \times (\frac{c - d'}{c}) - \\
 &\quad 0,85 f_c' \times (d - d'))
 \end{aligned}$$

Nilai c diperoleh dengan cara trial and error menggunakan program Excel hingga memenuhi persamaan diatas, Hasil dari perhitungan diatas ditunjukkan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Posisi garis netral dan momen nominal tulangan lapangan

c (mm)	F_s' (mpa)	ρ	M_n (kNm)
39,6	278,78	0,0037	133,114

- Cek kapasitas tulangan sebagai berikut :

$$P_{\max 1} = 0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y}\right) \times \left(\frac{600}{600+f_y}\right)$$

$$= 0,024$$

$$P_{\max 2} = 0,025$$

$$p_b < p_{\max} \rightarrow \text{OK}$$

- Cek asumsi tulangan Tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh sebagai berikut :

$$\epsilon_s' = \frac{c-58}{c} \times 0,003 = -0,001 < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{20000} = 0,002 \rightarrow \text{Ok}$$

$$\epsilon_s = \frac{542-c}{c} \times 0,003 = 0,038 > \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{20000} = 0,002 \rightarrow \text{Ok}$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh dan tulangan tarik telah leleh sudah benar. Karena $\epsilon_s = 0,038 > \epsilon_y = 0,002$, maka nilai faktor reduksi (ϕ) = 0,9 sesuai dengan asumsi awal.

Kapasitas momen yang dihitung harus lebih besar terhadap momen lentur terfaktor sebagai berikut :

$$M_n = 133,114 \text{ kN} > \frac{M_{ut}}{\phi}$$

$$= 133,114 \text{ kN} > 54,4 \text{ kN.m (OKE)}$$

- Jumlah tulangan yang digunakan untuk tulangan tarik adalah sebagai berikut :

$$A_{sbutuh} = p b d$$

$$= 0,0037 (300) (542) = 601,62 \text{ mm}^2$$

$$n_{butuh} = \frac{A_{sbutuh}}{1/4\pi D^2} + n_{butuh \text{ torsi}}$$

$$= \frac{601,62}{1/4\pi 16^2} = 2,9 + 0,7 = 3,7 \text{ tulangan}$$

Trial tulangan yang digunakan yaitu 4D16 mm

$$A_{starik} = (1/4\pi D^2) n$$

$$= 1/4\pi 16^2 \times 4 = 804,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{starik} > A_{sbutuh} \rightarrow \text{Ok}$$

- Jumlah tulangan yang digunakan untuk tulangan tekan adalah sebagai berikut :

$$A_{sbutuh} = 0,5 p b d$$

$$= 0,5 0,0037 (300) (542) = 300,81 \text{ mm}^2$$

$$n_{butuh} = \frac{A_{sbutuh}}{1/4\pi D^2} + n_{butuh \text{ torsi}}$$

$$= \frac{300,81}{1/4\pi 16^2} = 1,5 + 0,7 = 2,2 \text{ tulangan}$$

Trial tulangan yang digunakan yaitu 3D16 mm

$$A_{stekan} = (1/4\pi D^2) n$$

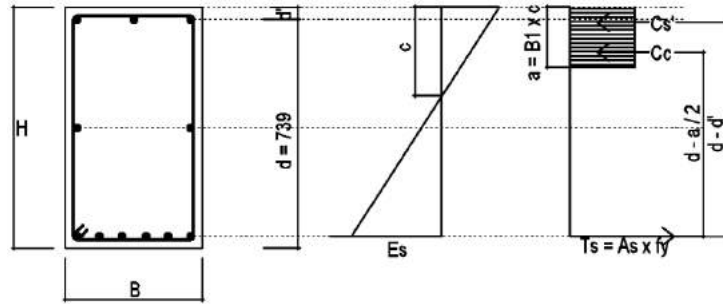
$$= 1/4\pi 16^2 \times 3 = 603,18 \text{ mm}^2$$

$$A_{stekan} > A_{sbutuh} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol kekuatan pada tulangan yang telah didesain untuk kondisi lentur lapangan positif dengan asumsi seperti pada awal perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik} : 4 \text{ D } 16 (A_s = 804,2 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tulangan tekan} : 3 \text{ D } 16 (A_s = 603,18 \text{ mm}^2)$$



Gambar 4.30 Diagram tegangan regangan lentur positif lapangan

Substitusikan pada persamaan kesetimbangan gaya dalam dengan asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh.

$$C_{tekan} = T_{tarik}$$

$$C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' f_s' = A_s f_y$$

$$0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' (\epsilon_s' E_s) = A_s f_y$$

Dimana,

$$\epsilon_s' = \frac{c-d}{c} \times 0,003$$

sehingga apabila nilai-nilai dimasukkan kedalam persamaan adalah sebagai berikut :

$$(0,85(30)(0,835 c)(300)) + 603,18(600 \times \frac{c-58}{c}) - 0,85(30) = 804,2(420)$$

Trial and error didapat nilai $c \rightarrow c = 52,8 \text{ mm}$

$$C_c = (0,85(30)(0,8357 (52,8))(300)) = 337555,5 \text{ N}$$

$$C_s = 603,18 (600 \times \frac{52,8-58}{52,8}) - 0,85(30) = -35667 \text{ N}$$

$$T_s = (804,2)(420) = 337764 \text{ N}$$

- Cek asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh sebagai berikut :

$$\epsilon_s' = \frac{c-58}{c} \times 0,003 = 0,001 < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,002 \rightarrow \text{Ok}$$

$$\epsilon_s = \frac{542-c}{c} \times 0,003 = 0,03 > \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,002 \rightarrow \text{Ok}$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh dan tulangan tarik telah leleh sudah benar. Karena $\epsilon_s = 0,03 > \epsilon_y = 0,002$, maka penampang termasuk terkendali tarik dengan nilai faktor reduksi (ϕ) = 0,9.

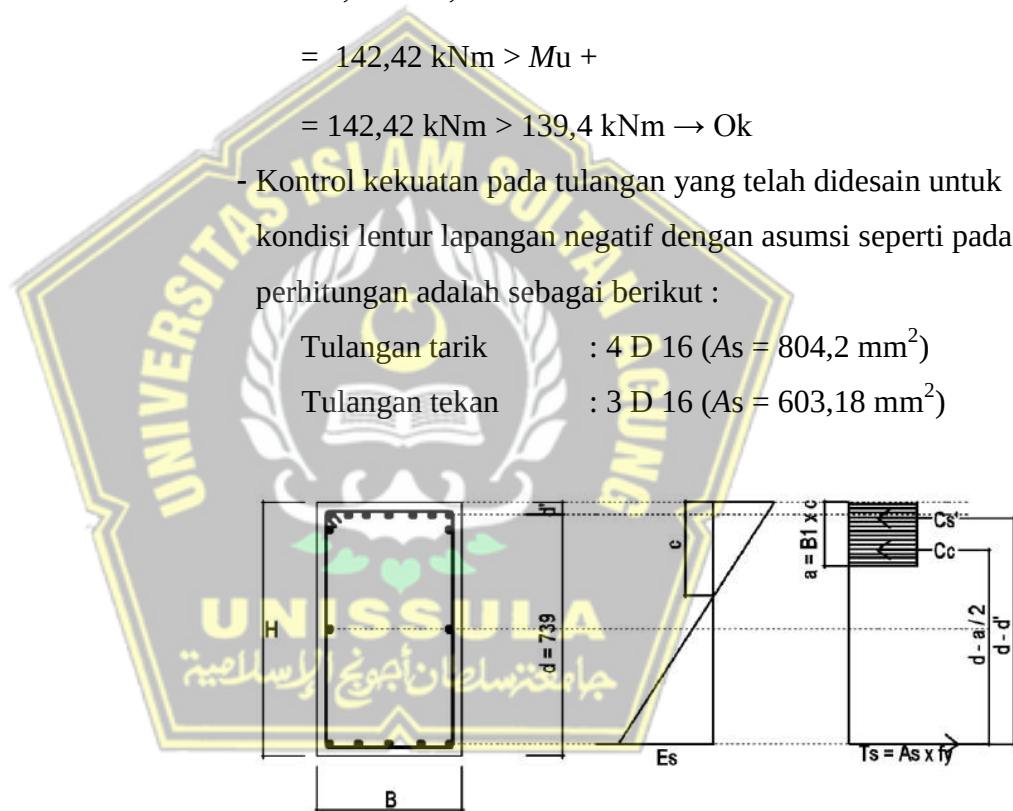
- Kapasitas momen terhadap tulangan bagian tarik dan tulangan bagian tekan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + C_s \times (d - d') \\ &= \left(337555,5 \times \left(542 - \frac{(44,1)}{2}\right) + -35667 \times (542 - 58)\right) 10^{-6} \\ &= 158,3 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 158,3 \text{ kNm} \\ &= 142,42 \text{ kNm} > M_u + \\ &= 142,42 \text{ kNm} > 139,4 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan pada tulangan yang telah didesain untuk kondisi lentur lapangan negatif dengan asumsi seperti pada awal perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &: 4 \text{ D } 16 (A_s = 804,2 \text{ mm}^2) \\ \text{Tulangan tekan} &: 3 \text{ D } 16 (A_s = 603,18 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$



Gambar 4.31 Diagram tegangan regangan lentur negative lapangan

Substitusikan pada persamaan kesetimbangan gaya dalam dengan asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh,

$$\begin{aligned} C_{\text{tekan}} &= T_{\text{tarik}} \quad C_c + C_s = T_s \\ 0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' f_s' &= A_s f_y \\ 0,85 f'_c (\beta_1 c) b + A_s' (\epsilon_s' E_s) &= A_s f_y \end{aligned}$$

Dimana,

$$\epsilon_s' = \frac{c-d}{c} \times 0,003$$

Sehingga apabila nilai-nilai dimasukkan kedalam persamaan adalah sebagai berikut :

$$(0,85 (30)(0,835 c)(300)) + 804,2 (600 \times \frac{c-d}{c}) - 0,85(30) = 804,2(420)$$

Trial and error didapat nilai $c \rightarrow c = 39,6 \text{ mm}$

$$C_c = (0,85(30)(0,8357 (39,6))(300)) = 253712,25 \text{ N}$$

$$C_s = 804,2 (600 \times \frac{39,6-58}{39,6}) - 0,85(30) = -22422,6 \text{ N}$$

$$T_s = (603,18)(420) = 253335 \text{ N}$$

- Cek asumsi tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh sebagai berikut :

$$\epsilon_s' = \frac{c-58}{c} \times 0,003 = 0,001 < \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,002 \rightarrow \text{Ok}$$

$$\epsilon_s = \frac{542-c}{c} \times 0,003 = 0,03 > \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{20000} = 0,002 \rightarrow \text{Ok}$$

Asumsi tulangan tekan belum leleh dan tulangan tarik telah leleh sudah benar. Karena $\epsilon_s = 0,03 > \epsilon_y = 0,002$, maka penampang termasuk terkendali tarik dengan nilai faktor reduksi (ϕ) = 0,9.

- Kapasitas momen terhadap tulangan bagian tarik dan tulangan bagian tekan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times (d - \frac{a}{2}) + C_s \times (d - d') \\ &= (253712,25 \times (542 - \frac{(33,12)}{2})) + -22422,6 \\ &\quad \times (542 - 58)) \times 10^{-6} \\ &= 133,14 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 133,14 \text{ kNm} \\ &= 119,8 \text{ kNm} > M_u + \\ &= 119,8 \text{ kNm} > 49,4 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

4. Desain Penulangan Transversal

a. Gaya geser dari momen Probable

1) Momen Probable

- Rangka bergoyang ke kanan

Momen ujung tumpuan kanan positif (M_{pr1})

$$A_s = 804,28 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \times 804,28 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 55,195 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= 1,25 \times 804,28 \times 420 \times \left(542 - \frac{55,193}{2}\right) \\ &= 217,20 \text{ kN.m (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan negatif (M_{pr3})

$$A_s = 1206,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \times 1206,4 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 82,79 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr3} &= 1,25 \times 1206,4 \times 420 \times \left(542 - \frac{82,79}{2}\right) \\ &= 317,06 \text{ kN.m (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

- Rangka bergoyang ke kiri

Momen ujung tumpuan kanan positif (M_{pr2})

$$A_s = 804,28 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \times 804,28 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 55,195 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= 1,25 \times 804,28 \times 420 \times \left(542 - \frac{55,193}{2}\right) \\ &= 217,20 \text{ kN.m (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan negatif (M_{pr4})

$$A_s = 1206,4 \text{ mm}^2$$

$$a_{pr1} = \frac{1,25 \times 1206,4 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 82,79 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr3} &= 1,25 \times 1206,4 \times 420 \times \left(542 - \frac{82,79}{2}\right) \\ &= 317,06 \text{ kN.m (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

2) Gaya geser

- a. Gaya geser dihitung dari goyangan rangka. Diambil V_g akibat beban gravitasi terfaktor yaitu $1,2D + 1,0L$. Gaya geser yang dihasilkan dengan bantuan dari software ETABS adalah sebagai berikut :

$$V_{g \text{ tumpuan}} = 78,4 \text{ kN}$$

$$V_{g \text{ lapangan}} = 78,4 \text{ kN}$$

- Rangka bergoyang ke kanan

$$\begin{aligned} V_{\text{sway-tum}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n} \\ &= \frac{217,20 + 317,06}{5,5} = 97,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total reaksi diujung kanan balok} &= 97,14 + 78,4 \\ &= 175,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total reaksi diujung kiri balok} &= 97,14 - 78,4 \\ &= 18,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Rangka bergoyang ke kiri

$$\begin{aligned} V_{\text{sway-tum}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n} \\ &= \frac{217,20 + 317,06}{5,5} = 97,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total reaksi diujung kiri balok} &= 81,6 + 96,79 \\ &= 178,39 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total reaksi diujung kanan balok} &= 97,14 - 78,4 \\ &= 18,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

- b. Penulangan Transversal

1) Pada tumpuan

$$\text{Gaya geser } (V_u) \text{ pada tumpuan} = 178,39 \text{ kN}$$

$$\text{Sesuai SNI 2847:2019 pasal 18.6.5.2. } V_c = 0 \text{ kN}$$

bilamana keduanya (1) dan (2) terjadi.

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum.

$$V_g = 97,14 \text{ kN} > 0,5 V_u$$

$$V_g = 97,14 \text{ kN} > 0,5 \times 178,39 = 89,2 \text{ kN (terpenuhi)}$$

- Gaya tekan aksial terfaktor P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 20$.

$$\begin{aligned} P_u &= 12 \text{ kN} < A_g f'_c / 20 \\ &= 12 \text{ kN} < (300 \times 600 \times 30) / 20 \\ &= 12 \text{ kN} < 270 \text{ kN (terpenuhi)} \end{aligned}$$

Maka V_c diambil sama dengan 0 kN

- Desain penulangan transversal

$$V_c = 12 \text{ kN}$$

$$V_u = 178,39 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_s &= A_v \times f_y \times d / s \\ &= 235,619 \times 420 \times 542 / 100 \\ &= 536,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 542 \\ &= 587,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \text{ terkecil} \\ &= 548,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n / V_u &= 0,75 \times 548,3 / 178,39 \\ &= 2,3 \end{aligned}$$

$$\phi V_n / V_u \geq 1 \rightarrow \text{OK}$$

Direncanakan tulangan geser 3 10D 70

$$\begin{aligned} A_v &= (1/4 \pi D^2) n \\ &= 1/4 \pi 10^2 (3) = 235,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \rightarrow s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{235,6 \times 420 \times 542}{536,3} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_v / s = 235,6/100 = 2,36 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{vt} / s = 2 \left(\frac{A_t}{s} \right) + \left(\frac{A_v}{s} \right)$$

$$= 2 (0,425) + (2,36) = 73,4 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$s_{\text{torsion\&geser}} = 235,6 \text{ mm} / 3,21 \text{ mm}^2/\text{mm} = 73,4 \text{ mm}$$

Tulangan tumpuan dipasang 3 leg D10-70 mm < 73,4 mm → Ok
disyaratkan spasi sengkang sebagai berikut :

$$s = 70 \text{ mm} < d/4 = 542/4 = 135,5 \text{ mm (terpenuhi)}$$

$$s = 70 \text{ mm} < 150 \text{ mm (terpenuhi)}$$

$$s = 70 \text{ mm} < 6 \times 16 = 114 \text{ mm (terpenuhi)}$$

2) Pada lapangan

Gaya geser sesuai dengan analisa struktur pada lapangan adalah sebesar 283,8 kN diambil dari hasil analisis ETABS

- Desain penulangan transversal

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 0,17 \times (1) \times \sqrt{30} \times (300) \times (542) \times 10^{-3} \\ &= 161,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = (0,75) \times (161,4) = 121,5 \text{ kN}$$

$\phi V_c < V_u \rightarrow$ Dibutuhkan tulangan geser
direncanakan tulangan geser 3 leg D10-150 mm.

$$\begin{aligned} A_v &= (1/4 \pi D^2) n \\ &= 1/4 \pi 10^2 (3) = 235,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{0,62 \sqrt{f'_c} b s}{f_y} \rightarrow s = \frac{A_v \times f_y}{0,62 \sqrt{f'_c} b} = \frac{235,62 \times 420}{0,62 \sqrt{30} \times 300} \\ &= 96,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan geser 3 leg D10 mm . Tulangan lapangan dipasang 3D10-150 mm . Syarat spasi maksimum pada tulangan geser bagian lapangan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 s &= 150 \text{ mm} < d/2 = 542/2 = 271 \text{ mm (terpenuhi)} \\
 s &= \frac{A_v \times f_y}{0,35 \times b \times w} \\
 &= \frac{96,8 \times 420}{0,35 \times 300} \\
 &= 387,2 > 150 \text{ mm (terpenuhi)} \\
 s &= 150 \text{ mm} < 600 \text{ mm (terpenuhi)}
 \end{aligned}$$

4.10 Desain Penulangan Kolom

Perhitungan penulangan kolom sistem rangka gedung mengikuti SNI 2847-2019 pasal 21.13.4.3 dimana mengikuti pasal 21.6.3, 21.6.4, 21.6.5, dan 21.7.3.1. Data perencanaan untuk desain penulangan kolom pada desain system struktur rangka gedung untuk contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

Data perencanaan Kolom :

Tinggi kolom (L)	: 400 cm
T. bersih kolom (L_n)	: 400 cm
Dimensi kolom	: 750 x 750 cm
Mutu beton f_c'	: 30 MPa
Mutu baja f_y	: 420 MPa
Ø tul memanjang	: D 19 mm
Ø tul sengkang	: D 10 mm
Tinggi efektif(d)	: $H - p - D_s - \frac{D}{2}$
	: $750 - 40 - 10 - \frac{19}{2} = 690,5 \text{ mm}$

Tabel 4.29 Gaya Aksial Lentur

Aksial - Lentur			
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
P max	114,081	161,608	1,655
P min	-1897,413	39,984	121,265
M2 Max	114,081	161,608	1,655
M2 Min	-710,988	-154,855	-77,135
M3 Max	66,164	6,158	174,302
M3 Min	-1185,838	-115,620	-147,456

1. Cek syarat komponen struktur penahan gempa

Gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sembarang kombinasi beban yang melebihi $A_g f'_c / 10$ (2847:2019 pasal 18.7.2.1)

$$\begin{aligned} A_g f'_c / 10 &= (750 \times 750 \times 30) / 10 \\ &= 1687,500 \text{ kN} = 1897,313 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Tentukan tulangan longitudinal penahan lentur.

Luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari 0,01 A_g dan lebih dari 0,06 A_g (SNI 2847:2019 pasal 18.7.4.1)



Gambar 4.32 Diagram Interaksi P-M *SpCol* Kolom Bawah

3. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap beban aksial terfaktor

Sesuai dengan SNI 2847:2019 Pasal Kapasitas Beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur.

$$A_g = 750 \times 750 = 562500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 32 \times 3,14 \times 19^2 = 36273,28 \text{ mm}^2$$

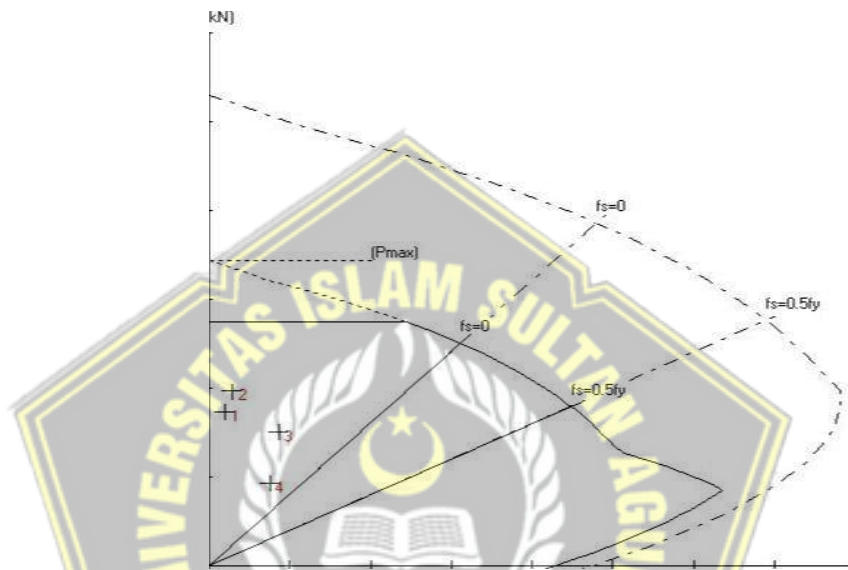
$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{Max}) &= 0,8 \times \phi \times [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 30 \times (562226,72) + 420 \times 36273,28] \\ &= 22212544 \text{ N} = 2221,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka, $\phi P_n \text{ Max} > P_u$

$$2221,25 > 1897,413$$

4.10.1 Pengecekan Perilaku Struktur *Strong Column Weak Beam*

Konsep *strong column weak beam* didasarkan pada momen nominal dari balok yang mengekang kolom. Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.3.2, kuat lentur setiap kolom harus memenuhi atau lebih besar 1,2 kali hasil tahanan lentur dari balok (konsep desain kapasitas) dan hasil analisa kolom desain adalah sebagai berikut baik untuk join atas maupun join bawah



Gambar 4.33 Diagram Interaksi P-M pada Kolom 750x750 untuk Menentukan Nilai Momen Nominal Kolom

Dari gambar diatas didapatkan nilai M_n kolom sebagai berikut :

$$M_{n \text{ kolom}+} = M_1 = 133,114 \text{ kN}$$

$$M_{n \text{ kolom nominal}} = M_2 = 556,967 \text{ kN}$$

$$M_{n \text{ kolom-}} = M_3 = 217,197 \text{ kN}$$

Cek syarat *strong column weak beam* kolom sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= 2 * M_{nc} > 1,2 * (M_n - + M_{n+}) \\ &= 2 * 556,967 > 1,2 * (217,197 + 133,114) \\ &= 1113,934 > 420,3732 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dengan hasil diatas dapat disimpulkan bahwa elemen kolom memenuhi desain *strong column weak beam*

4.10.2 Perhitungan Tulangan Transversal Sebagai *Confinement*

1. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*).

Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom dengan l_o merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.1) :

- Tinggi komponen struktur di joint, $h = 750$ mm

- 1/6 bentang bersih komponen struktur

$$1/6 (3400 \text{ mm}) = 566,7 \text{ mm}$$

- 450 mm

Maka jarak untuk l_o digunakan 750 mm

2. Tentukan spasi maksimum *hoop*, s_{max} , pada daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{max} merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.3) :

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum

$$= \frac{b}{4} = \frac{750}{4} = 187,5 \text{ mm}$$

- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil

$$6db = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

- s_o , dengan s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm

$$- s_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3} = 100 + \frac{350 - (250)}{3} = 133,333 \text{ mm}$$

Nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Maka $s_{max} = 114$ mm, dan dapat digunakan spasi *hoop* (s) = 100 mm (minimum) sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom.

3. Penentuan luas tulangan *confinement*

Untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.4) :

$$\frac{A_{sh1}}{s} = 0,3 \times \frac{b_c \times f'_c}{f_{yt}} \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh2}}{s} = 0,09 \times \frac{b_c \times f'_c}{f_{yt}}$$

dimana:

b_c = lebar penampang inti beton yang terkekang

$$= b - 2 C_c$$

$$= 750 - 2 \times 40 = 670 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= \text{luas tulangan yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal} \\
 &= (b-2p) \times (b-2p) \\
 &= (750 - 2 \times 40) \times (750 - 2 \times 40) = 448900 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

sehingga,

$$\frac{A_{sh1}}{s} = 0,3 \times \frac{bc \times f_c}{f_{yt}} \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh1}}{s} = 0,3 \times \frac{670 \times 30}{420} \times \left(\frac{750 \times 750}{448900} - 1 \right) = 3,633 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh2}}{s} = 0,09 \times \frac{bc \times f_c}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{sh2}}{s} = 0,09 \times \frac{670 \times 30}{420} = 4,307 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Trial and error pakai sengkang 4D10-100 mm.

$$A_{s_{pakai}} = \left(\frac{1}{4} \pi D^2 n \right) / s$$

$$= \frac{1}{4} \pi 10^2 (4) / 100 \text{ mm} = 3,14 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{s_{pakai}} > \frac{A_{sh1}}{s} ; A_{s_{pakai}} > \frac{A_{sh2}}{s} \rightarrow \text{OKE}$$

4. Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi hoop dengan spasi minimum (SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.5) :

- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil

$$6db = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

- 150 mm

Maka $s_{min} = 114 \text{ mm}$, dan dapat digunakan spasi hoop (s) = 110 mm sepanjang sisa tinggi kolom bersih.

4.10.3 Perhitungan Gaya Geser Desain V_e

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan kebutuhan tulangan transversal harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di pertemuan joint di setiap ujung komponen struktur. Gaya joint ini ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum M_{pr} di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan m_{pr} komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus V_e tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor yang sudah ditentukan oleh analisa struktur. ($V_e < V_u$)

$$V_e = \frac{M_{pr\ atas} + M_{pr\ bawah}}{l_n}$$

M_{pr} ditentukan berdasarkan asumsi dari tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit $1,25 f_y$ dan faktor reduksi kekuatan sebesar 1,0 sehingga nilai f_y untuk geser sebesar $1,25 f_y = 1,25 \times 420 = 525$ MPa.

Dalam gaya dalam ETABS akibat kombinasi maksimum – minimum gempa arah X

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{M_{pr\ atas} + M_{pr\ bawah}}{l_n} \\ &= \frac{165,28 + 250,28}{3.4} \\ &= 122,223 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u = 72 \text{ kN}$$

Kontrol, $V_e > V_u$

$$122,223 > 72 \text{ kN}$$

Perencanaan geser memenuhi syarat sesuai dengan SNI 2847:2019 Pasal , dimana nilai V_e tidak boleh lebih kecil dari nilai geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan hasil analisa struktur. Besarnya nilai V_u akan ditahan oleh kuat geser beton (V_c) dan kuat tulangan geser (V_s). Nilai V_c dapat dianggap = 0, sesuai SNI 28847:2019, Apabila gaya geser yang ditimbulkan gempa, V_e mewakili setengah atau lebih kekuatan geser perlu maksimum l_o .

$$- 50\% \cdot V_e > V_u$$

$$0,5 \times 122,223 > 72$$

$$61,1115 > 72 \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$- P_u < A_g f'_c / 10$$

$$1897,313 < 1687 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Salah satu syarat tidak memnuhi sehingga $v_c \neq 0$ dan harus dihitung dengan cara :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \quad (\text{SNI 2847:2019 22.5.6.1})$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{1897,313}{14 (750 \times 750)} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 750 \cdot 690,5$$

$$= 482324,271 \text{ N} = 482,324 \text{ kN}$$

Sedangkan besar V_s dihitung berdasarkan tulangan *confinement* Ash yang terpasang ddipakai 2D10-100

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s}$$

$$= \frac{3,14 \times 420 \times 690,5}{100}$$

$$= 9106,314 \text{ N} = 9,106 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi, } \phi (V_c + V_s) = 0,75 (482,324 + 9,106)$$

$$= 368,5725 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_s) > V_e$$

$$368,5725 > 122,223 \text{ (memenuhi)}$$

- Spasi tulangan geser tidak melebihi $d/2$

$$d/2 = 690,5/2 = 345,25 \text{ mm, maka digunakan 4D10-100}$$

4.10.4 Hubungan Balok Kolom

1. Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok (SNI 2847:2019 pasal)

$$b = 750$$

$$h = 750$$

$$20d_b = 20 \times 19 = 380 \text{ mm (memenuhi)}$$

2. Tulangan Transversal untuk *confinement*

Jumlah tulangan *confinement* dapat memakai seperti pada pendetailan tulangan transversal kolom pada *lo* sebagaimana diisyaratkan pada SNI 2847:2019 jadi dapat digunakan 4D10-100.

3. Hitung gaya geser pada joint

Pada joint kekakuan kolom atas dan bawah sama, sehingga $df = 0,5$ untuk setiap kolom, sehingga :

$$M_u = 0,5 (M_{pr}^+ + M_{pr}^-)$$

$$= 0,5 (165,28 + 250,28) = 207,78 \text{ kNm}$$

4. Hitung geser pada kolom

$$V_h = \frac{2 \times M_u}{l_n} = \frac{2 \times 207,78}{3,4} = 122,23 \text{ kN}$$

5. Hitung gaya pada tulangan balok longitudinal

$$A_s \text{ balok kanan } 6D16 = 1206,4 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 1,25 A_s' f_y \\
 &= 1,25 \cdot 1206,4 \cdot 420 \\
 &= 633360 \text{ N} = 633,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ balok kiri 6D16} = 1206,4 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 T_2 &= 1,25 A_s' f_y \\
 &= 1,25 \cdot 1206,4 \cdot 420 \\
 &= 633360 \text{ N} = 633,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

6. Hitung gaya geser pada joint

$$\begin{aligned}
 V_j &= T_1 + T_2 - V_h \\
 &= 633,3 + 633,3 - 122,23 \\
 &= 1144,37 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

7. Cek kuat geser joint

Kuat geser joint yang dikekang di keempat sisi adalah (SNI 2847 : 2019)

$$\begin{aligned}
 V_n &= 1,7 \sqrt{f'_c} A_j \\
 &= 1,7 \sqrt{30} (750 \times 750) \\
 &= 5237,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n > V_j$$

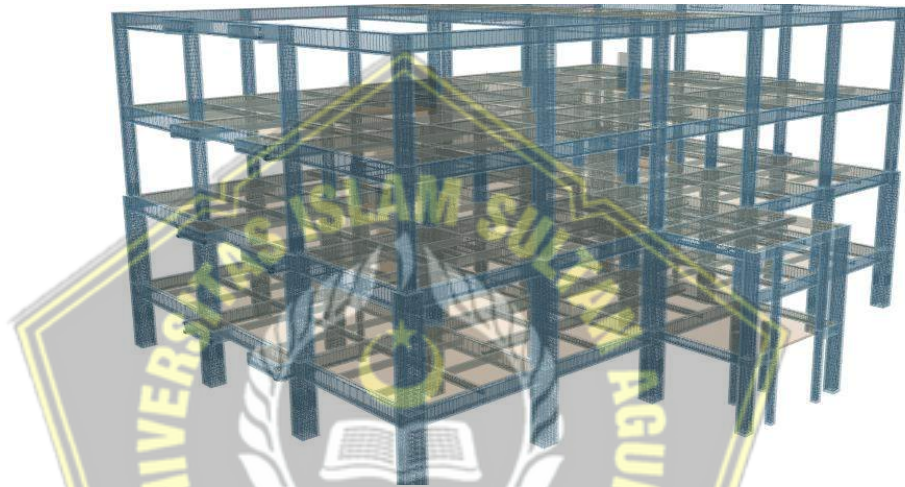
$$0,75 \times 5237,6 > 1144,37$$

$$3928,2 > 1144,37 \text{ (memenuhi)}$$

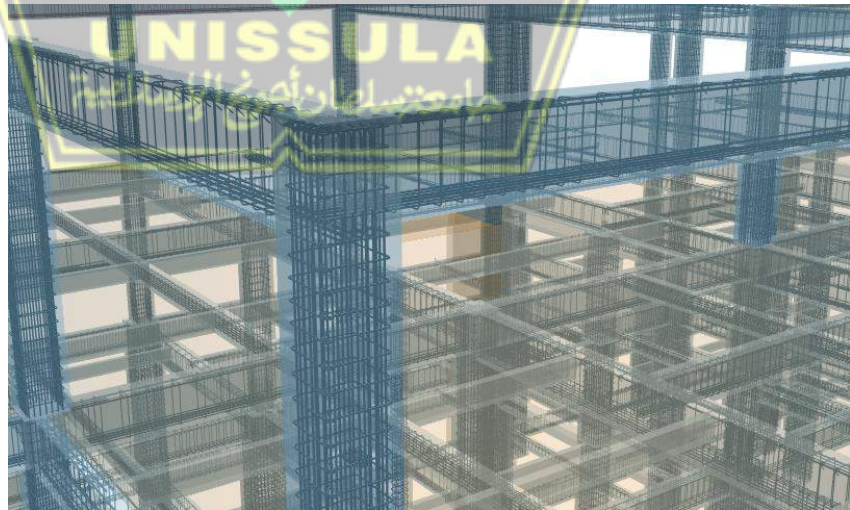
4.11 Permodelan Csi Detailing dan Perhitungan Volume Tulangan

4.11.1 Permodelan 3D Detail Penulangan

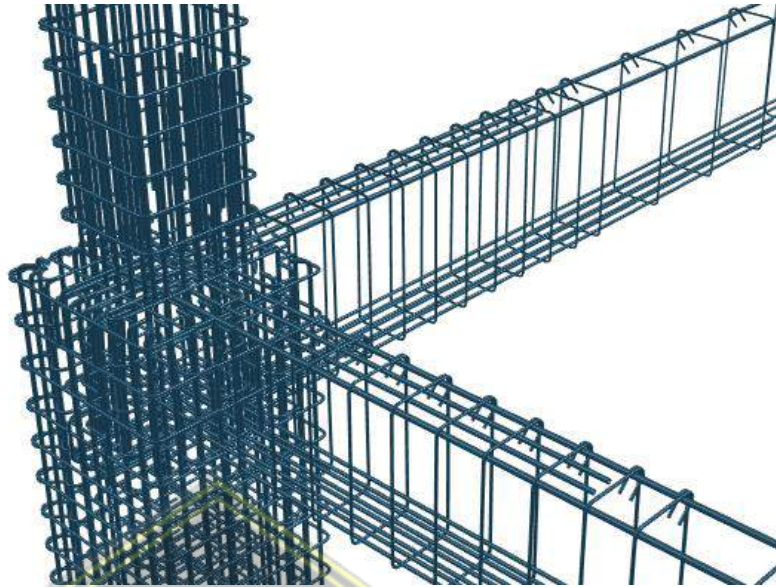
Permodelan *Csi Detailing* pada struktur dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Csi Detailing* v18. Dengan pemodelan struktur serta tulangnya disesuaikan dengan *output* Etabs yang di rencanakan secara otomatis. Adapun gambar dari *ouput* aplikasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.34



Gambar 4.34 Permodelan 3D *Csi Detailing*



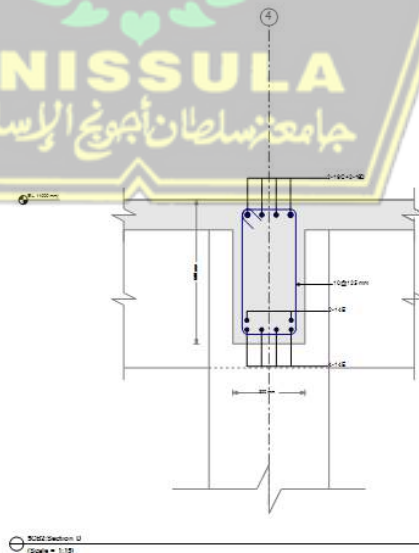
Gambar 4.35 Penulangan 3D gedung Ma'had IAIN



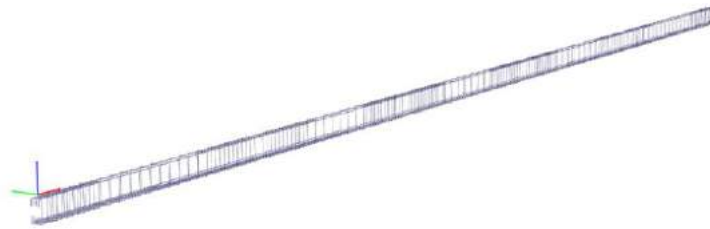
Gambar 4.36 Penulangan 3D detail joint

4.11.2 Perhitungan Volume Tulangan

Dari hasil perhitungan volume menggunakan aplikasi *Csi Detailing v18* didapatkan hasil seperti gambar 4.37 dan 4.38 sebagai contoh gambar kerja dengan volume tulangan di gambar 4.39



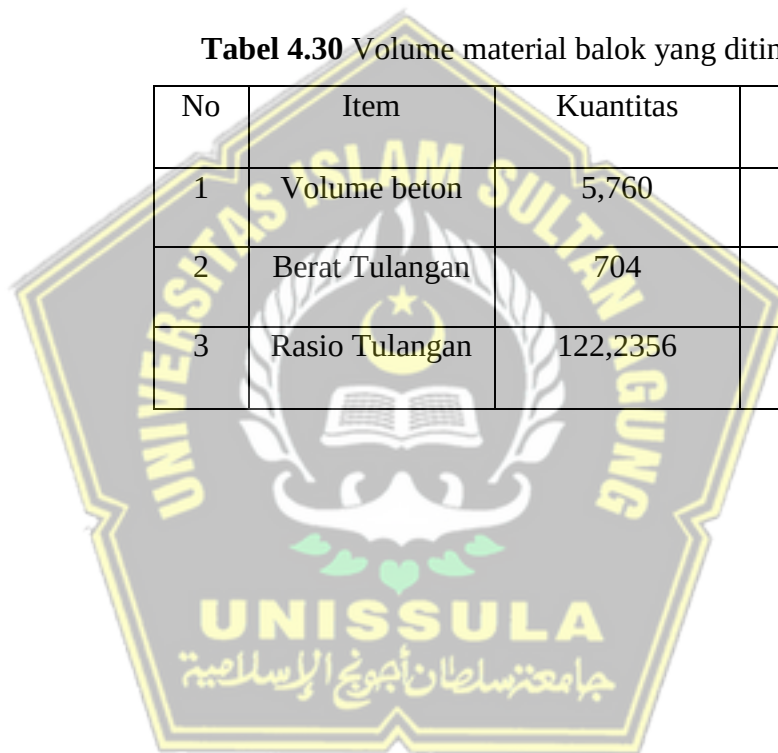
Gambar. 4.37 Potongan Balok 30x60 *Csi Detailing*



Gambar. 4.38 Penulangan 3D balok yang ditinjau

Tabel 4.30 Volume material balok yang ditinjau

No	Item	Kuantitas	Satuan
1	Volume beton	5,760	Cu M
2	Berat Tulangan	704	Kg
3	Rasio Tulangan	122,2356	Kg/Cu M



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan Gedung Ma'had IAIN Surakarta yang sudah dibahas pada bab-bab sebelumnya, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Gaya gempa yang direncanakan berdasarkan SNI 1726:2019 menghasilkan kontrol gaya gempa sebagai berikut :
 - a) Gaya gempa berdasarkan SNI 1726 : 2019 Pasal 7.9.1 Kontrol bentuk ragam dan partisipasi massa bangunan sudah terpenuhi di ragam 23 dari total 24 ragam untuk U_x dan U_y sedangkan untuk R_z didapatkan pada ragam ke 24 sehingga partisipasi massa bangunan translasi untuk arah X, Y dan Z sudah terpenuhi 100% dari massa struktur.
 - b) Simpangan antar lantai dari Gedung Ma'had sudah direncanakan sesuai dengan persyaratan yaitu didapatkan hasil simpangan antar lantai terbesar arah X sebesar 31,72 mm dan untuk arah Y sebesar 23,70 mm. Untuk simpangan antar lantai tingkat ijin untuk gedung kategori IV adalah $(0,01) \times H$, untuk H adalah tinggi tingkat yaitu sebesar 40 mm sehingga sudah memenuhi aturan berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1
2. Hasil perencanaan struktur atas yang mengacu pada standart peraturan di Indonesia didapatkan hasil sebagai berikut :
 - a) Plat lantai yang direncanakan 125 mm dengan menggunakan tulangan D10-150 dan didapatkan momen nominal (M_n) sebesar 16,5 kN.m.
 - b) Balok yang ditinjau yaitu menggunakan dimensi 300x600 mm. Didapatkan momen sebesar 221,47 kNm pada area tumpuan dengan tulangan 10D16 dan momen sebesar 142,42 kNm pada area lapangan dengan tulangan 7D16.
 - c) Kekuatan lentur kolom telah memenuhi syarat $\Sigma M_{nc} > 1,2 M_{nb}$. dan Kapasitas beban aksial tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor sehingga didapatkan hasil kapasitas beban aksial kolom sebesar 2221,25 kN dan untuk beban aksial terfaktor sebesar 1897,413 kN.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Budiono. 2017. *“Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Sistim Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistim Dinding Struktur Khusus”*, ITB, Bandung, Indonesia
- Frinsilia Jaglien Liando dkk. 2020. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai. Jurnal Sipil Statik*. Vol 8, Nomer 4: 471-482. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado
- Iswandi Impran & Fajar Hendrik. 2014. *“Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang”*, ITB, Bandung, Indonesia
- Laresi, Y.T. 2017. *Analisis Pushover Terhadap Ketidakberaturan Struktur Gedung Universitas 9 Lantai, Skripsi*. Jakarta: Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie
- Puskim PU. (2021). *Desain Spektra Indonesia*, diakses dari: <http://puskim.pu.go.id/peta-zonasi-gempa/>
- Setiawan, Agus, ST., MT. 2016. *“Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013”*. Erlangga. Jakarta, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. 2019. SNI 1726-2019 *“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung”*, BSN, Jakarta, Indonesia
- Standar Nasional Indonesia. 2020. SNI 1727-2020 *“Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain”*, BSN, Jakarta, Indonesia
- Standar Nasional Indonesia. 2019. SNI 2847-2019 *“Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya”*, BSN, Jakarta, Indonesia

LAMPIRAN





PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

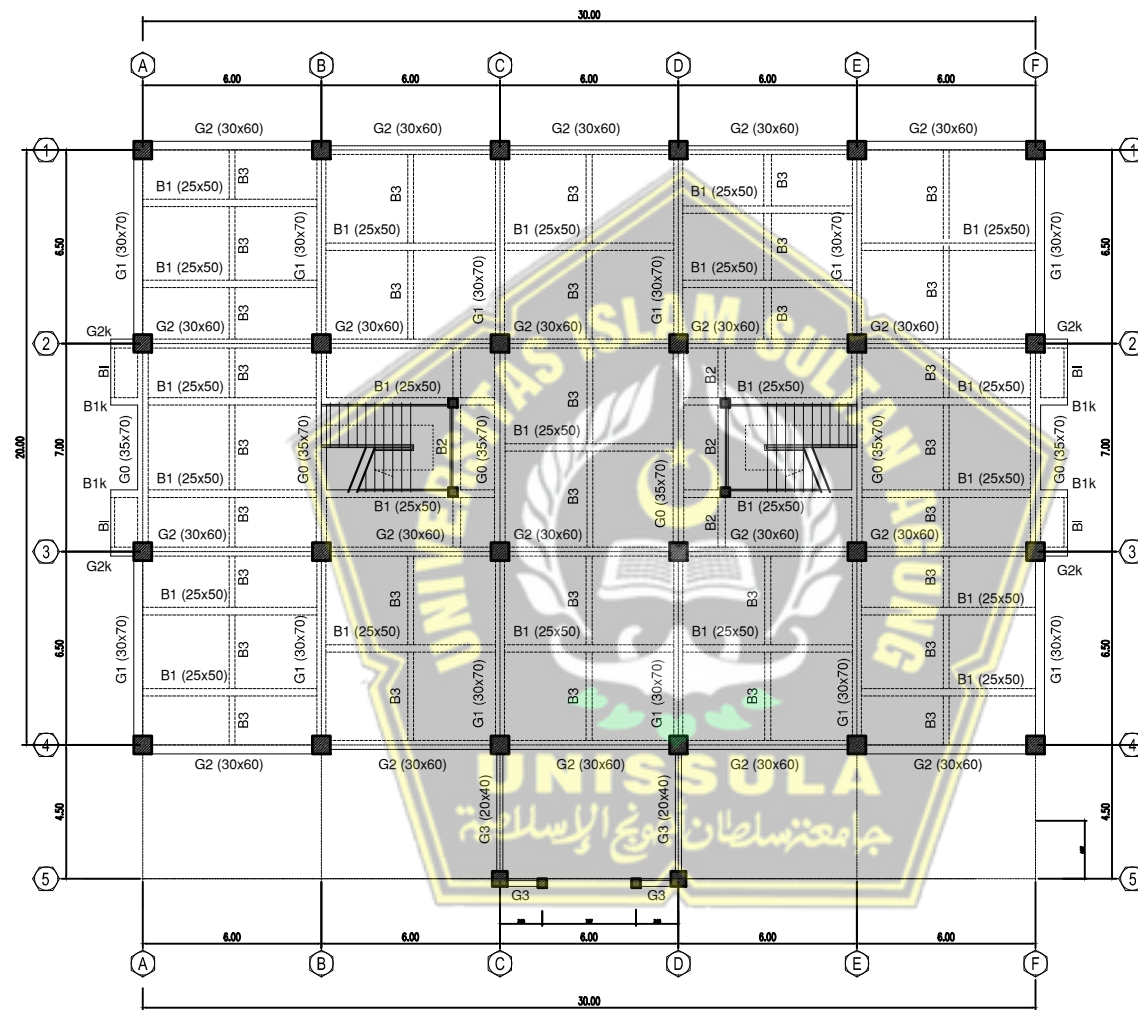
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH BALOK



DENAH BALOK LANTAI I
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

G0 (35x70) B1 (25x50)
G1 (30x70) B2 (25x30)
G2 (30x60) B3 (20x30)
G3a (20x50) B1 (12x30)
G3 (20x40)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

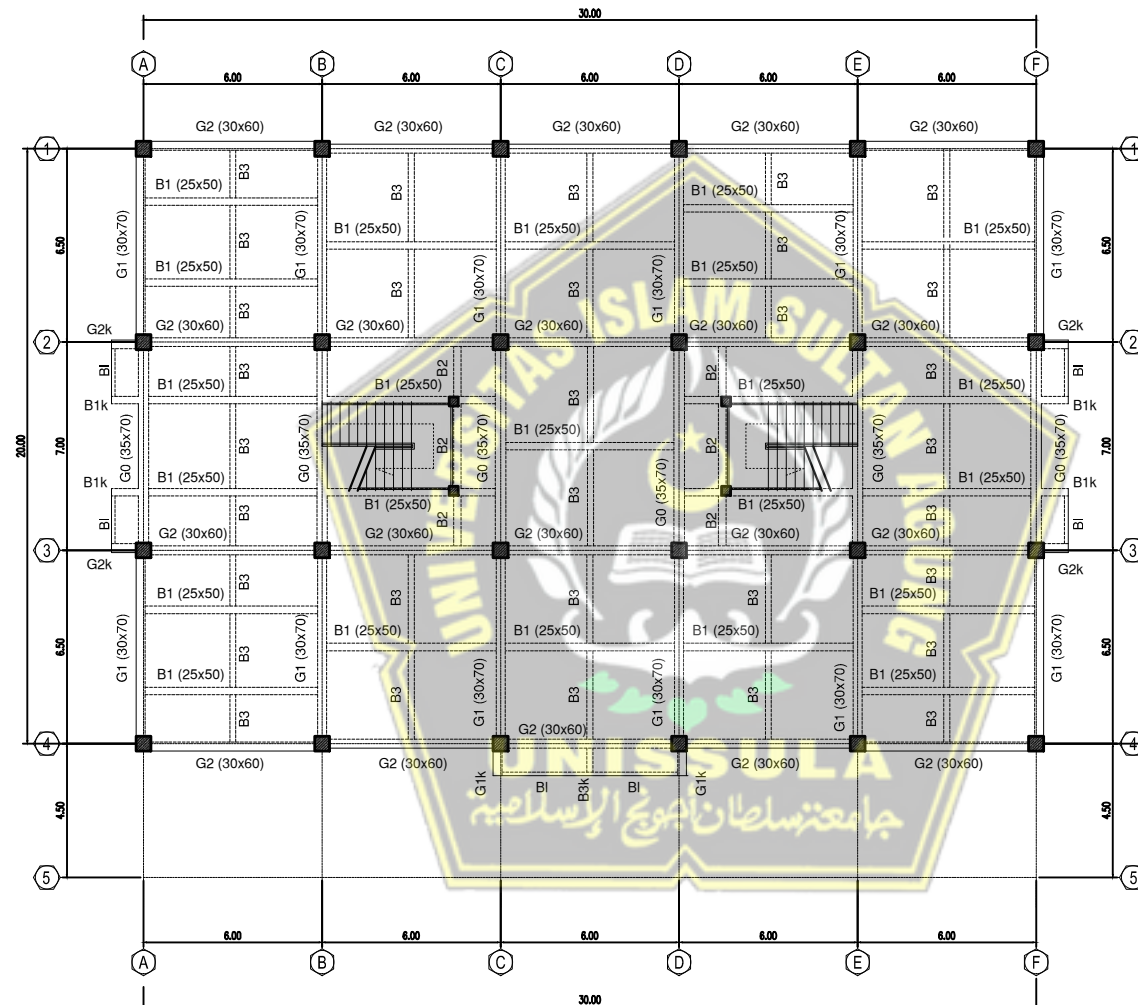
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH BALOK



DENAH BALOK LANTAI 2
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

G0 (35x70) B1 (25x50)
G1 (30x70) B2 (25x30)
G2 (30x60) B3 (20x30)
G3a (20x50) B1 (12x30)
G3 (20x40)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

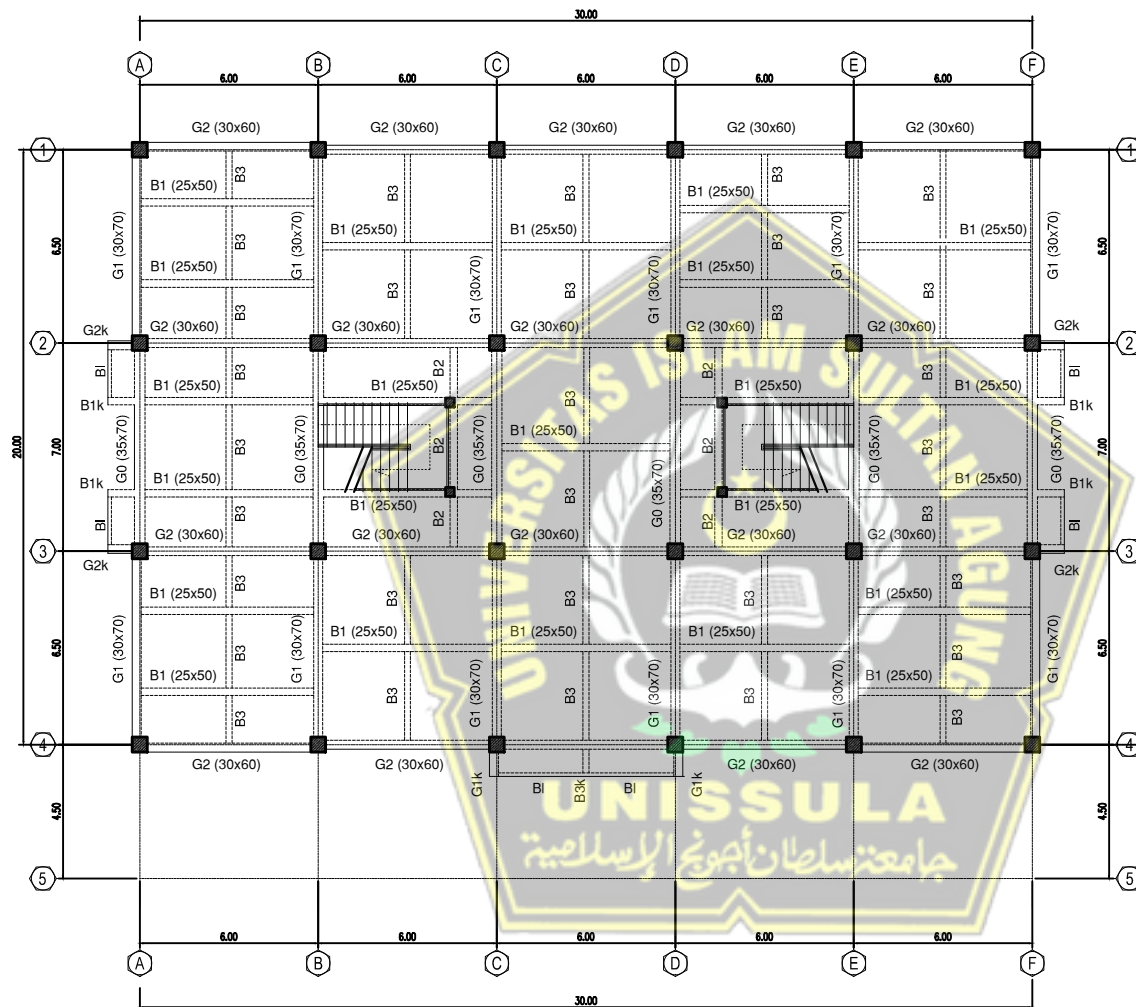
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH BALOK



DENAH BALOK LANTAI 3
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

G0 (35x70) B1 (25x50)
G1 (30x70) B2 (25x30)
G2 (30x60) B3 (20x30)
G3a (20x50) B4 (12x30)
G3 (20x40)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

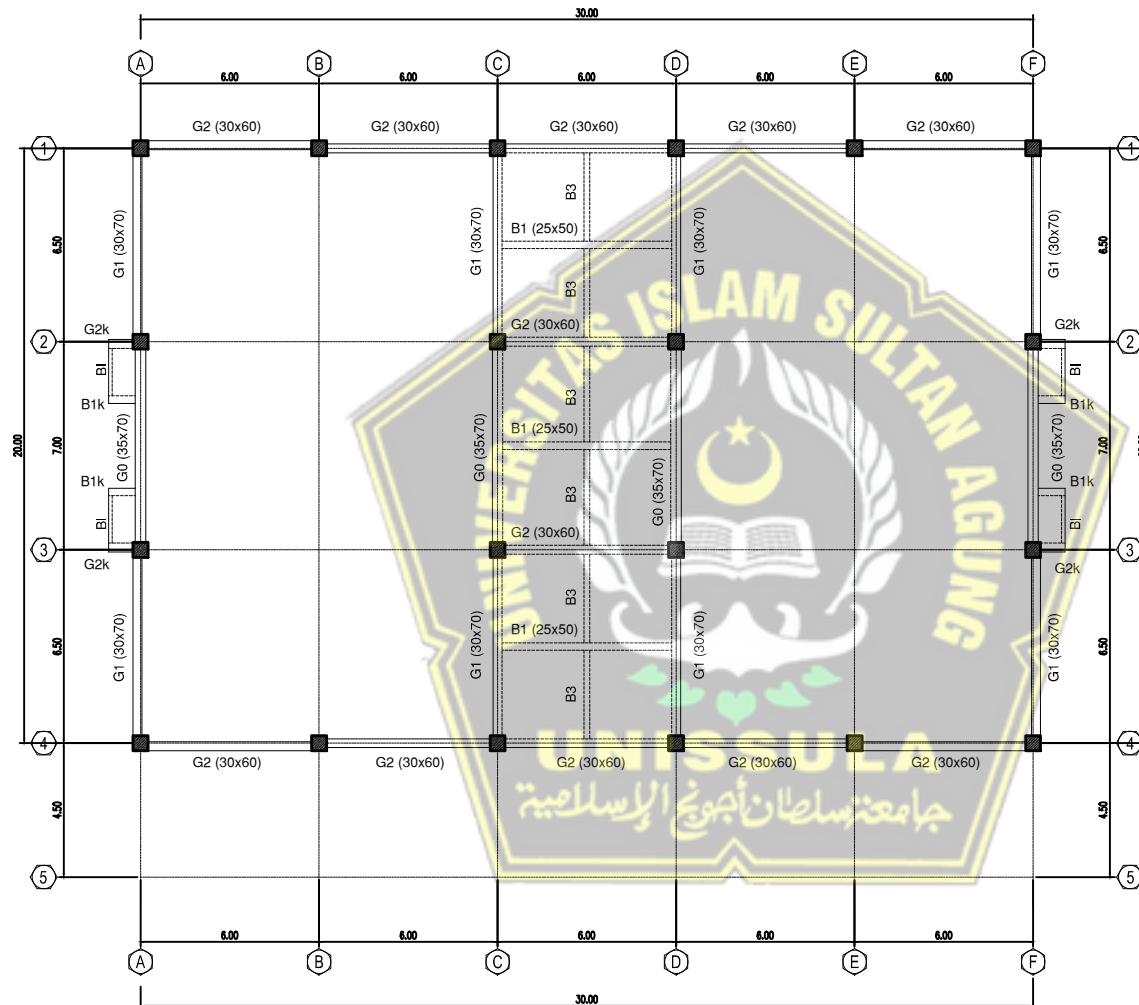
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH BALOK



DENAH BALOK LANTAI ATAP
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

G0 (35x70) B1 (25x50)
G1 (30x70) B2 (25x30)
G2 (30x60) B3 (20x30)
G3a (20x50) B1 (12x30)
G3 (20x40)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

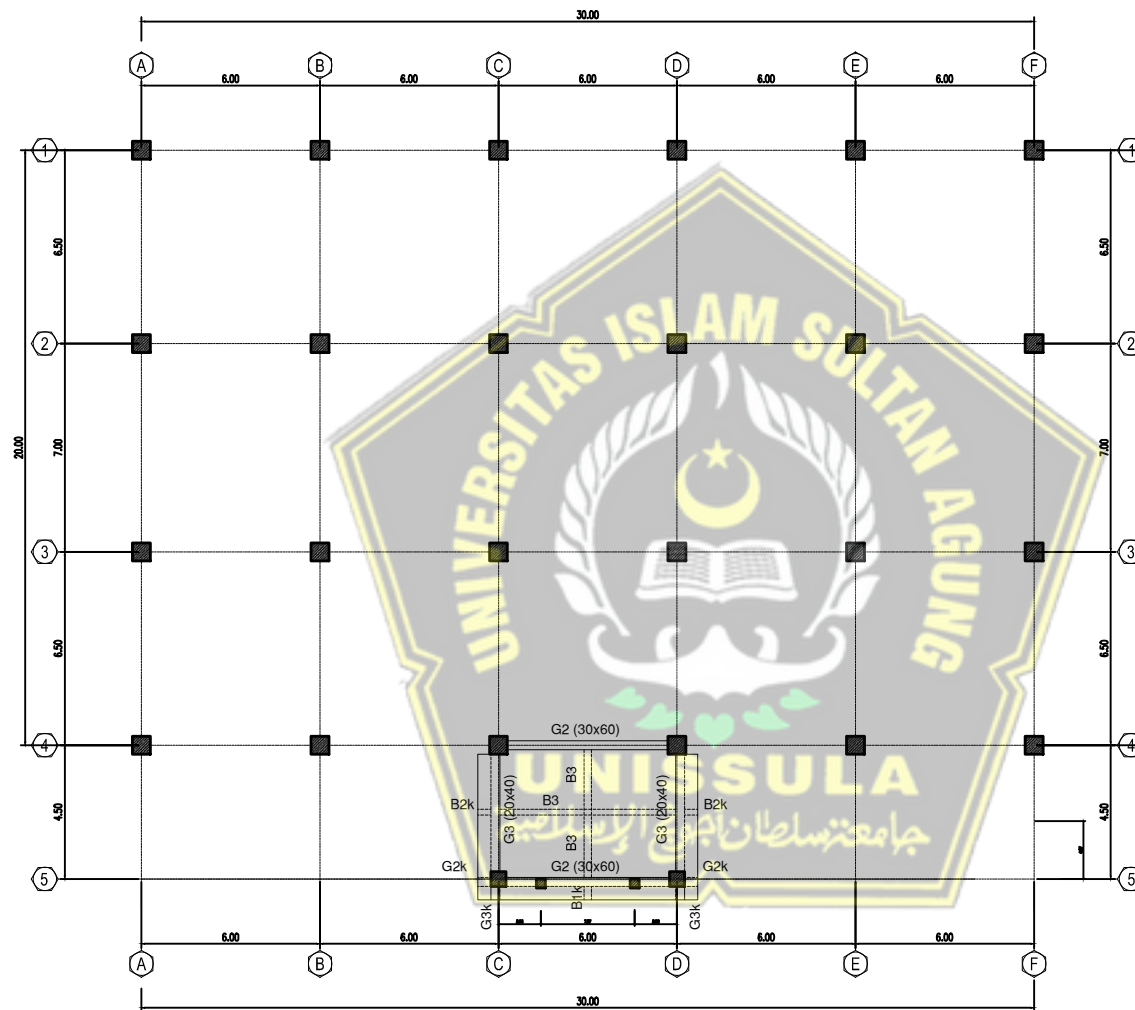
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH BALOK



DENAH BALOK ATAP TERAS
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

G0 (35x70) B1 (25x50)
G1 (30x70) B2 (25x30)
G2 (30x60) B3 (20x30)
G3a (20x50) B1 (12x30)
G3 (20x40)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MAHAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN N'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE G1a 300 X 700		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	700	700
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE G1 300 X 700		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	700	700
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE G2 300 X 600		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	600	600
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE G1a 300 X 700-500		
	TUMPUKAN	LAPANGAN	
	TUL. ATAS	700	700
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE G2a 300 X 600		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	600	600
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE B1 300 X 500		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	500	500
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE G2b 300 X 600-500		
	TUMPUKAN	LAPANGAN	
	TUL. ATAS	600	600
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE B2 300 X 500		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	500	500
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE B3 300 X 400		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	400	400
	TUL. BAWAH	300	300
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE B1 300 X 500		
	TUMPUKAN (#1)	LAPANGAN (#1)	TUMPUKAN (#1)
	TUL. ATAS	500	500
	TUL. BAWAH	400	400
TYPE BALOK DIMENSI POSISI 	BALOK TYPE B1a 300 X 500-300		
	TUMPUKAN	LAPANGAN	
	TUL. ATAS	500	500
	TUL. BAWAH	400	400

DETAIL BALOK
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA



TYPE KOLOM	KOLOM K1		
DIMENSI	600 X 600		
POSISI	UJUNG (L0)	TENGAH (L - L0)	HBK
POTONGAN			
TUL. POKOK	32 D19	32 D19	32 D19
TUL. SENGKANG	D10-100	D10-150	D13-100
TUL. IKAT	-	-	-

TYPE KOLOM	KOLOM K2		
DIMENSI	500 X 500		
POSISI	UJUNG (L0)	TENGAH (L - L0)	HBK
POTONGAN			
TUL. POKOK	24 D19	24 D19	24 D19
TUL. SENGKANG	D10-100	D10-150	D13-100
TUL. IKAT	D10-100	D10-150	D13-100

TYPE KOLOM	KOLOM K3		
DIMENSI	300 X 300		
POSISI	UJUNG (L0)	TENGAH (L - L0)	HBK
POTONGAN			
TUL. POKOK	8 D19	8 D19	8 D19
TUL. SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100
TUL. IKAT	-	-	-

DETAIL KOLOM GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA

SKALA 1 : 25



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MAHAD IAIN SURAKARTA

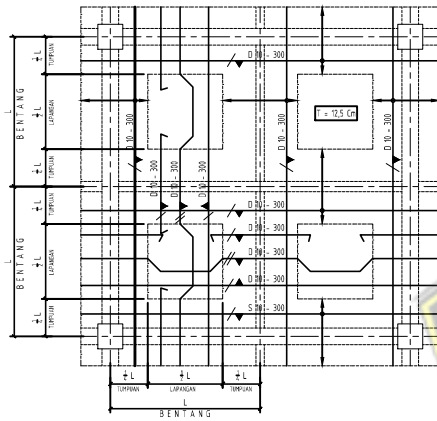
NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

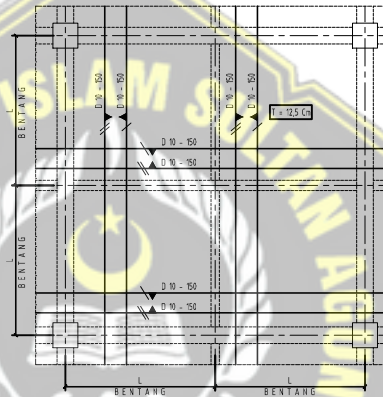
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NIFAM, MT., Ph.D

KETERANGAN



DETAIL PLAT LANTAI S1
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA NTS



DETAIL PLAT LANTAI S2
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA NTS



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MAHAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

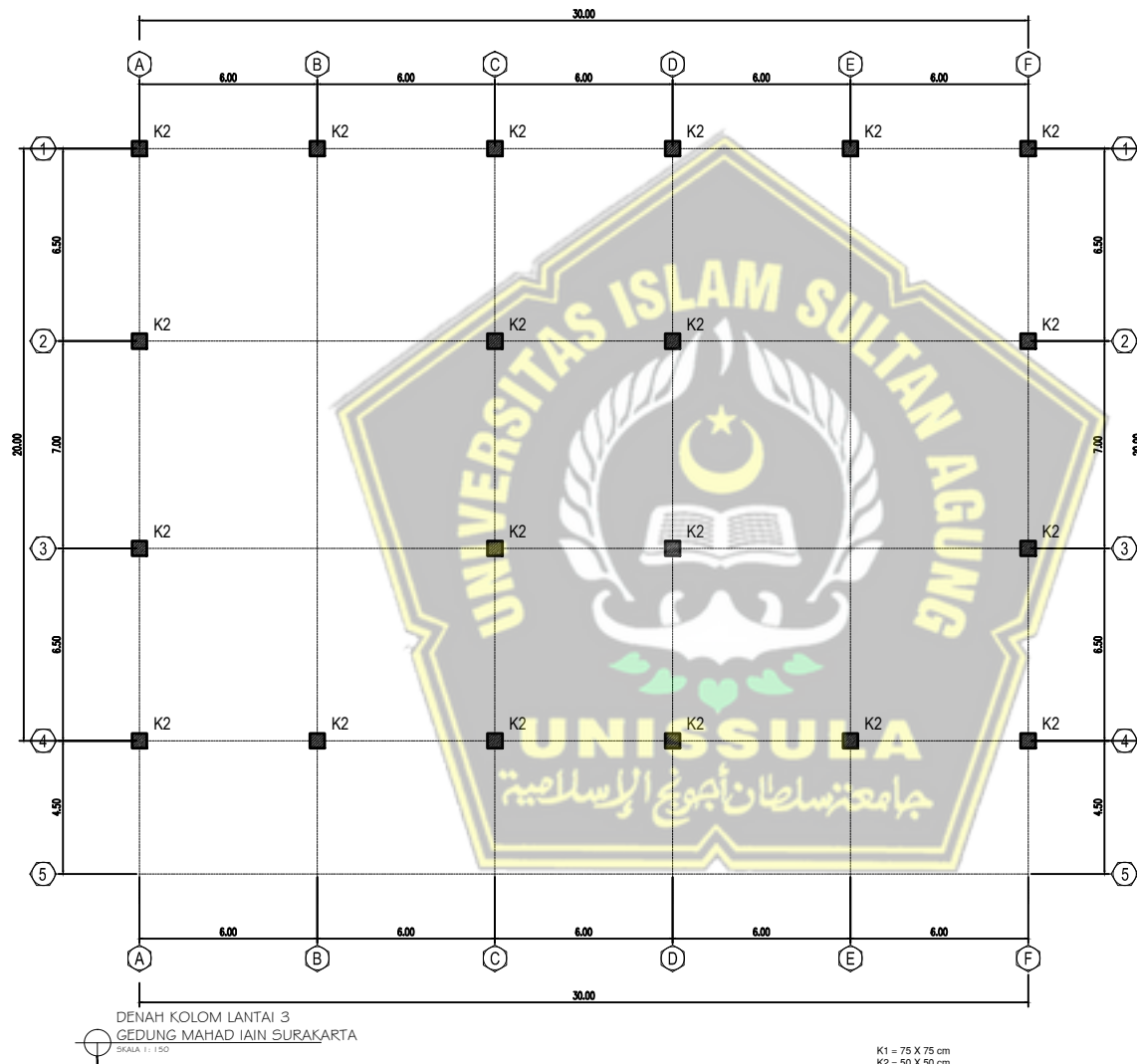
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN N'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

- DATA MUTU BAHAN :
- MUTU BETON
 - $f_c = 41 \text{ MPa}$ (Tiang Pangang)
 - $f_c = 29 \text{ MPa}$ (PILE' CAP, TIE BEAM, KOLOM, BALOK, PELAT)
 - MUTU BAJA PROFIL ASTM A36W ($f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$)
 - MUTU BAJA TULANGAN
 - BJTS-420 MPa (ULIR, D $\geq 10 \text{ mm}$)
 - BJTP-280 MPa (POLOS, D $< 10 \text{ mm}$)
 - BAUT MUTU TIGAS A325 $f_y = 685 \text{ MPa}$
 - TEBAL SAMBUNGAN LAS min. $> 12 \text{ mm}$



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH KOLOM



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

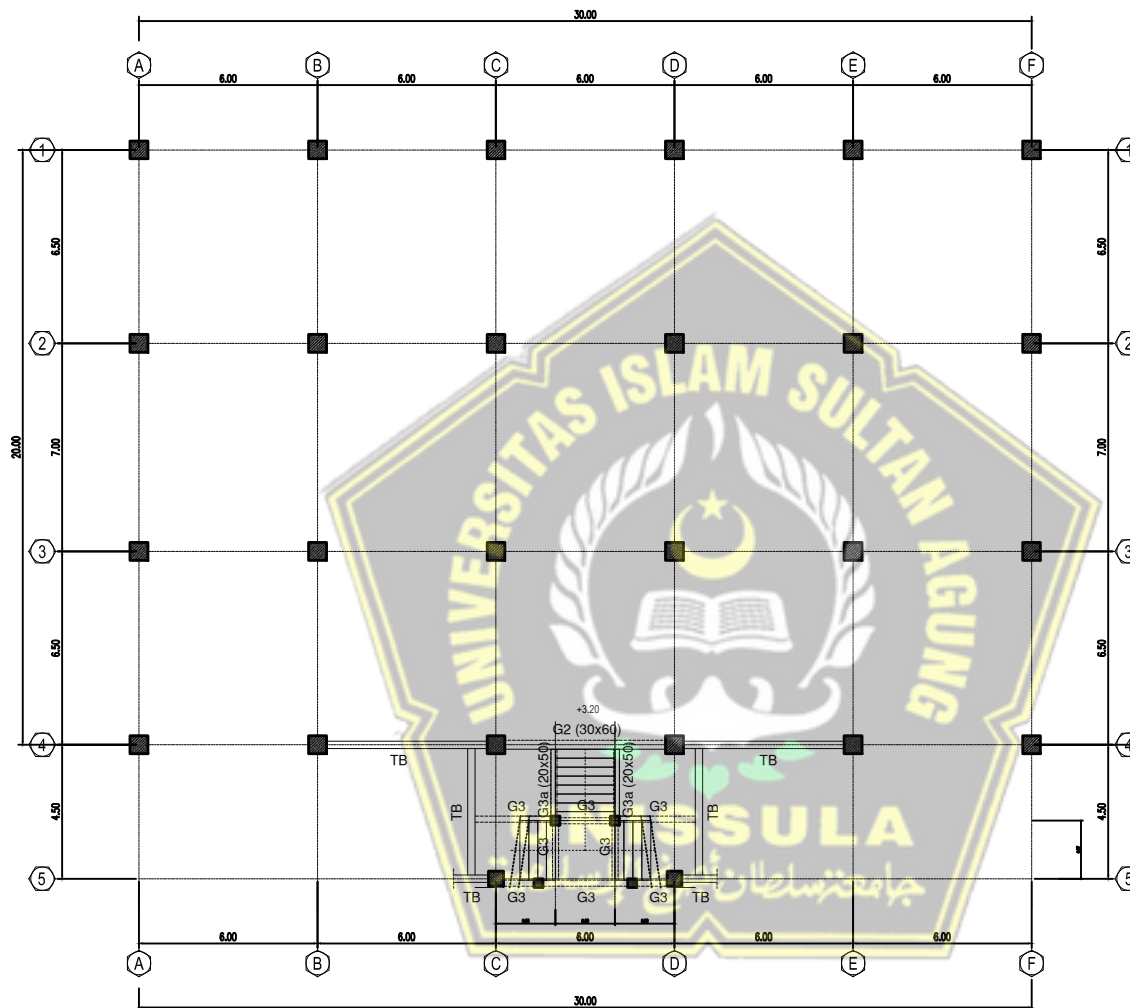
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

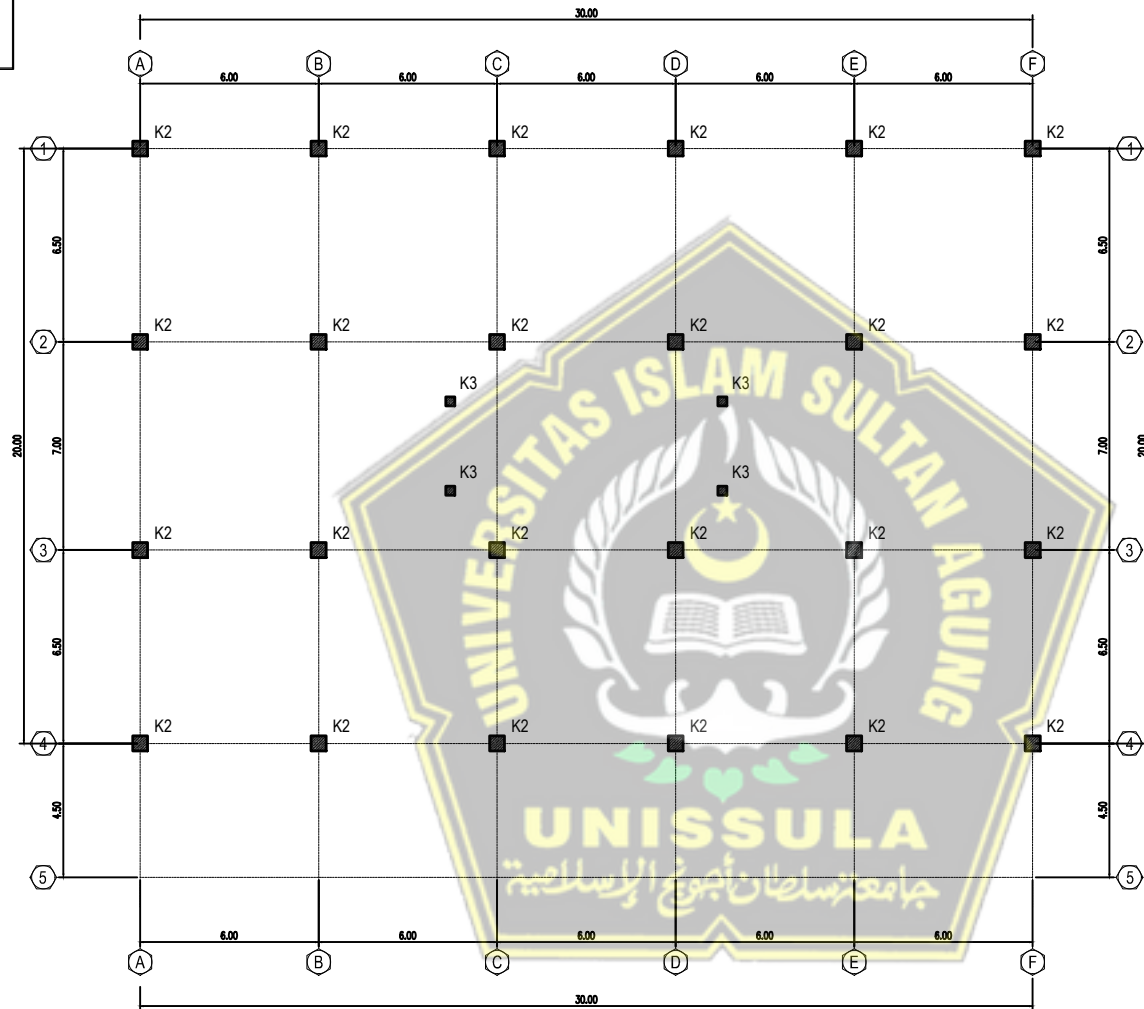
DENAH BALOK



DENAH BALOK TANGGA TERAS
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

G0 (35x70) B1 (25x50)
G1 (30x70) B2 (25x30)
G2 (30x60) B3 (20x30)
G3a (20x50) B1 (12x30)
G3 (20x40)

- DATA MUTU BAHAN :
- MUTU BETON
 - $f_c = 41 \text{ MPa}$ (TANG PANGANG)
 - $f_c = 29 \text{ MPa}$ (PILE CAP, TIE BEAM, KOLOM, BALOK, RELAT)
 - MUTU BAJA PROFIL ASTM A36W ($f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$)
 - MUTU BAJA TULANGAN
 - BUTS-420 MPa (ULIR, $D \geq 10 \text{ mm}$)
 - BUTP-280 MPa (POLOS, $D < 10 \text{ mm}$)
 - BAUT MUTU TINGGI 6325 $f_y = 1685 \text{ MPa}$
 - TEBAL SAMBUNGAN LAS min. $> 12 \text{ mm}$



DENAH KOLOM LANTAI 2
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

K1 = 75 X 75 cm
K2 = 50 X 50 cm
K3 = 30 X 30 cm



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

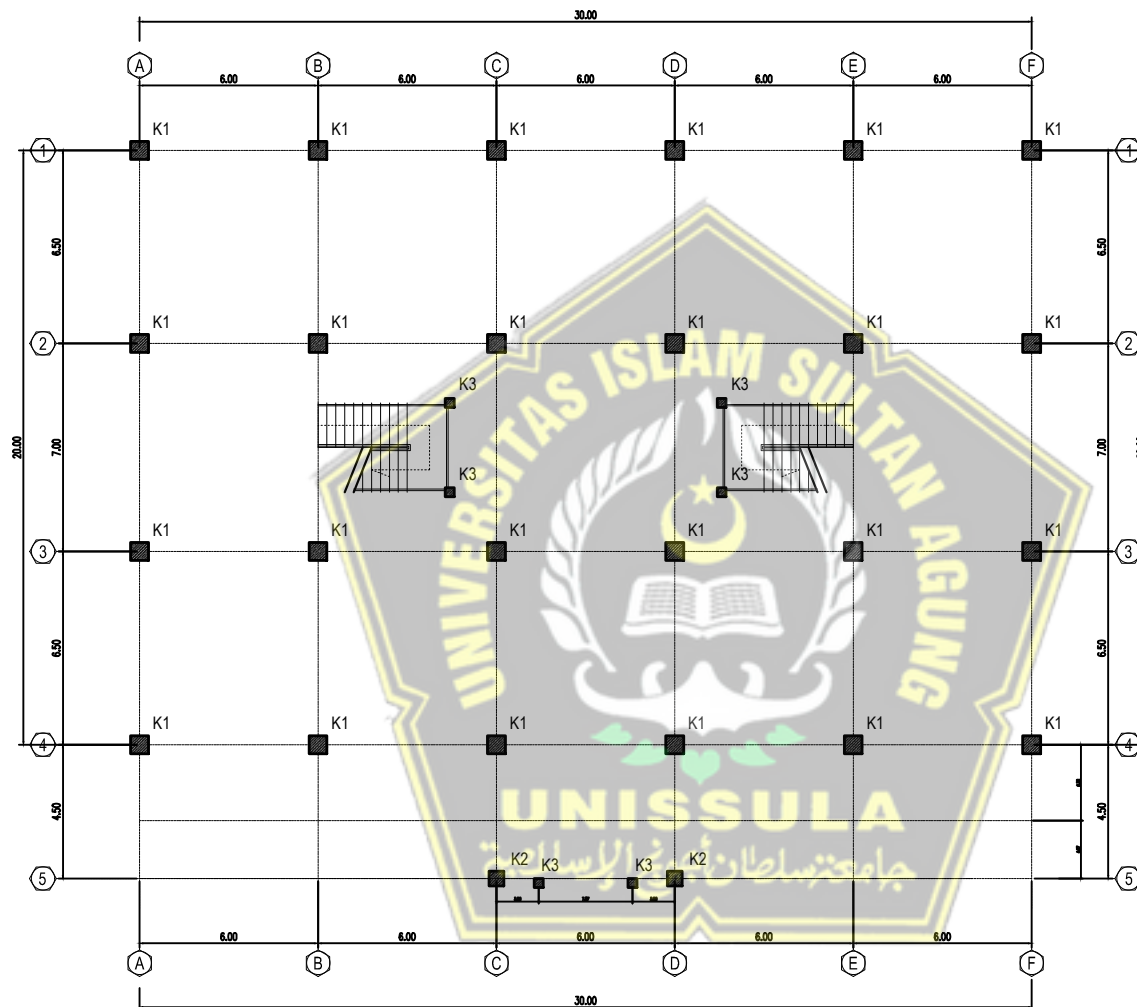
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH KOLOM

- DATA MUTU BAHAN :**
- MUTU BETON
 - $f_c = 41 \text{ MPa}$ (TANGG PANGCANG)
 - $f_c = 28 \text{ MPa}$ (PILE CAP, TIE BEAM, KOLOM, BALOK, RELAT)
 - MUTU BAJA PROFF. ASTM A36W
 - $f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$
 - MUTU BAJA TULANGAN
 - $f_y = 420 \text{ MPa}$ (ULUR, $D \geq 10 \text{ mm}$)
 - $f_y = 280 \text{ MPa}$ (POLOS, $D < 10 \text{ mm}$)
 - MUTU MUTU TONGG
 - $f_y = 600 \text{ MPa}$
 - TEBAL SAMBURAN LAS min. $> 12 \text{ mm}$



DENAH KOLOM LANTAI I
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

K1 = 75 X 75 cm
K2 = 50 X 50 cm
K3 = 30 X 30 cm



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

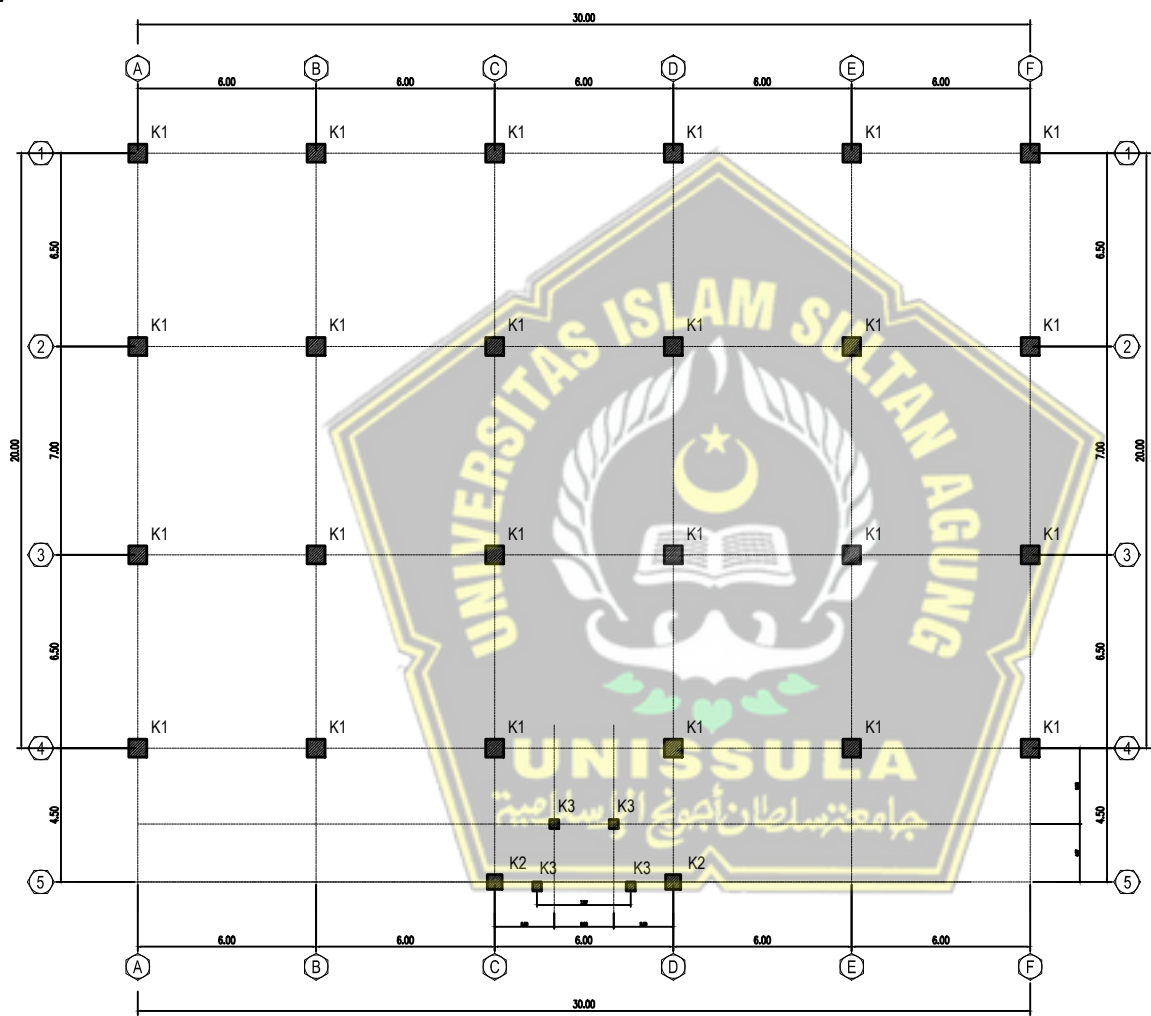
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH KOLOM

- DATA MUTU BAHAN :
- MUTU BETON
 - $f_c = 41 \text{ MPa}$ (TANG PANGANG)
 - $f_c = 29 \text{ MPa}$ (PILE CAP, TIE BEAM, KOLOM, BALOK, PELAT)
 - MUTU BAJA PROFIL ASTM A36W
 - $f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_u = 410 \text{ MPa}$
 - MUTU BAJA TULANGAN
 - BUTS-420 MPa (ULIR, D $\geq 10 \text{ mm}$)
 - BUTP-280 MPa (POLOS, D $< 10 \text{ mm}$)
 - BAUT MUTU TINGGI 4.225 $f_y = 583 \text{ MPa}$
 - TEBAL SAMBUNGAN LAS min. $> 12 \text{ mm}$



DENAH KOLOM LANTAI DASAR
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

K1 = 75 X 75 cm
K2 = 50 X 50 cm
K3 = 30 X 30 cm



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH KOLOM



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

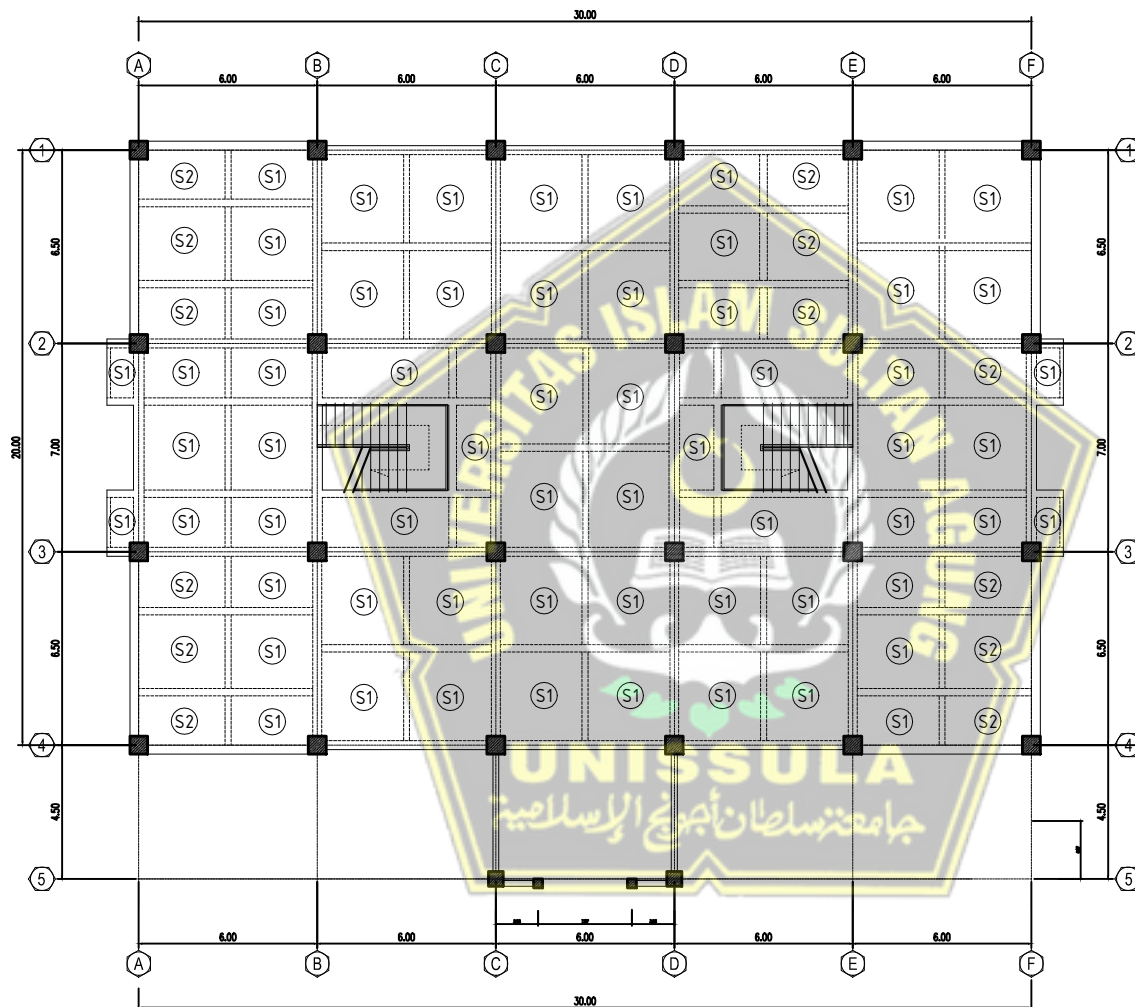
MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN

DENAH PELAT



DENAH PLAT LANTAI I
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

S1 = 12,5 cm
S2 = 12,5 cm (kn/wc)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

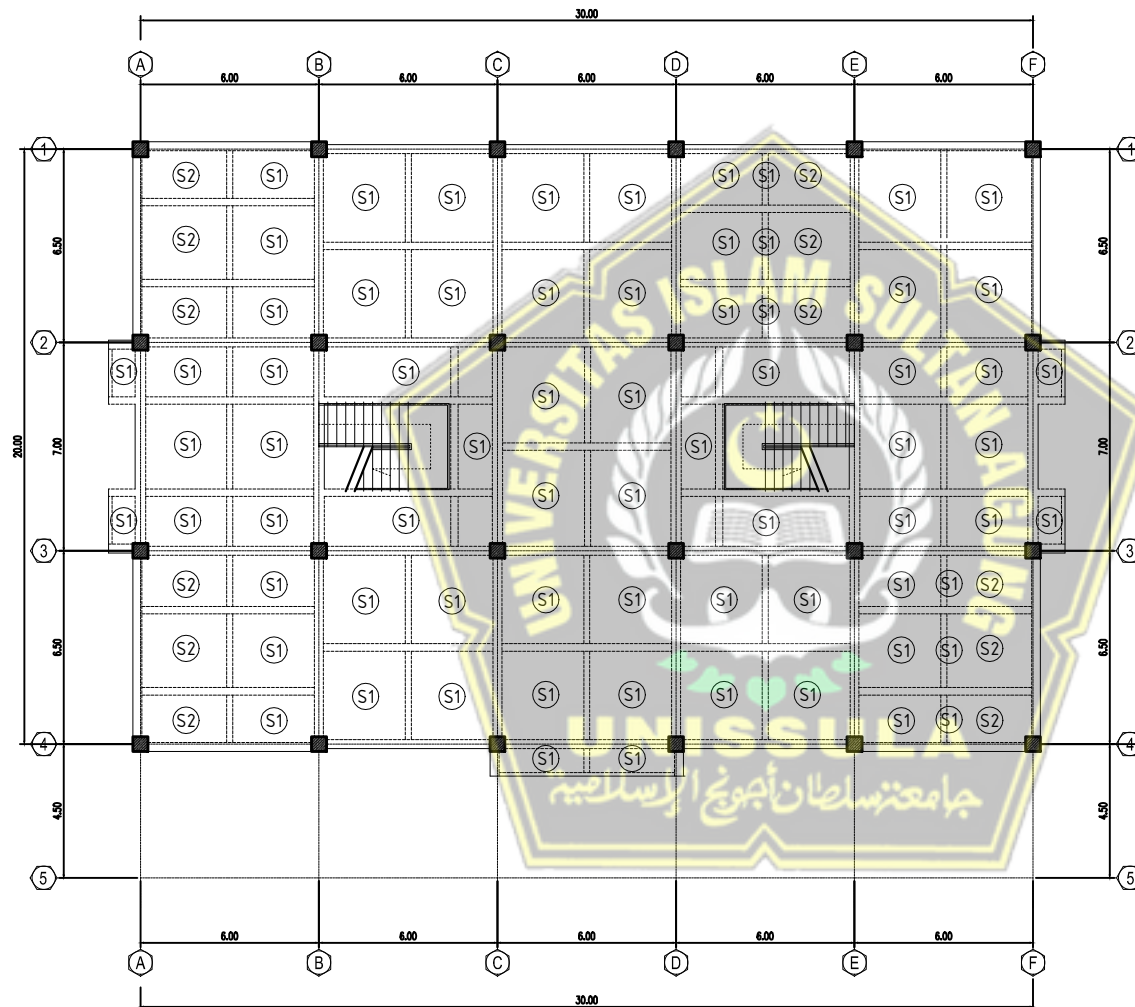
NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN



DENAH PLAT LANTAI 2
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

S1 = 12.5 cm
S2 = 12.5 cm (km/wc)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

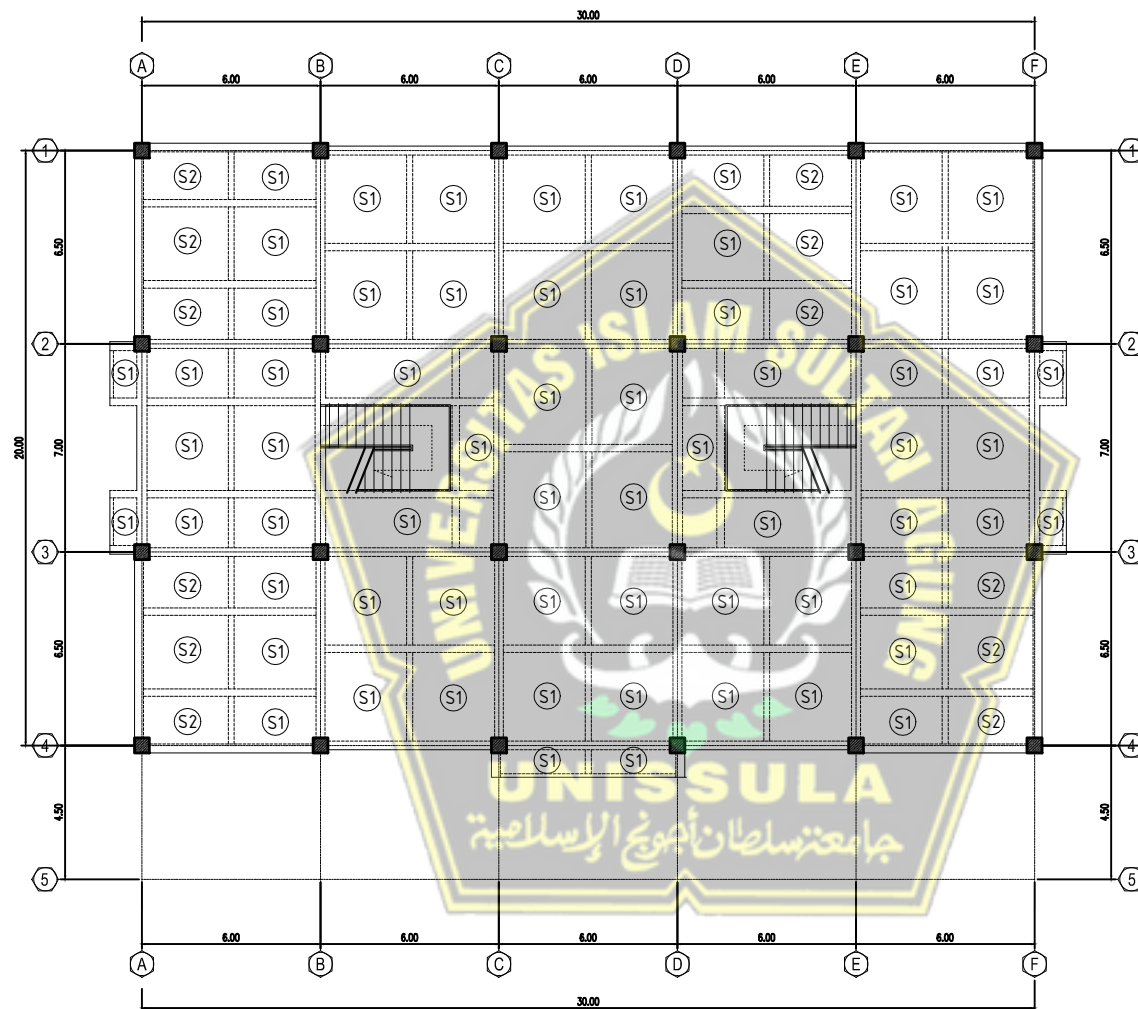
NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

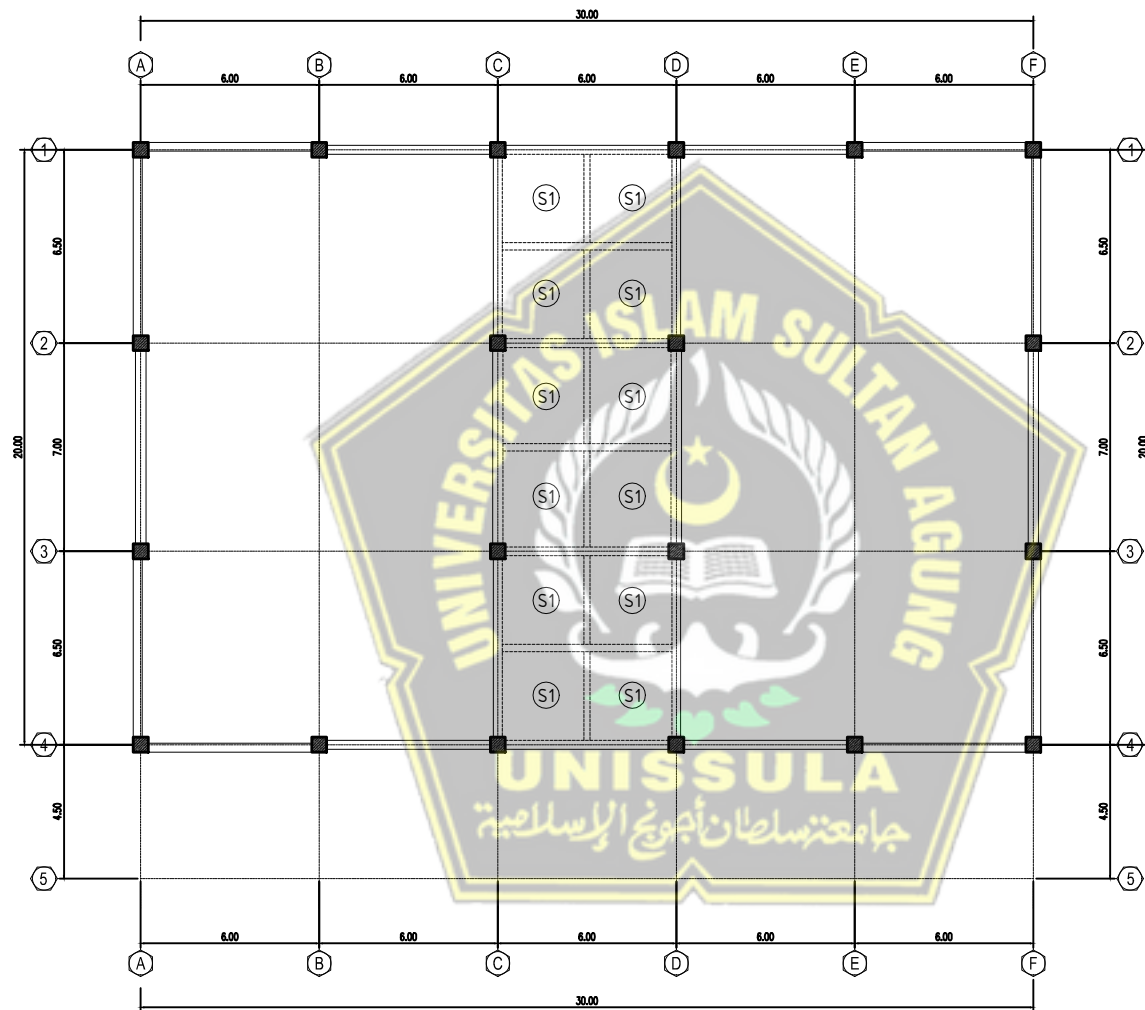
Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN



DENAH PLAT LANTAI 3
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1: 150

S1 = 12.5 cm
S2 = 12.5 cm (km/wc)



DENAH PLAT LANTAI ATAP
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

S1 = 12.5 cm
S2 = 12.5 cm (kn/wc)



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MAHAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MA'HAD IAIN SURAKARTA

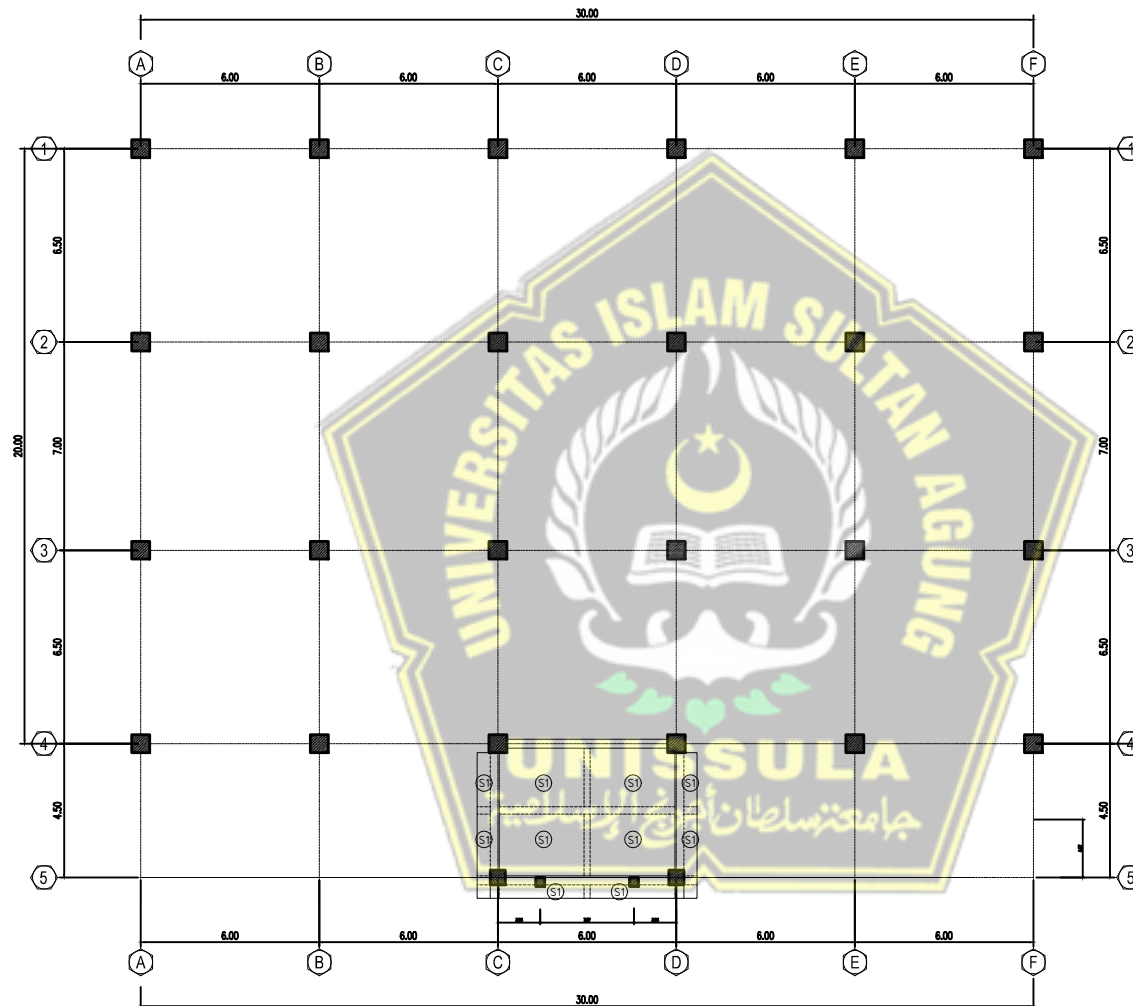
NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

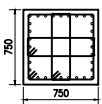
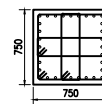
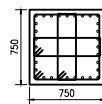
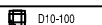
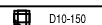
Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

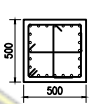
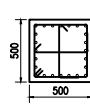
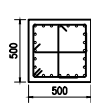
KETERANGAN



DENAH PLAT LANTAI ATAP TERAS
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA
SKALA 1 : 150

S1 = 12.5 cm
S2 = 12.5 cm (kn/wc)

TYPE KOLOM	KOLOM K1		
DIMENSI	750 X 750		
POSISI	UJUNG (L0)	TENGAH (L - L0)	HBK
POTONGAN			
	TUL. POKOK	32 D19	32 D19
	TUL. SENGKANG	 D10-100	 D10-150
	TUL. IKAT	-	-

TYPE KOLOM	KOLOM K2		
DIMENSI	500 X 500		
POSISI	UJUNG (L0)	TENGAH (L - L0)	HBK
POTONGAN			
	TUL. POKOK	24 D19	24 D19
	TUL. SENGKANG	 D10-100	 D10-150
	TUL. IKAT	 D10-100	 D10-150

TYPE KOLOM	KOLOM K3		
DIMENSI	300 X 300		
POSISI	UJUNG (L0)	TENGAH (L - L0)	HBK
POTONGAN			
	TUL. POKOK	8 D19	8 D19
	TUL. SENGKANG	 D10-100	 D10-150
	TUL. IKAT	-	-

DETAIL KOLOM GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA

SKALA 1 : 25



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MAHAD IAIN SURAKARTA

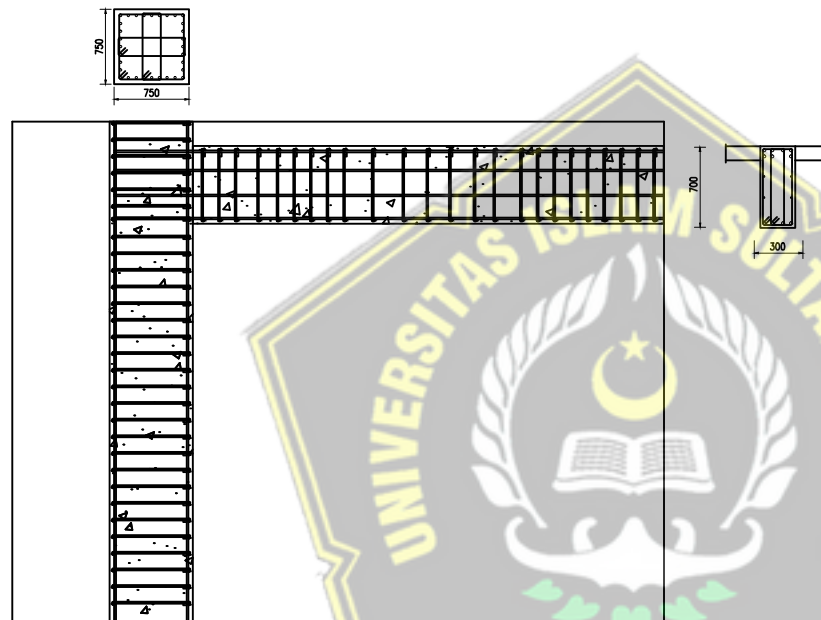
NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NIFAM, MT., Ph.D

KETERANGAN



DETAIL JOINT BALOK - KOLOM
GEDUNG MAHAD IAIN SURAKARTA



SKALA NTS



PROYEK

PERENCANAAN GEDUNG
MAHAD IAIN SURAKARTA

NAMA MAHASISWA

MOHAMMAD FADLI ROBBY (30201700105)
FARIS NIAM MAULANA (30201700068)

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. H. SUMIRIN, MS.
Ir. M. FAIQUN NI'AM, MT., Ph.D

KETERANGAN



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 34 / A.2 / SA - T / III / 2021

Lampiran : - -

Perihal : Bimbingan Tugas Akhir

Kepada : Yth. :

1 Dr. Ir. H. Sumirin,MS

(Dosen Pembimbing I Tugas Akhir)

2 Ir. M Faiqun Ni'am,MT,Ph.D

(Dosen Pembimbing II Tugas Akhir)

Dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil UNISSULA

Assalamu'alaikum Wr Wb.

Bersama Surat ini kami menghadapkan mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memenuhi syarat untuk mengerjakan Tugas Akhir (TA) :

No	Nama	NIM
1	Faris Ni'am Maulana	30201700068
2	Mohammad Fadli Robby	30201700105

Maka dengan ini kami mohon kepada Bapak / Ibu untuk memberikan Bimbingan Tugas Akhir (TA) kepada mahasiswa tersebut diatas.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 26 Maret 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Rusli Ahyar,ST,M.Eng

NIK. 210216089

TA Faris Fadli_Perencanaan Gedung Mahad IAIN Surakarta

by Ta Faris Fadli Perencanaan Gedung Mahad Iain Surakarta



Tuwin 6 % .


Ir. M. Faizur Rham, Ph.D.

Submission date: 04-Aug-2021 10:55PM (UTC+0800)

Submission ID: 1627699234

File name: TA_Faris_Fadli_Perencanaan_Gedung_Mahad_IAIN_Surakarta.docx (1.99M)

Word count: 18841

Character count: 109009



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Ta Faris Fadli Perencanaan Gedung Mahad Iain Surakarta
Assignment title: Tugas Takehome S2
Submission title: TA Faris Fadli_Perencanaan Gedung Mahad IAIN Surakarta
File name: TA_Faris_Fadli_Perencanaan_Gedung_Mahad_IAIN_Surakarta...
File size: 1.99M
Page count: 126
Word count: 18,841
Character count: 109,009
Submission date: 04-Aug-2021 10:55PM (UTC+0800)
Submission ID: 1627699234



Ta Faris Fadli
NIM : 3021700185

Muhammad Fadi Rofiq
NIM : 3021700185

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2021

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI MA'HAD IAIN SURAKARTA

BERDASARKAN SNI 1726-2019

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan

Pendidikan Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Disusun Oleh :

Eris Niam Maulana

NIM : 30201700068

Mohammad Fadli Robby

NIM : 30201700105

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2021



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584Ext.507 Semarang

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN GEDUNG 4 LANTAI MA'HAID IAIN SURAKARTA
BERDASARKAN SNI 1726-2019

Diajukan Oleh :



Faris Niam Maulana

NIM : 30201700068



Mohammad Fadli Robby

NIM : 30201700105

Telah Disetujui dan disahkan di Semarang, ... Agustus 2021

Tim Penguji

1. Dr. Ir. H. Sumirin, MS
2. Ir. M. Faiqun Niam, MT., Ph.D
3. Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Ketua,



M. Rusli Ahmar, ST., M.Eng

TA Faris Fadli_Perencanaan Gedung Mahad IAIN Surakarta

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

20%

★ repository.its.ac.id

Internet Source

Exclude quotes

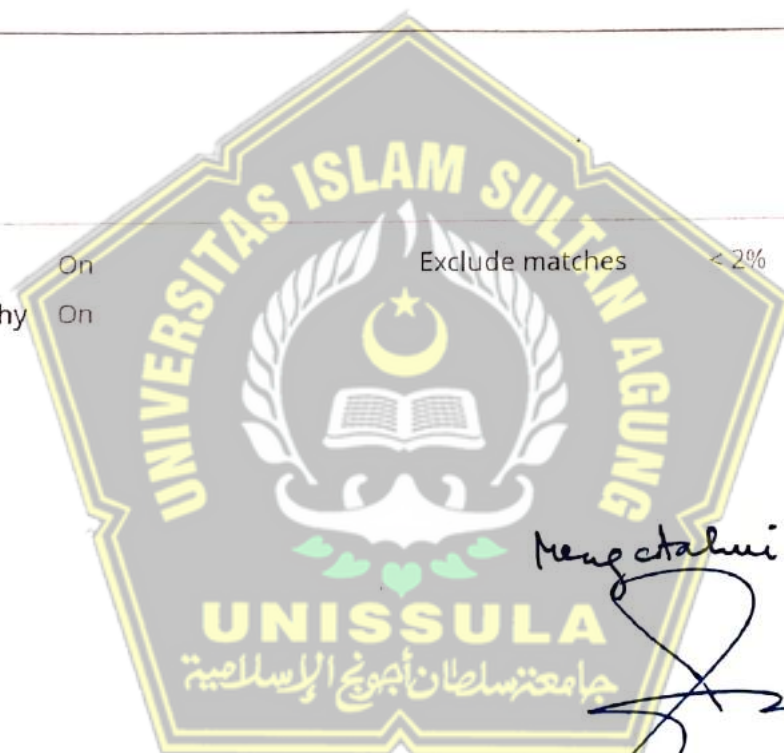
On

Exclude matches

≥ 2%

Exclude bibliography

On



Mengenalui

Ir. M. Faizun Nisa, Ph.D.