

TUGAS AKHIR

ANALISA GEDUNG 4 LANTAI PONDOK PESANTREN ADDAINURIYYAH MENGGUNAKAN SNI 1726-2019

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



Disusun Oleh:

Muhamad Yusuf Khanafi

NIM : 30201700117

Muhammad Farid Mahasin

NIM : 30201700122

**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)6583584 Ext. 507 Semarang 50112

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA GEDUNG 4 LANTAI PONDOK PESANTREN
ADDAINURIYYAH MENGGUNAKAN SNI 1726-2019**

Diajukan Oleh:



Muhammad Yusuf Khanafi
30201700117



Muhammad Farid Mahasin
30201700122

Telah disetujui dan disahkan di Semarang Tanggal Juli 2021

Tim Penguji

1. Dr. Ir. H. Sumirin, MS
2. Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D
3. Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D

Tanda Tangan

.....
.....
.....





**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

No. 26 / A.2 / SA-T / VII / 2021

Pada hari ini, Kamis, tanggal 8 Juli 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
Jabatan : Dosen Pembimbing II

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

Nama : Muhamad Yusuf Khanafi Nama : Muhammad Farid Mahasin
Nim : 3.02.017.00117 Nim : 3.02.017.00122

Judul : Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyyah Menggunakan Sni 1726-2019

Dengan Tahapan Sebagai Berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	15 Maret 2021	-
2	Proposal	22 April 2021	ACC
3	Pengumpulan Data	4 Mei 2021	-
4	Analisis Data	10 Mei 2021	-
5	Penyusunan Laporan	22 Mei 2021	-
6	Selesai laporan	29 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

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. H. Sumirin, MS)

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



(M. Rusli Ahyar, ST., M Eng)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Muhamad Yusuf Khanafi

Nama : Muhammad Farid Mahasin

Nim : 3.02.017.00117

Nim : 3.02.017.00122

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyyah Menggunakan Sni 1726-2019.

Benar bebas dari 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, Juli 2021

Yang membuat pernyataan

Yang membuat pernyataan

Muhamad Yusuf Khanafi

Muhammad Farid Mahasin

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda-tangan dibawah ini:

Nama : Muhamad Yusuf Khanafi

Nim : 3.02.017.00117

Nama : Muhammad Farid Mahasin

Nim : 3.02.017.00122

Judul : Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyyah

Menggunakan 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 Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

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, Juli 2021

Yang membuat pernyataan



Muhamad Yusuf Khanafi

Yang membuat pernyataan



Muhammad Farid Mahasin

MOTTO

- Al-Qur'an surat Ali Imran ayat 110.
أَهْلُ آمَنَ وَلَوْ ۖ بِاللَّهِ وَتُؤْمِنُونَ الْمُنْكَرَ عَنِ وَتَنْهَوْنَ بِالْمَعْرُوفِ تَأْمُرُونَ لِلنَّاسِ أُخْرِجَتْ أُمَّةٌ خَيْرَ كُنْتُمْ
الْفَاسِقُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْمُؤْمِنُونَ مِنْهُمْ ۖ لَهُمْ خَيْرًا لَّكَانَ الْكِتَابِ
- **Artinya :** *“Kalian adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.”*
- Sebaik-baik waktumu adalah kapan engkau menyadari kekuranganmu, dan engkau pun kembali mengakui kerendahanmu. (Ibnu Athaillah)
- Ridha Allah SWT tergantung pada keridhaan Orang Tua
- “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]
- Rosulullah Muhammad SAW bersabda:
- بِالْعِلْمِ فَعَلَيْهِ أَرَادَهُمَا وَمَنْ بِالْعِلْمِ فَعَلَيْهِ الْآخِرَةُ أَرَادَ وَمَنْ بِالْعِلْمِ فَعَلَيْهِ الدُّنْيَا أَرَادَ مَنْ
- “Barang siapa menginginkan dunia, maka carilah ilmu dan barang siapa yang menginginkan akhirat, maka carilah ilmu dan barang siapa yang menginginkan keduanya, maka carilah ilmu.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Sanadi dan Ibu Rosinah atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran, dan doa.
2. Muhammad Farid Mahasin rekan tugas, teman seperjuangan, teman permainan, dan saudara seiman.
3. Ikbal Delfiero, Khoirul Anwar, Irwan Yulianto yang sabar membantu dan mengajari dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman PES yang selalu menghibur dan membantu selama ini.
5. Try Apriatna teman yang selalu menyemangati dan memberi dukungan.
6. Angkringan Burjo Genuk selaku penyedia konsumsi di setiap malam.
7. Teman – teman teknik sipil B 2017 yang selalu mendukung dan memberisemangat.
8. Teman teknik sipil se-Angkatan 2017 yang telah memberikan dukungan dan semangat.
9. Teman – teman Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil dan seluruhMahasiswa Teknik UNISSULA.

Muhamad Yusuf Khanafi

30201700117

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir inipenulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak **Ahmad Jazuli** dan Ibu **Siti Nailatal Muna**,
atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran, dan doa.
2. Keluarga dan saudara dengan segala dukungan yang telah diberikan kepada penulis.
3. **Muhamad Yusuf Khanafi** rekan tugas, teman seperjuangan, temansepermainan, dan saudara seiman.
4. **Ikbal Delfiero, Khoirul Anwar, Irwan Yuliyanto** yang sabar membantu dan mengajari dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Antar Jemput yang selalu menghibur dan membantuselama ini.
6. Teman-teman yang selalu menghibur dan membantu selama ini.
7. **Ahmad Fahmyl Mushoddaq** yang selalu mendengarkan dan memberi masukan selama ini
8. Teman – teman teknik sipil B 2017 yang selalu mendukung dan memberisemangat.
9. Teman teknik sipil se-Angkatan 2017 yang telah memberikan dukungandan semangat.
10. Teman – teman Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil dan seluruhMahasiswa Teknik UNISSULA

Muhammad Farid Mahasin
30201700122

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul **“Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyyah Menggunakan Sni 1726-2019”** ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyelesaian laporan ini dimaksudkan untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST.,M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang
3. Bapak Dr.Ir. H Sumirin MS. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
4. Bapak ir. Moh Faiqun Ni'am.,MT.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran,pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
5. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan

baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Juli 2021

Muhamad Yusuf Khanafi

Muhammad Farid Mahasin

NIM : 3.02.017.00117

NIM : 3.02.017.00122



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR NOTASI	xxii
ABTRAK.....	xxvi
ABSTRACT	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Pengertian Daktilitas Struktur.....	4
2.3 Permodelan Struktur Pada Software ETABS 2018.....	5
2.3.1 Penentuan Factor Keutamaan Gempa Rencana	10

2.3.2 Kombinasi Pembebanan Pada Struktur Sistem Rangka....	14
2.3.3 Definisi Kelas Situs	15
2.3.4 Koefisien-Koefisien Situs dan Paramater-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER)	16
2.3.5 Kategori Respon Seismik.....	18
2.3.6 Pemilihan Sistem Struktur Tahan Gempa	19
2.4 Analisa Data Dari Output Permodelan Struktur	21
2.4.1 Analisis Berat Seismik Efektif Struktur.....	21
2.4.2 Analisis Gaya Geser Dasar Seismik (V)	22
2.4.3 Menentukan Profil Perpindahan Rencana	23
2.4.4 Penentuan Periode Fundamental Pendekatan	24
2.4.5 Distribusi Vertikal Gaya Gempa	25
2.4.6 Distribusi Horizontal Gaya Gempa.....	26
2.4.7 Modal Partisipasi Massa.....	26
2.4.8 Translasi Struktur	26
2.4.9 Analisis Simpangan Antar Lantai	26
2.4.10 Evaluasi Beban Gempa.....	28
2.5 Persyaratan Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	28
2.6 Persyaratan Penulangan Balok.....	29
2.7 Persyaratan Penulangan Kolom	33
2.8 Persyaratan Joint / Hubungan Balok Kolom	40
2.9 Persyaratan Analisa Plat.....	43
2.10 Studi terdahulu SNI – 2012	45
2.10.1 Penentuan Faktor Keutamaan Gempa Rencana.....	45

2.11 Kombinasi Pembebanan Pada Struktur Sistem Rangka.....	48
2.12 Definisi Kelas Situs	48
2.12.1 Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektral	49
2.13 Kategori Respon Seismik	52
2.14 Pemilihan Sistem Struktur Tahan Gempa	53
2.15 Analisa Data Dari Output Permodelan Struktur	54
2.15.1. Analisis Berat Seismik Efektif Struktur	55
2.15.2. Analisis Gaya Geser Dasar Seismik (V)	56
2.18 Menentukan Profil Perpindahan Rencana.....	56
2.19 Penentuan Periode Fundamental Pendekatan.....	57
2.20 Distribusi Vertikal Gaya Seismik atau Gempa	58
2.21 Distribusi Horizontal Gaya Gempa.....	59
2.22 Modal Partisipasi Massa.....	59
2.23 Translasi Struktur	59
2.24 Analisis Simpangan Antar Tingkat	59
2.25 Evaluasi Beban Gempa.....	61
2.26 Persyaratan Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	61
2.27 Persyaratan Penulangan Balok	68
2.28 Persyaratan Penulangan Kolom.....	73
2.29 Persyaratan Hubungan Balok Kolom.....	75
2.30 Persyaratan Analisa Pelat bertulang dua arah nonprategang....	75
2.31 Kajian Terdahulu Yang Sejenis	77

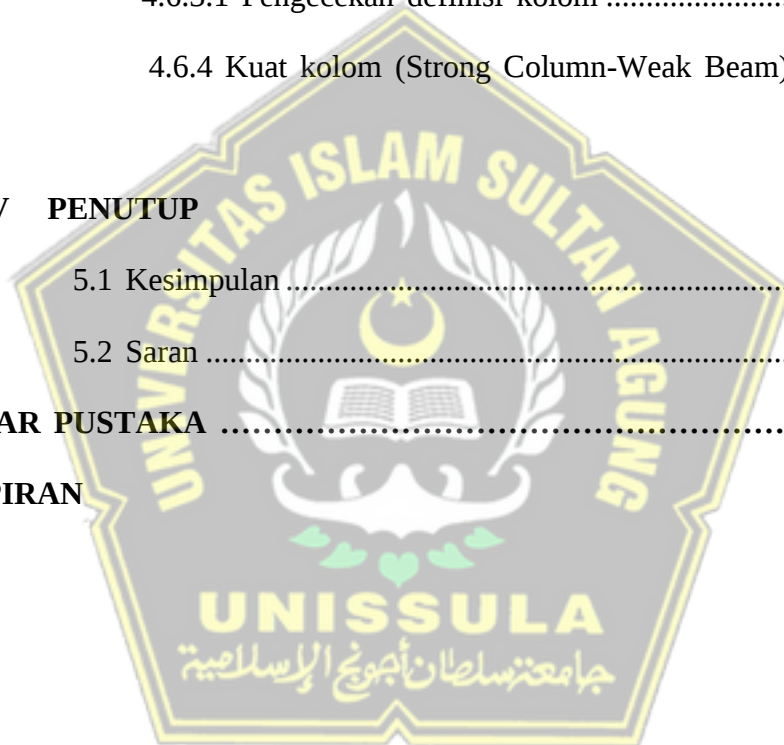
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan.....	85
3.2 Pengumpulan Data.....	85
3.3 Permodelan Struktur.....	86
3.4 Analisis Perhitungan.....	86
3.5 Analisa Struktur dengan Program Aplikasi ETABS 2018.....	88
3.6 Diagram Alur Analisa.....	89

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.Deskripsi Umum Bangunan.....	90
4.2.Acuan Pembebanan.....	90
4.3.Acuan Perencanaan dan Pendetailan Struktur.....	90
4.4.Permodelan Struktur.....	91
4.4.1 Data Bangunan.....	91
4.4.2 Pemodelan Struktur.....	91
4.4.3 Konfigurasi Gedung.....	92
4.4.4 Pra desain Elemen Struktur.....	93
4.5.Pembebanan Struktur.....	97
4.5.1.Beban Gravitasi.....	97
4.5.2 Beban Gempa pada Struktur.....	98
4.5.3 Analisis Dinamis Getaran.....	107
4.5.4 Kontrol Hasil Analisa Dinamik Gempa.....	107
4.5.4.1 Kontrol Bentuk Ragam dan Partisipasi Massa Bangunan.....	107
4.5.4.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur.....	108

4.5.4.3 Analisis gaya statik ekuivalen.....	109
4.5.4.4 Kontrol Gaya Geser Nominal (Statik Ekuivalen).111	
4.5.4.5 Kontrol Simpangan	115
4.6 Desain komponen Struktur.....	117
4.6.1 Perencanaan Plat	117
4.6.2 Perencanaan Balok.....	123
4.6.3 Desain Kolom	138
4.6.3.1 Pengecekan definisi kolom	138
4.6.4 Kuat kolom (Strong Column-Weak Beam).....	148
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	150
5.2 Saran	151
DAFTAR PUSTAKA	xxviii
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa	11
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa	14
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs.....	15
Tabel 2.4 Koefisien Situs, F_a	16
Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_v	17
Tabel 2.6 Kategori Analisa seismik berdasarkan peremeter respons percepatan pada perioda pendek.....	18
Tabel 2.7 Kategori Analisa seismik berdasrkan peremeter respons percepatan pada perioda 1 detik	19
Tabel 2.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	19
Tabel 2.9 Lanjutan Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	20
Tabel 2.10 Prosedur Analisis Yang Boleh Digunakan.....	22
Tabel 2.11 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung.....	24
Tabel 2.12 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t Dan x	24
Tabel 2.13 Simpangan antar lantai izin, Δ_a	28
Tabel 2.14 Tulangan <i>transversal</i> untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus	38
Tabel 2.15 Kekuatan geser nominal <i>joint</i> V_n	41
Tabel 2.16 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang.....	44
Tabel 2.17 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa.....	45
Tabel 2.18 Faktor Keutamaan Gempa	48
Tabel 2.19 Klasifikasi Situs.....	49
Tabel 2.20 Koefisien Situs, F_a	50
Tabel 2.21 Koefisien Situs, F_v	51
Tabel 2.22 Kategori Desain Seismik Berdasrkan Peremeter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek.....	52
Tabel 2.23 Kategori Desain seismik berdasrkan peremeter respons percepatan pada perioda 1 detik.....	52

Tabel 2.24 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	53
Tabel 2.25 Lanjutan Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	53
Tabel 2.26 Prosedur Analisis Yang Boleh Digunakan	53
Tabel 2.27 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung	55
Tabel 2.28 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct Dan x	60
Tabel 2.29 Simpangan antar lantai izin, Δa	60
Tabel 2.30 Tulangan transfersal untuk Ikolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus	67
Tabel 2.31 Kajian Jurnal Terdahulu I	77
Tabel 2.32 Kajian Jurnal Terdahulu II	79
Tabel 2.33 Kajian Jurnal Terdahulu III	80
Tabel 2.34 Kajian Jurnal Terdahulu IV	81
Tabel 2.35 Kajian Jurnal Terdahulu V	82
Tabel 4.1 Konfigurasi Gedung	93
Tabel 4.2 Spesifikasi Material	93
Tabel 4.3 Dimensi Kolom	96
Tabel 4.4 Dimensi Balok	96
Tabel 4.5 Faktor Keutamaan Gempa	100
Tabel 4.6 Klasifikasi Tanah	101
Tabel 4.7. Nilai <i>N-SPT</i>	101
Tabel 4.8. Data Parameter <i>Respons Spektral</i> Terpetakan	103
Tabel 4.9 Data Parameter <i>Response Spektral</i> Desain	104
Tabel 4.10. Nilai <i>Spektrum Response</i> Percepatan Desain	105
Tabel 4.11. Rangkuman Berat Struktur Per Lantai	106
Tabel 4.12. Bentuk Ragam dan Waktu Getar Struktur	107
Tabel 4.13. Nilai Hasil Parsitipasi Massa Bangunan	108
Tabel 4.14. Output Gaya Geser Dasar <i>Statik</i>	112
Tabel 4.15. Output Gaya Geser Dasar <i>Dinamik</i>	113
Tabel 4.16. Perbandingan Gaya Geser Dasar Statik dan Dinamik	114

Tabel 4.17. Output Gaya Geser Dinamik Setelah Pembesaran Gempa.....	114
Tabel 4.18. Besaran Simpangan Struktur Arah X	116
Tabel 4.19. Besaran Simpangan Struktur Arah Y	116
Tabel.4.20. Hasil Rekapikulasi Tulangan Pelat Lantai	122
Tabel.4.21. Hasil Perhitungan Tulangan Terpasang.....	132
Tabel 4.22 Properti kolom K2	138
Tabel 4.23 Penulangan pada kolom K2	139
Tabel 4.24 Penulangan <i>confinement</i> pada kolom K2	143
Tabel 4.25. Rekap Tulangan Kolom.....	147

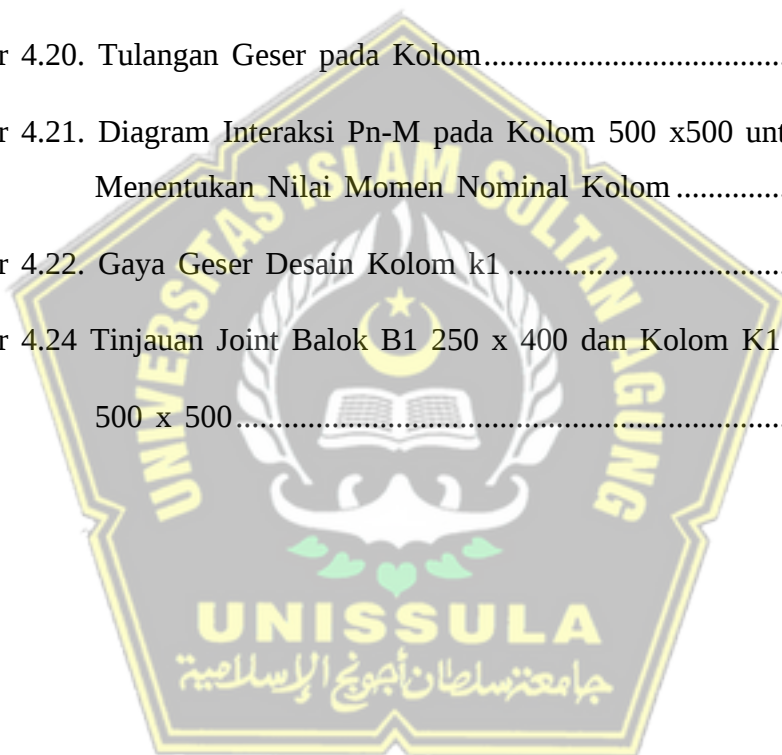


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Menu pembuatan permodelan baru pada <i>ETABS</i>	5
Gambar 2.2 Menu pembuatan <i>grid</i> pada <i>ETABS</i>	6
Gambar 2.3 Menu pengaturan <i>grid</i> pada <i>ETABS</i>	6
Gambar 2.4 Menu input data material pada <i>ETABS</i>	7
Gambar 2.5 Menu input data kolom pada <i>ETABS</i>	7
Gambar 2.6 Menu input data tulngan kolom pada <i>ETABS</i>	8
Gambar 2.7 Menu input faktor modifikasi kolom pada <i>ETABS</i>	8
Gambar 2.8 Menu input data plat pada <i>ETABS</i>	9
Gambar 2.9 Menu input faktor modifikasi plat pada <i>ETABS</i>	9
Gambar 2.10 Tampilan tiga dimensi permodelan pada <i>ETABS</i>	10
Gambar 2.11 Periode pada Portal	27
Gambar 2.12 Lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan transversal	29
Gambar 2.13 Contoh sengkang tertutup (<i>hoop</i>) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang <i>longitudinal</i>	32
Gambar 2.14 Geser Analisa untuk balok dan kolom	33
Gambar 2.15 Contoh penulangan transversal pada kolom.....	36
Gambar 2.16 Contoh penulangan transversal pada kolom dengan $P_u > 0,3Agf_c'$ atau $f_c' > 70$ Mpa.....	37
Gambar 2.17 Luas <i>joint</i> efektif	42
Gambar 2.18 Potongan penampang balok yang dicor monolit dengan pelat ..	45
Gambar 2.19 Diagram regangan, tegangan dan gaya.....	69

Gambar 2.20 Geser desain untuk balok dan kolom	70
Gambar 2.21 Bagan alir perhitungan tulangan lentur pada balok.....	71
Gambar 2.22 Bagan alir perhitungan tulangan geser pada balok.....	72
Gambar 2.23 Bagan alir perhitungan tulangan geser pada balok.....	74
Gambar 3.1 Diagram Alur Analisa.....	89
Gambar 4.1 Bentuk 3D Struktur Tampak Depan	91
Gambar 4.2 Bentuk 3D Struktur Tampak Belakang	92
Gambar 4.3 Tampak atas lantai 2	92
Gambar 4.4. Pelat Lantai.....	94
Gambar 4.5. Grafik <i>Respon spektra</i> Puskim Pedurangan	102
Gambar 4.6. Grafik <i>Respon spektra</i> pada Etabs.....	104
Gambar 4.7 Load pattern gempa <i>seismik</i>	110
Gambar 4.8 Load pattern gempa arah X.....	110
Gambar 4.9 Load pattern gempa arah Y.....	110
Gambar 4.10 Load case pada gempa <i>seismic</i>	111
Gambar 4.11. Tipe Pelat.....	117
Gambar 4.12. Tulangan Plat.....	122
Gambar 4.13. Balok Induk B1	125
Gambar 4.14. Nilai <i>Torsi</i> pada ETABS Balok 250x400.....	125
Gambar 4.15. Nilai Momen Tumpuan pada ETABS Balok 250x400.....	127

Gambar 4.16. Nilai Momen Lapangan pada <i>ETABS</i> Balok 250x400.....	128
Gambar 4.17. Penulangan Balok B2.....	133
Gambar 4.18. Momen <i>Probable</i> Rangka Bergoyang ke Kanan Balok 200x300.....	133
Gambar 4.19. Momen <i>Probable</i> Rangka Bergoyang ke Kiri Balok 200x300	134
Gambar 4.20. Tulangan Geser pada Kolom.....	142
Gambar 4.21. Diagram Interaksi Pn-M pada Kolom 500 x500 untuk Menentukan Nilai Momen Nominal Kolom	144
Gambar 4.22. Gaya Geser Desain Kolom k1	147
Gambar 4.24 Tinjauan Joint Balok B1 250 x 400 dan Kolom K1 500 x 500.....	148



DAFTAR NOTASI

A_b	= luas penampang ujung tiang (cm^2);
A_g	= luas bruto penampang (mm^2)
A_s	= `luas tulangan tarik (mm^2); luas s
A_b	= luas penampang ujung tiang (cm^2);
A_g	= luas bruto penampang (mm^2)
A_s	= `luas tulangan tarik (mm^2); luas s
A_{sh}	= luas penampang inti beton, di ukur dari serat terluar hoop ke serat terluar hoop di sisi lainnya.
A_p	= luas penampang tiang (cm^2)
A_v	= luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak s (mm^2)
A'_s	= luas tulangan tekan (mm^2)
b	= lebar penampang balok (mm)
b_w	= lebar badan atau diameter penampang lingkaran (mm)
C_a	= koefisien akselerasi
C_d	= faktor pembesaran defleksi
CP	= <i>Collapse Pervention</i>
C_s	= koefisien respons seismik; kohesi <i>undrained</i> (ton/m^2)
C_t	= koefisien rangka beton pemikul momen
C_u	= koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung
C_v	= koefisien respon gempa vertikal
D	= diameter tiang (cm)
DF	= faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didisain
DL	= <i>dead load</i> (beban mati)
D_t	= displacement total
d	= tinggi efektif pelat; jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm); diameter tiang (cm)
E	= pengaruh beban gempa
E_c	= modulus elastisitas beton (MPa)
E_g	= Efisiensi kelompok tiang
E_h	= pengaruh beban gempa horisontal

E_s	= modulus elastisitas tulangan (MPa)
E_v	= pengaruh beban gempa vertikal
F	= gaya lateral ekivalen
F_a	= koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)
F_s	= faktor keamanan = 2,5
F_{sc}	= <i>local friction</i> (kg/cm^2)
F_v	= koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik)
f_s	= tahanan selimut sepanjang tiang (kg/cm^2)
f_y	= tegangan leleh profil baja (MPa)
f'_c	= kuat tekan karakteristik beton (MPa)
H	= tebal lapisan tanah (m)
h_c	= lebar penampang inti beton (yang terkekang) (mm)
h_n	= ketinggian struktur (m)
h_x	= spasi horisontal maksimum untuk kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada muka kolom
I	= faktor keutamaan struktur
IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
J	= koefisien lengan momen
k	= faktor panjang efektif
k_c	= faktor tahanan ujung
LL	= <i>live load</i> (beban hidup)
LS	= <i>Life Safety</i>
l_n	= panjang sisi terpanjang
l_o	= panjang minimum
MCE_R	= spektrum respons gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
M_n	= kuat momen nominal pada penampang ($kN-m$)
M_{nb}	= momen terfaktor dalam keadaan <i>balanced</i>
M_{pr}	= momen lentur dari suatu komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen

struktur pada joint dengan menganggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum

M_u	= momen yang terjadi pada penampang
M_x	= momen arah x ($ton.m$)
M_y	= momen arah y ($ton.m$)
m	= jumlah lapisan tanah yang ada di atas tanah dasar; jumlah tiang dalam 1 kolom
n	= jumlah lantai gedung
n	= jumlah tingkat gedung; jumlah tiang dalam 1 baris; banyaknya tiang pancang
n_x	= banyaknya tiang dalam satu baris arah y
n_y	= banyaknya tiang dalam satu baris arah x
p	= keliling tiang (cm)
$P_{ijin} = P_{all}$	= daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (ton)
P_{maks}	= beban maksimum yang diterima 1 tiang (ton)
P_n	= kuat nominal penampang yang mengalami tekan (N)
P_{tiang}	= daya dukung tiang pancang (ton)
P_u	= kuat beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu (N)
Q_{all}	= nilai daya dukung tanah (ton)
Q_E	= pengaruh gaya seismik horisontal dari V
Q_p	= tahanan ujung selimut tiang (kg)

Q_s	= tahanan geser selimut tiang (kg)
Q_{ult}	= daya dukung pondasi tiang pancang (ton)
q_c	= tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm^2)
q_{cb}	= conus resistance rata-rata $1,5D$ di bawah ujung tiang (N/mm^2)
q_{cu}	= conus resistance rata-rata $1,5D$ di atas ujung tiang (N/mm^2)
R	= faktor reduksi gempa; ragnus girrasi
R_x	= resultan gaya arah x
R_y	= resultan gaya arah y
S_a	= spektrum respons percepatan disain
S_{DS}	= parameter respons spektral percepatan disain pada perioda pendek
S_{D1}	= parameter respons spektral percepatan disain pada perioda 1 detik
S_{MS}	= parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek
S_{M1}	= parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik
S_s	= percepatan batuan dasar pada perioda pendek
s_x	= spasi longitudinal tulangan transvesal dalam panjang l_0
S_I	= percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik
s	= jarak antar tiang (cm)
T_a	= perioda getar fundamental struktur
T_{eff}	= waktu getar gedung efektif (dt)
t_i	= tebal lapisan tanah ke - i
V	= gaya lateral (kg)
V_t	= beban gempa dasar nominal

Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyyah Menggunakan SNI 1726-2019

Oleh :

Muhamad Yusuf Khanafi ¹⁾, Muhammad Farid Mahasin¹⁾
Sumirin ²⁾ M. Faiqun Ni'am²⁾

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu Negara yang rawan terhadap gempa karena berada di jalur gempa yang aktif di dunia. Indonesia di kelilingi oleh cincin api pasifik dan dilalui jalur pertemuan 3 lempeng dunia tektonik yaitu lempeng Indo-Australia. Oleh karena itu, dalam merencanakan suatu struktur gedung di Indonesia terdapat suatu acuan yang harus diikuti yaitu SNI-1726-2019 dan SNI-1847-2019.

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan permodelan struktur bangunan gedung Pondok Pesantren Addainuriyyah yang terdiri dari 4 lantai. Perencanaan menggunakan Analisa struktur beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menggunakan software Etabs 18. Selain itu digunakan pula software Spcolumn untuk merencanakan penulangan Kolom.

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, didapatkan hasil sebagai berikut. Pelat pada lantai 1-4 menggunakan tebal pelat 125 mm dan didapat momen nominal sebesar 0,76 Mpa. Analisa balok yang ditinjau adalah balok dengan dimensi 250mm x 400 mm. Pada tumpuan digunakan tulangan tarik 3D 19 dan tulangan tekan 2D 19, dan torsi 2D 10 yang dapat menahan momen sebesar 75,49 kNm. Dengan sengkang pada tumpuan dan lapangan D10mm-150mm, untuk menahan gaya geser tumpuan sebesar 67,46 kN. Kapasitas gaya aksial dan lentur sudah memenuhi persyaratan SNI-2847-2019 pasal 18.7.2. Pada kolom didapatkan nilai beban aksial terfaktor maksimum sebesar 680,9 kN. Berdasarkan kolom rasio dimensi penampang, hal tersebut memenuhi syarat dengan tulangan 16D19 dan berdimensi 500 mm x 500 mm. Berdasarkan hasil pengecekan dari hasil Analisa. Simpangan antar tingkat (*drift*) arah X dan Y pada gedung ini dinyatakan aman terhadap kinerja batas layan dan batas ultimate.

Kata Kunci : Tahan gempa, gedung, gempa, Analisa, ReAnalisa, Bangunan

- 1) Mahasiswa Teknik sipil , fakultas Teknik, universitas islam sultan agung
- 2) Fakultas Teknik , pengajar , Teknik islam sultan agung

Analysis of the 4- storey Pondok Pesantren Addainuriyyah Building Using SNI 1726-2019

By:

Muhamad Yusuf Khanafi ¹⁾, Muhammad Farid Mahasin¹⁾
Sumirin ²⁾ M. Faiqun Ni'am²⁾

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that are prone to earthquakes because it is on the path of the most active earthquakes in the world. Indonesia is surrounded by the Pacific Ring of Fire and is traversed by the meeting point of 3 tectonic plates, namely the Indo-Australian plate. Therefore, in planning a building structure in Indonesia there is a reference that must be followed, namely SNI-1726-2019 and SNI-1847-2019.

In this final project, a modeling of the building structure of PONDOK PESANTREN ADDAINURIYYAH Is Carried Out Which Consists Of 4 Floors. Planning Using Reinforced Concrete Structure design with Special Moment Bearing Frame System (SRPMK) using Etabs 18 software. In addition, Spcolumn software is also used to plan column reinforcement and also shear wall reinforcement.

Based on the results of the analysis and calculations, the following results were obtained. Plates on floors 1-4 using a plate thickness of 125 mm and obtained a nominal moment of 0,75 Mpa. The beam design under review is a beam with dimensions of 250mm x 400mm. At the pedestal, 3D 19 tensile reinforcement and 2D 19 compression reinforcement and torsion 2D10 are used which can withstand a moment of 75,49 kNm. With stirrups at the support and a pitch of D10mm-150 mm, to withstand a support shear force of 67,46 kN. The axial and flexural force capacity has met the requirements of SNI-2847-2019 article 18.7.2. In the column, the maximum factored axial load value is 680,9 kN. Based on the cross-sectional dimension ratio column, it meets the requirements with 16D19 reinforcement and has dimensions of 500mmx500mm. The vibration period of the design results is smaller than the permitted vibration period according to the regulations.

Keywords : Earthquake resistant, building, earthquake, Design, Redesign, Building

1) *Civil Engineering Students, Faculty of Engineering, Sultan Agung Islamic University*

2) *Faculty of Civil Engineering Lecturer Teknik Islamic Sultan Agung Univers*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bangunan gedung bertingkat sangat berisiko terhadap musibah gempa bumi. Banyak gedung serta insfranstruktur yang runtuh sebab gempa bumi, hingga dibutuhkan perancangan Analisa struktur tahan gempa. Gedung direncanakan selaku struktur yang mempunyai keamanan yang sangat besar, ialah apabila terjadi gempa besar, struktur bangunan tidak hendak roboh ataupun runtuh. Dalam perencanaan pembangunan suatu gedung wajib mencermati keamanan struktural serta geoteknis, paling utama bila dilaksanakan pada wilayah seisimik gempa semacam di Indonesia.

Peraturan Analisa bangunan gedung tahan gempa tercantum dalam SNI 1726- 2019, Peraturan ini ialah peraturan yang terkini, guna memperoleh struktur tahan gempa yang lebih baik.

Pada tugas akhir ini dicapai dengan pemodelan struktur gedung pondok pesantren addainuriyyah yang terdiri dari 4 lantai menggunakan rangka beton bertulang, sedangkan rangka bantalan yang digunakan adalah SRPMK (sistem rangka) gaya momen khusus). Bangunan ini dirancang berdasarkan Standar Perencanaan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726: 2019) dan Proses Analisa Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847: 2019). Analisis dan Analisa struktur gedung akibat beban gempa dilakukan dengan dukungan program ETABS 2018.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan konteks permasalahan di atas, maka rumusan masalah dalam draft tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Analisa gaya gempa untuk struktur atas Gedung Pondok pesantren addainuriyyah mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Proses Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung dan Struktur Tidak Terbangun?

2. Bagaimana hasil perencanaan struktur atas dengan Sistem Rangka pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada kondisi pada beban gempa SNI 1726 2019 ?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penulisan draf tugas akhir ini adalah untuk merencanakan dan mengevaluasi kinerja struktur atas gedung, meliputi :

1. Perencanaan gaya gempa untuk gedung pondok pesantren addainuriyyah menggunakan pedoman SNI 1726:2019, dengan mengendalikan statik ekuivalen kekuatan seismik.
2. Analisa tulangan balok dan kolom menggunakan sistem rangka pemikul beban khusus pada kondisi beban gempa SNI 1726:2019 respon spektrum.
3. Mengkaji ulang struktur atas bangunan sehingga menjadi bangunan tahan gempa sesuai dengan peraturan SNI 1726:2019.

1.4. Batasan Masalah

Pokok bahasan tugas akhir ini adalah review perencanaan dimensi dan kebutuhan konstruksi tulangan Pondok pesantren addainuriyyah, Peraturan yang akan digunakan sebagai pedoman pembebanan, dan rincian perhitungannya adalah:

- a. Peraturan yang digunakan :
 1. SNI 1726 : 2019 (Tata cara ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan bukan gedung)
 2. SNI 2847 : 2019 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung)
 3. SNI 1727 : 2020 (Peraturan beban minimum untuk perancangan bangunan)
 4. Tidak menambah struktur pondasi.
 5. Lokasi :
 - Jl. Sendang Utara No.38 Gemah Kec.Pedurungan,Kota

semarang

b. Program perhitungan :

1. ETABS 2018
2. SpColumn
3. Autocad 2017

1.5. Sistematika Penulisan

Agar mempermudah penyusunan Tugas Akhir ini, maka sistematika penulisan laporan di bagi menjadi 5 bab yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Studi pustaka membahas teori di dalam perencanaan struktur atas bangunan dan membahas pola struktur umum.

BAB III METODOLOGI PENULISAN

Metedologi penulisan ini mengenai tahapan-tahapan perencanaan dan pengumpulan data.

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR

Perhitungan struktur berisi tentang perhitungan konstruksi bangunan.

BAB V PENUTUP

Penutup merupakan bab terakhir yang akan memberikan isi mengenai kesimpulan, saran-saran mengenai hasil – hasil perhitungan dan perencanaan gedung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Menurut SNI 2837-2019 sistem penahan gaya gempa adalah bagian struktur yang diAnalisa untuk menahan gaya gempa rencana yang disyaratkan oleh tata carabangunan gedung umum yang diadopsi secara legal dengan menggunakan ketentuan – ketentuan yang sesuai. Terdapat beberapa macam sistem struktur yang dapat digunakan untuk membuat Analisa bangunan gedung tahan gempa. Macam – macam sistem struktur yang ada pada SNI 1726-2019 diantaranya adalah sistem dinding penumpu, sistem rangka bangunan, sistem rangka pemikul momen, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus, dan sistem kolom kantilever. Diantara sistem tersebut, sistem rangka pemikul momen khusus merupakan bagiandari sistem rangka pemikul momen yang diAnalisa agar mempunyai kapasitas struktur maksimal tanpa menggunakan tambahan dinding geser sebagai struktur tahan gempa..

2.2 Pengertian Daktilitas Struktur

Daktilitas struktur adalah kemampuan suatu elemen – elemen struktur yang berdeformasi secara translasi atau secara rotasi pada saat mendapat gaya dari luar tanpa mengalami kegagalan struktur. Adapun macam dari daktilitas akan dijelaskan sebagai berikut :

a. Daktilitas Material

Daktilitas material adalah kemampuan mengembangnya suatu material beton, baja atau kayu saat terjadi regangan dari mulai titik pertama leleh hingga putus. Semakin panjang kemampuan regangannya maka semakin tinggi daktilitas material tersebut.

b. Daktilitas Struktur

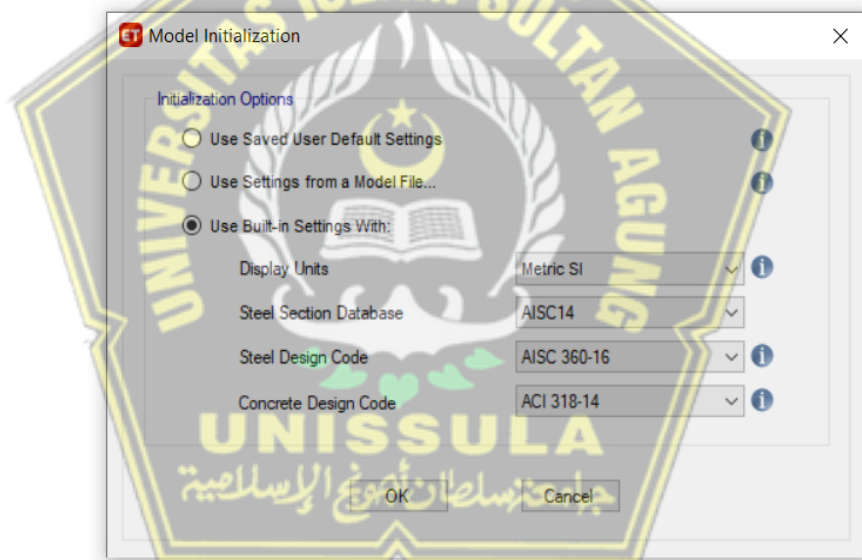
Daktilitas struktur diartikan sebagai kemampuan bertahanya suatu

struktur gedung saat mengalami simpangan yang besar secara berulang kali akibat beban gempa yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan elemen - elemen struktur gedung.

2.3 Permodelan Struktur Pada Software ETABS 2018

Untuk melakukan analisis dan Analisa struktur gedung akibat beban gempa maka harus dibuat permodelan gedung terlebih dahulu, kami menggunakan software ETABS 2018. Setelah permodelan selesai dibuat, barulah kita mengolah data – data dari output permodelan tersebut untuk keperluan analisis kinerja struktur nantinya. Adapun langkah – langkah untuk membuat permodelan struktur gedung adalah sebagai berikut :

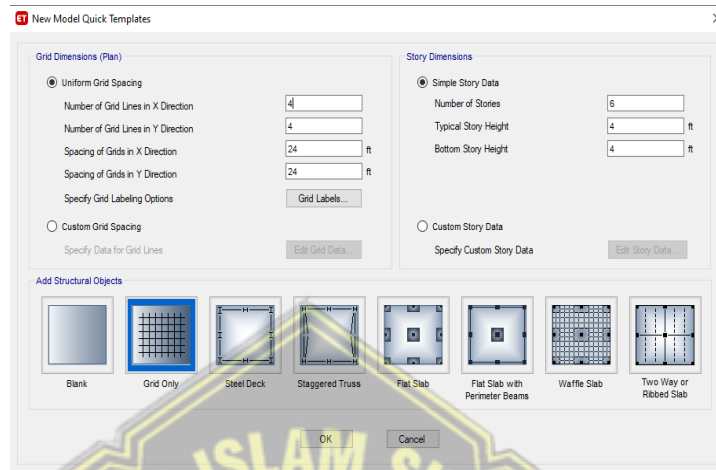
1. Membuat permodelan baru



Gambar 2.1 Menu pembuatan permodelan baru pada ETABS

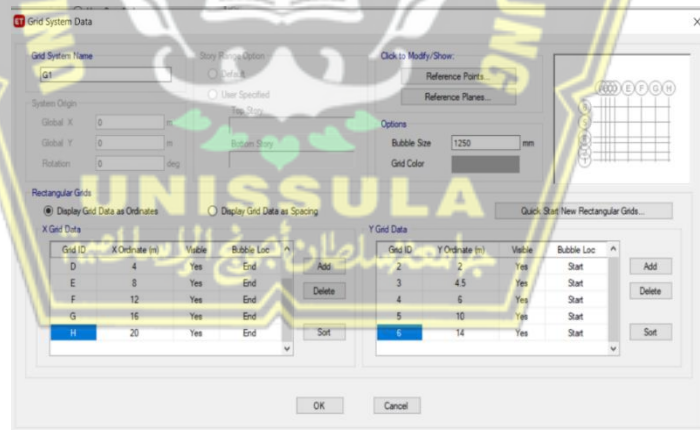
Sumber : ETABS 2018

2. Menentukan grid untuk gambar struktur bangunan



Gambar 2.2 Menu pembuatan grid pada ETABS
Sumber : ETABS 2018

3. Pengaturan grid untuk gambar struktur bangunan



Gambar 2.3 Menu pengaturan grid pada ETABS
Sumber : ETABS 2018

4. Memasukan data material

Material Property Data

General Data

Material Name: k350

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Blue] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 23.536 kN/m³

Mass per Unit Volume: 2400 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 23500 MPa

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 9038.46 MPa

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Gambar 2.4 Menu input data material pada ETABS

Sumber : ETABS 2018

5. Memasukan data penampang kolom dan balok

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: K150

Material: k350

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

Display Color: [Yellow] Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 600 mm

Width: 600 mm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers... Currently User Specified

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

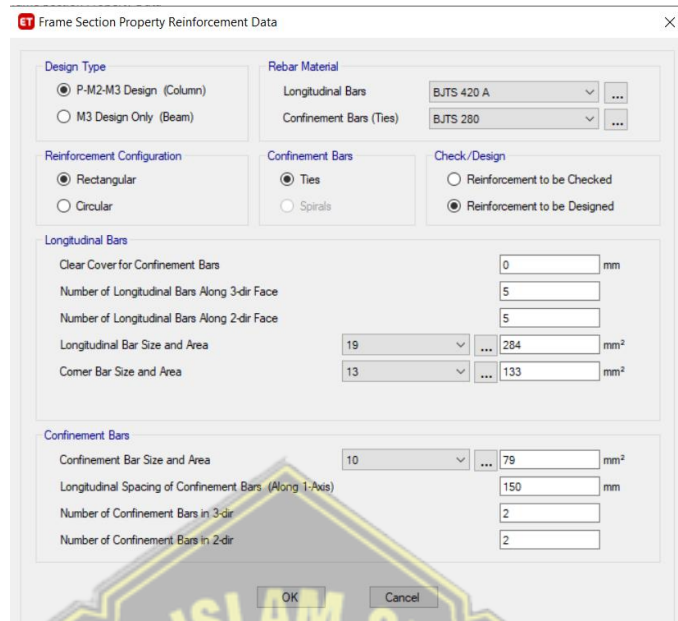
Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK Cancel

Gambar 2.5 Menu input data kolom pada ETABS

Sumber : ETABS 2018

6. Memasukan data tulangan kolom dan balok

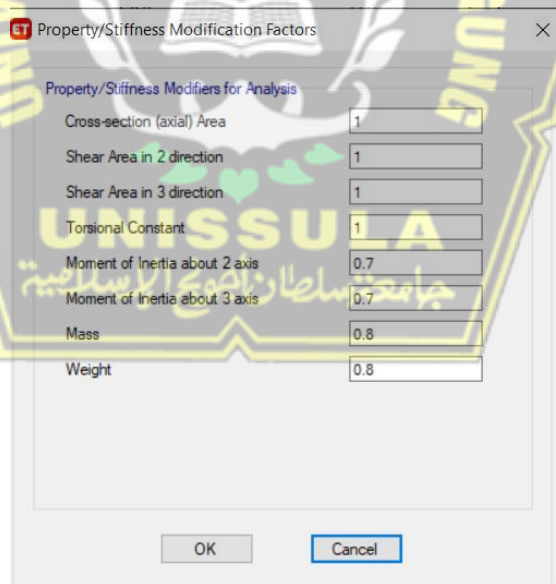


The dialog box 'Frame Section Property Reinforcement Data' is used for inputting reinforcement details for columns and beams. It includes sections for Design Type, Rebar Material, Reinforcement Configuration, Confinement Bars, and Longitudinal Bars.

Section	Parameter	Value	Unit
Design Type	☒ P-M2-M3 Design (Column)		
	☐ M3 Design Only (Beam)		
Rebar Material	Longitudinal Bars	BJTS 420 A	
	Confinement Bars (Ties)	BJTS 280	
Reinforcement Configuration	☒ Rectangular		
	☐ Circular		
Confinement Bars	☒ Ties		
	☐ Spirals		
Check/Design	☐ Reinforcement to be Checked		
	☒ Reinforcement to be Designed		
Longitudinal Bars	Clear Cover for Confinement Bars	0	mm
	Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face	5	
	Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face	5	
	Longitudinal Bar Size and Area	19	284 mm ²
	Corner Bar Size and Area	13	133 mm ²
Confinement Bars	Confinement Bar Size and Area	10	79 mm ²
	Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis)	150	mm
	Number of Confinement Bars in 3-dir	2	
	Number of Confinement Bars in 2-dir	2	

Gambar 2.6 Menu input data tulangan kolom pada ETABS
Sumber : ETABS 2018

7. Menentukan faktor modifikasi kolom dan balok



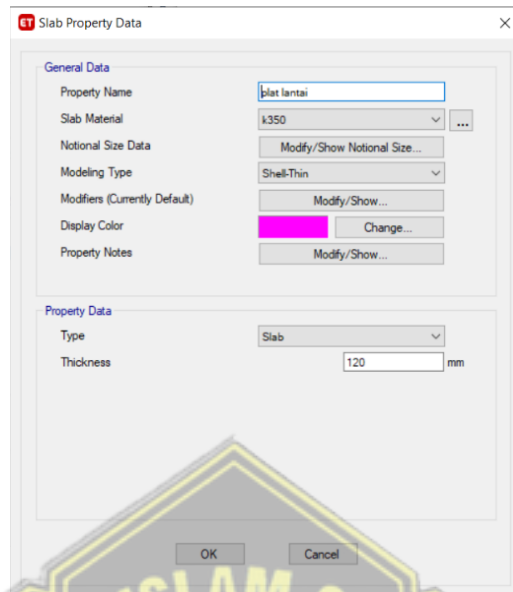
The dialog box 'Property/Stiffness Modification Factors' is used for inputting modification factors for analysis. It includes a section for Property/Stiffness Modifiers for Analysis.

Parameter	Value
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	0.8
Weight	0.8

Gambar 2.7 Menu input faktor modifikasi kolom pada ETABS

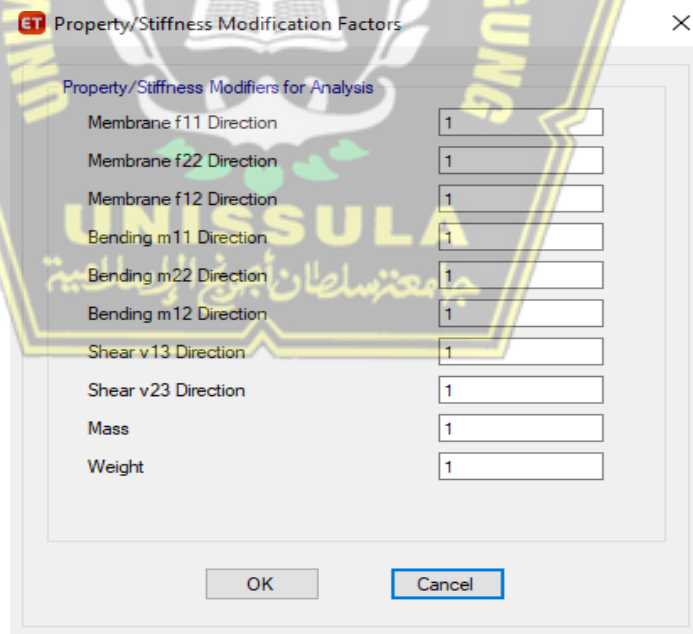
Sumber : ETABS 2018

8. Menentukan data plat



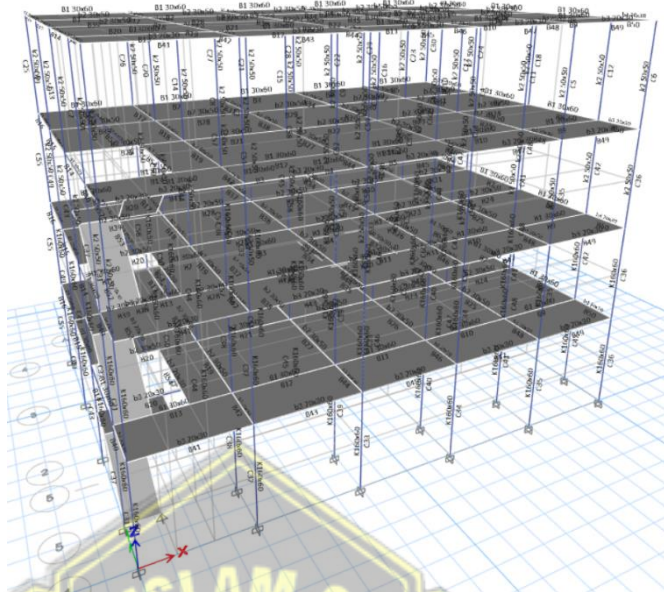
Gambar 2.8 Menu input data plat pada ETABS
Sumber : ETABS 2018

9. Menentukan faktor modifikasi Plat



Gambar 2.9 Menu input factor modifikasi plat pada ETABS
Sumber : ETABS 2018

10. Menggambar permodelan struktur



Gambar 2.10 Tampilan tiga dimensi permodelan pada ETABS

Sumber : ETABS 2018

Setelah selesai sampai pada langkah menggambar struktur bangunan seperti di atas, selanjutnya masih ada data – data yang harus dimasukan lebih dahulu sebelum permodelan siap untuk di *run* analisis untuk mendapatkan output data yang diinginkan. Penentuan data – data tersebut disesuaikan dengan peraturan SNI yang ada.

2.3.1 Penentuan Faktor Keutamaan Gempa Rencana

Berdasarkan pasal 1.1 SNI 1726-2019, untuk semua kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan factor keutamaan (I_e) menurut tabel 2.2. Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,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



Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
edung dan struktur lainnya yang memiliki resiko 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 struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategoriresiko 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 Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledakdi 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 struktur lainnya 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. Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.	IV
---	-----------

Sumber : SNI-1726-2019

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI-1726-2019

2.3.2 Kombinasi Pembebanan Pada Struktur Sistem Rangka

Berdasarkan pasal 4.2.2 SNI 1726-2019, komponen elemen - elemen struktur yang dirancang harus kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban – bebanterfaktor sebagai berikut :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + E_v + E_h + L$
5. $0,9 D - E_v + E_h$

dimana :

D = Beban Mati.

L = Beban Hidup.

L_r = Beban Hidup Atap

R = Beban Air Hujan

W = Beban Angin

E_h = Pengaruh gaya seismik horizontal

E_v = Pengaruh gaya seismik vertikal

2.3.3 Definisi Kelas Situs

Berdasarkan pasal 5.3 SNI 1726-2019, tipe kelas situs harus ditetapkan sesuaidengan definisi dari tabel dan pasal – pasal berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Vs (m/detik)	N atau Nek	Su (kPa)
SA (batu keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (batu keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. kadar air, $w \geq 40\%$ 3. kuat geser niralir $S_u < 25$ 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 $H > 3m$)		

Sumber : SNI 1726-2019

2.3.4 Koefisien-Koefisien Situs Dan Paramater-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots \dots \dots (2.1)$$

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

Dimana :

S_{MS} = parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{M1} = parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

F_a = koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)

F_v = koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik)

Tabel 2.4 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, T = 0,2 detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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

Catatan:

- (a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik,

Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 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 ^b					

Sumber : SNI 1726-2019

Catatan:

- (a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, Percepatan spektral Analisa baik untuk periode pendek (S_{DS}) maupun periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{Ms} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$S_D = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SDS} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$T_0 = 0,2 \frac{SD_1}{SDS} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

S_{DS} = parameter spektrum respon Analisa pada periode pendek.

S_{D1} = parameter spektrum respon Analisa pada periode 1 detik.

S_s = parameter respons spektra percepatan gempa MCE_R untuk periode *pendek*.

S_1 = parameter respons spektra percepatan gempa MCE_R untuk periode 1 detik.

2.3.5 . Kategori Respon Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori Analisa seismik yang mengikuti pasal 6.5 SNI 1726-2019. Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spectral percepatan terpetakan pada periode 1 detik (S_1) lebih besar atau sama dengan dari 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori Analisa seismik E. Struktur dengan kategori Analisis seismik IV yang berlokasi dimana S_1 lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori Analisa seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori Analisa seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spectral percepatan Analisisanya (S_{DS}) dan (S_{d1}) sesuai tabel 2.3 sampai 2.6.

Tabel 2.6 Kategori Analisa seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai Sds	Ketegori Risiko	
	I, II atau II	IV
$Sds < 0,167$	A	A
$0,167 \leq Sds < 0,33$	B	C
$0,33 \leq Sds < 0,50$	C	D
$0,50 \leq Sds$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019

Tabel 2.7 Kategori Analisa seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_d1	Kategori Risiko	
	I, II atau III	IV
$S_d1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_d1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_d1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_d1$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019

2.3.6 Pemilihan Sistem Struktur Tahan Gempa

Berdasarkan pasal 7.2.1 SNI 1726-2019, pemilihan sistem struktur penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar dapat merujuk pada salah satu tipe pada tabel 2.7. Penggunaan sistem struktur tahan gempa harus disesuaikan menurut batasan sistem struktur dan ketinggian, faktor modifikasi respons yang sesuai, R faktor kuat lebih sistem Ω . Selain itu, faktor pembesaran defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 2.8, harus digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, dan simpangan antar lantai tingkat Analisa. Berikut adalah tabel 2.8 :

Tabel 2.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gayaseismik	Koefisien Modifikasi Respon, (R)	Faktor Kuat Lebih (Ω_0)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur(m)				
				Kategori Analisa				
				B	C	D	E	F
Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	T B	T B	T B	T B	T B

2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	T B	T B	48	30	TI
--	---	---	----	-----	-----	----	----	----

Sumber: SNI-1726-2019

Tabel 2.9 Lanjutan Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan- gaya seismik	Koefesie n Modifikasi Respon, (R)	Fakto r Kuat Lebih (Ω_0)	Faktor Pembesar an Defleksi (C_d)	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur (m)				
				Kategori Analisa				
				B	C	D	E	F
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	T B	T B	10	TI	TI
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	T B	T B	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	T B	T B	T B	T B	T B
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	T B	T B	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	T B	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	T B	T B	T B	T B	T B

9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	T B	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton Komposit terkekang parsial pemikul	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka bajacanai dingin pemikul momen khusus	3½	3	3½	10	10	10	10	10

Sumber: SNI-1726-2019

2.4 Analisa Data Dari Output Permodelan Struktur

Setelah data – data yang diperlukan dimasukkan pada permodelan struktur bangunan yang dibuat maka selanjutnya di *run* analisis untuk mendapatkan hasil atau *output* yang diperlukan untuk analisa kinerja struktur nanti. Dari output permodelan yang telah di *run* analisis kemudian akan dilakukan analisis – analisis diantaranya sebagai berikut :

2.4.1 Analisis Berat Seismik Efektif Struktur

Sesuai dengan pasal 7.7.2 SNI 1726-2019, berat seismik efektif struktur (*W*) harus menyertakan seluruh beban mati dan beban linnya yang terdaftar di bawah ini:

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25% beban hidup lantai (beban hidup lantai digarasi publik dan struktur parkir terbuka, serta beban

- penyimpanan yang tidak melebihi 5 % dari berat seismik pada suatu lantai, tidak perlu disertakan) ;
2. Jika ketentuan untuk partisi disyaratkan dalam Analisa beban lantai; diambil sebagai yang terbesar diantara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar $0,48 \text{ kN/m}^2$;
 3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen ;
 4. Berat lansekap dan beban lainnya pada ataman atap dan luasan sejenis lainnya.

Tabel 2.10 Prosedur Analisis Yang Boleh Digunakan

Kategori Analisa seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen	Analisis spektrum respons ragam	Produser respons Riwayat waktu seismik
B,C	Semua struktur	I	I	I
D,E,F	Bangunan dengan kategori resiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidak beraturan struktur dengan ketinggiannya tidak melebihi 48,8m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidak beraturan struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8m dan $T < 3,5 T_e$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8m dan hanya tidak memiliki ketidak beraturan horizontal tipe 2.3.4 atau 5 atau ketidak beraturan vertical tipe 4.5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Sumber : SNI 1726-2019

2.4.2 Analisis Gaya Geser Dasar Seismik (V)

Gaya geser dasar seismik (V), dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana :

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Untuk koefisien respon seismik (C_s), harus

ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$(C_s I_e / R) \dots \dots \dots (2.8)$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi :

$$C_s = (S_{D1} I_e / T R) \dots \dots \dots (2.9)$$

Dan nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{Ds} I_e \geq 0,01 \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana :

S_D = parameter percepatan respons spektrum Analisa pada periode 1 detik.

S_{D1} = parameter percepatan respons spektrum yang dipetakan.

T = periode struktur dasar (detik).

R = faktor modifikasi respons.

I_e = faktor keutamaan gempa.

2.4.3 Menentukan Profil Perpindahan Rencana

Menentukan inelastik mode shape digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Untuk } n > 4, \text{ maka nilai } \delta_i = \frac{4}{3} \left(\frac{H_i}{H_n} \right) \times \left(1 - \frac{H_i}{4H_n} \right) \dots \dots \dots (2.11)$$

Menentukan profil perpindahan ;

$$\Delta_1 = \theta \cdot H_1 I ; \text{ untuk lantai pertama} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\Delta_i = \frac{\Delta_1}{\delta_i} ; \text{ untuk lantai berikutnya} \dots \dots \dots (2.13)$$

Nilai Δ_i harus dikalikan dengan factor koreksi yang

dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\omega \theta = 1,15 - 0,0034 H_n \leq \dots \dots \dots (2.14)$$

Analisa perpindahan dari sistem SDOF dihitung sebagai berikut

$$\Delta d = \frac{\sum_{i=1}^n (mi\Delta i^2)}{\sum_{i=1}^n (mi\Delta i)} \dots\dots\dots (2.15)$$

2.4.4 Penentuan Perioda Fundamental Pendekatan

Sesuai pasal 7.8.2 SNI 1726-2019, periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan (T_a). Penentuan periode alami struktur ditentukan dalam Tabel 2.11 di bawah ini.

Tabel 2.11 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung

Parameter percepatan drespon spectral Analisa 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 2.12 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t Dan x

Struktur	Ketegori 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 eksterior yang telah diAnalisa untuk mengakomodasi simpangan antar lantaitingkat	0,025hx	0,020hx	0,015hx
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010hx	0,010hx	0,010hx

Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007hx	0,007hx	0,007hx
Semua struktur lainnya	0,020hx	0,015hx	0,010hx

Sumber : SNI-1726-2019

Ada dua batas untuk periode bangunan, yaitu nilai minimum periode bangunan ($T_{a \min}$) dan nilai maksimum periode bangunan ($T_{a \max}$), yaitu :

$$T_{a \min} = C_t \cdot h^x \dots \dots \dots (2.16)$$

$$T_{a \max} = C_u \cdot T_{a \min} \dots \dots \dots (2.17)$$

dimana :

h = tinggi struktur dari dasar sampai ke tingkat paling atas.

$C_t = 0,0466$ (dari Tabel koefisien parameter periode pendekatan).

$C_u = 1,4$ (dari tabel koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung).

$x = 0,9$ (dari tabel koefisien parameter periode pendekatan).

2.4.5 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Sesuai pasal 7.8.3 SNI 1726-2019 bahwa gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots \dots \dots (2.18)$$

dan,

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum W_i \cdot h_i^k} \dots \dots \dots (2.19)$$

C_{vx} = faktor distribusi vertikal.

V = gaya lateral Analisa total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kN.

w_i dan w_x = bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x .

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x, dinyatakan dalam meter.

K = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:
 untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang maka $k = 1$.

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih maka $k = 2$.

untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 maka k ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.4.6 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Sesuai pasal 7.8.4 SNI 1726-2019 bahwa geser tingkat Analisa disetiap tingkat (V_x) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

F_i adalah bagian dari gaya geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i , dinyatakan dalam kilo newton (kN)

Geser tingkat Analisa gempa (V_x) (kN) harus didistribusikan pada bagian elemen vertikal system penahan gaya gempa di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal dan diafragma.

2.4.7 Modal Partisipasi Massa

Menurut SNI-1726-2019 Pasal 7.9.1: Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model.

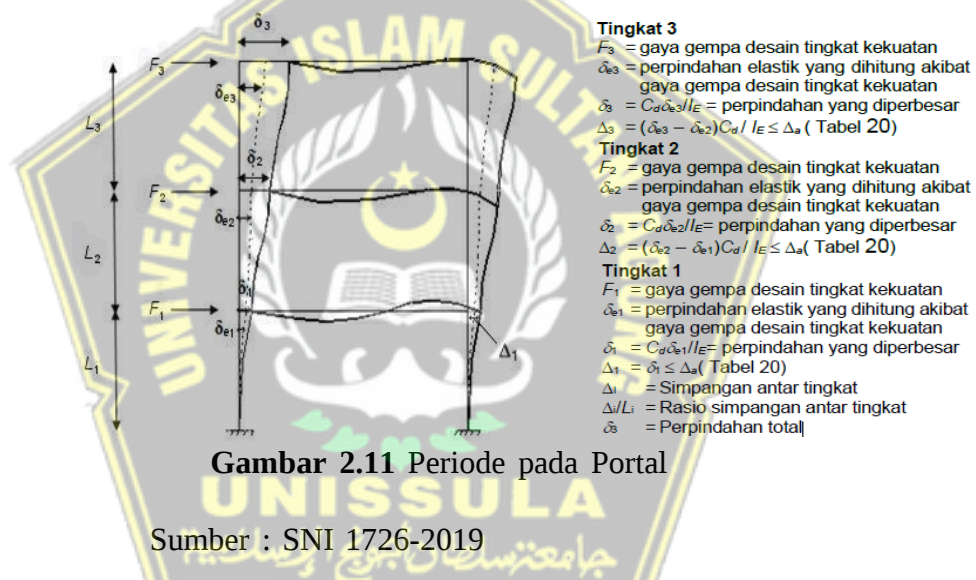
2.4.8 Translasi Struktur

Mode 1, 2 harus berupa translasi (SNI-1726-2019), hal ini dimaksudkan untuk menghindari torsi yang besar

2.4.9 Analisis Simpangan Antar Lantai

Sesuai pasal 7.8.6 SNI 1726-2019 Penentuan simpangan antar tingkat Analisa (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau (lihat Gambar 10 pada SNI 1726-2019). Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika

Analisa tegangan izin digunakan, Δ harus dihitung menggunakan gaya seismik Analisa yang ditetapkan dalam 0 tanpa reduksi untuk Analisa tegangan izin



Gambar 2.11 Periode pada Portal

Sumber : SNI 1726-2019

Bagi struktur yang diAnalisa untuk kategori Analisa seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b pada Tabel 13, simpangan antar tingkat Analisa, Δ , harus dihitung sebagai selisih terbesar dari simpangan titik-titik yang segaris secara vertikal di sepanjang salah satu bagian tepistrukur, di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau.

Simpangan pusat massa di tingkat- x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuaidengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (2.21)$$

dimana :

Cd = faktor pembesaran simpangan lateral dalam Tabel 12 pada SNI 1726-2019

δx_e = simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada pasal ini, yang ditentukan dengan analisis elastik

I_e = faktor keutamaan gempa

Simpangan antar lantai tingkat Analisa (Δ) yang telah ditentukan sesuai peraturan SNI 1726-2019 tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a) seperti didapat dari tabel berikut ini :

Tabel 2.13 Simpangan antar lantai izin, Δ_a

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem eksterior yang telah dianalisa untuk mengakomodasi simpangan antar lantai Tingkat	0,025hx	0,020hx	0,015hx
Struktur dinding geser knatilever batu bata	0,010hx	0,010hx	0,010hx
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007hx	0,007hx	0,007hx
Semua struktur lainnya	0,020hx	0,015hx	0,010hx

Sumber : SNI 1726-2019

2.4.10 Evaluasi Beban Gempa

Sesuai pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726-2019, Apabila periode fundamental hasil analisis lebih besar dari $C_u T_a$ pada suatu arah tertentu, maka periode struktur T harus diambil sebesar $C_u T_a$. Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t , dimana V adalah gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung sesuai pasal ini dan 0, dan V_t adalah gaya geser dasar yang

didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam.

2.5 Persyaratan Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

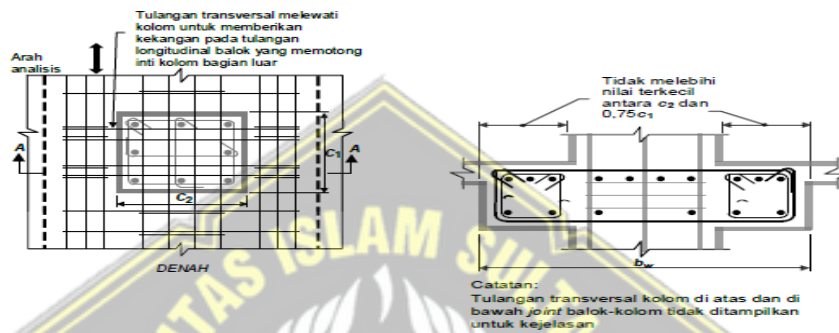
SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah sistem rangka beton bertulang yang diAnalisa mempunyai kapasitas daktilitas struktur maksimal.

Berdasarkan SNI 1726-2019, sistem ini diizinkan untuk memikul Analisa beban seismik dengan kategori B, C, D, E dan F. Kategori D sendiri adalah kategori Analisa beban seismik yang dibatasi oleh parameter respon percepatan periode pendek dengan nilai $0,50 < S_{DS}$, yang masuk dalam resiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Analisa beban seismik kategori E adalah kategori dengan nilai $S_{D1} \geq 0,75$ yang masuk dalam resiko bangunan gedung I, II dan III. Sedangkan Analisa beban seismik kategori F adalah kategori dengan nilai $S_{D1} \geq 0,75$ yang masuk dalam resiko bangunan gedung IV.

Berdasarkan dari SNI 2847-2019 pada struktur yang masuk dalam KDS D, E, atau F, pilar dinding harus diAnalisa memenuhi 18.6 (Balok), 18.7 (Kolom), dan 18.8 (Joint) yang dikenakan beban lentur dan aksial maka persyaratan dalam perencanaan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) harus dipenuhi.

2.6 Persyaratan Penulangan Balok

1. Pasal 18.6.1, Pada standar sebelumnya, setiap komponen rangka yang terkenagaya tekan aksial terfaktor melebihi ($A_g f'_c/10$) akibat setiap kombinasi beban harus diproporsionalkan dan didetailkan
2. Pasal 18.6.2, Balok harus memenuhi : Bentang bersih, harus minimal, lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm, proyeksi lebar balok yang melampaui lebar



kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

Gambar 2.12 Lebar efektif maksimum balok lebar (*wide beam*) dan persyaratan tulangan transversal

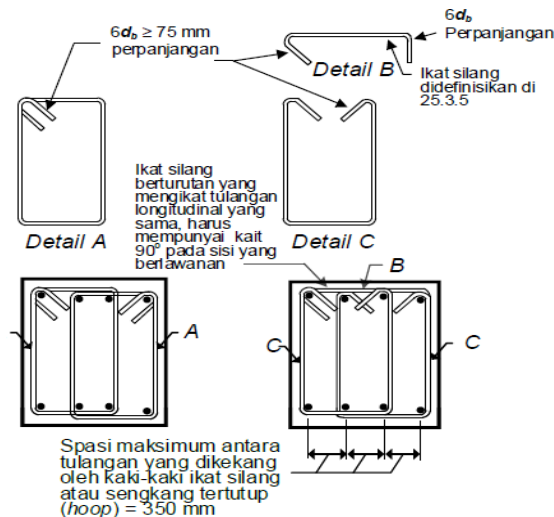
Sumber : SNI 2847-2019

3. Pasal 18.6.3.1, Batasan rasio tulangan 0,025 didasarkan terutama pada pertimbangan kerapatan tulangan dan, secara langsung, membatasi tegangan geser balok dengan proporsi tipikal.
4. Pasal 18.6.3.2, Kekuatan momen positif pada muka *joint* harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif pada muka *joint* tersebut. Kekuatan momen negatif dan positif pada sebarang penampang di sepanjang bentang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum pada muka kedua *joint*.
5. Pasal 18.6.3.3, Sambungan (*splices*) tulangan lewatan dilarang disepanjang panjang dimana leleh lentur (sendi plastis) diantisipasi

karena sambungan tersebut tidak dapat diandalkan dalam kondisi beban siklik dalam daerah inelastis. Tulangan transversal untuk sambungan lewatan pada setiap lokasi adalah wajib karena selimut beton berpotensi terkelupas (*spalling*) dan dibutuhkan untuk mengekang sambungan.

6. Pasal 18.6.3.4, Sambungan mekanis harus memenuhi 18.2.7 (Pada struktur yang mengalami deformasi inelastik saat gempa, tegangan tarik pada tulangan dapat mendekati kekuatan tarik tulangan.) dan sambungan las harus memenuhi 18.2.8 (Pengelasan tulangan harus sesuai dengan AWS D1.4
7. Pasal 18.6.3.5, Balok prategang harus memenuhi (a) hingga (d), kecuali bila digunakan pada sistem rangka pemikul momen khusus sesuai 18.9.2.3:
 - a) Prategang rata-rata f_{pc} yang dihitung untuk luas yang sama dengan dimensi terkecil penampang komponen struktur balok yang dikalikan dengan dimensi penampang tegak lurus nya tidak boleh melebihi nilai terkecil dari 3,5 MPa dan $f'_c/10$
 - b) Pada daerah yang berpotensi mengalami sendi plastis, harus digunakan baja prategang tanpa lekatan. Regangan yang diperhitungkan pada baja prategang akibat perpindahan Analisa harus kurang dari 0,01.
 - c) Baja prategang tidak boleh menyumbangkan lebih dari seperempat kekuatan lentur positif atau negatif pada penampang kritis di daerah sendi plastis dan harus diangkur pada atau melampaui muka sisi luar *joint*.
 - d) Pengankuran tendon pasca tarik yang memikul gaya gempa harus mampu memfasilitasi tendon dalam menahan 50 siklus pembebanan, dengan nilai gaya tulangan prategang di antara 40 hingga 85 persen kekuatan tarik baja prategang yang ditetapkan.
8. Pasal 18.6.4.1, Sengkang pengekang harus dipasang pada balok di daerah berikut :

- a) Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang, di keduaujung balok
 - b) Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.
9. Pasal 18.6.4.2, Bila diperlukan sengkang pengekan, batang tulangan longitudinal utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan harus diberi tumpuan lateral yang memenuhi 25.7.2.3 atau 25.7.2.4. Spasi tulangan longitudinal yang tertumpu secara lateral tidak boleh melebihi 350 mm. Tulangan longitudinal samping yang disyaratkan 9.7.2.3 tidak perlu tertumpu secara lateral.
10. Pasal 18.6.4.3, Sengkang pengekan pada balok diizinkan terdiri dari dua batang tulangan: yaitu sebuah sengkang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya dan ikat silang sebagai penutup. Ikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan longitudinal yang sama harus memiliki kait 90 derajat yang dipasang selang-seling pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur lentur. Jika batang tulangan longitudinal yang ditahan oleh ikat silang dikekang oleh pelat hanya pada satu sisi komponen struktur lentur, maka kait 90 derajat dari ikat silang harus ditempatkan pada sisi tersebut.
11. 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):



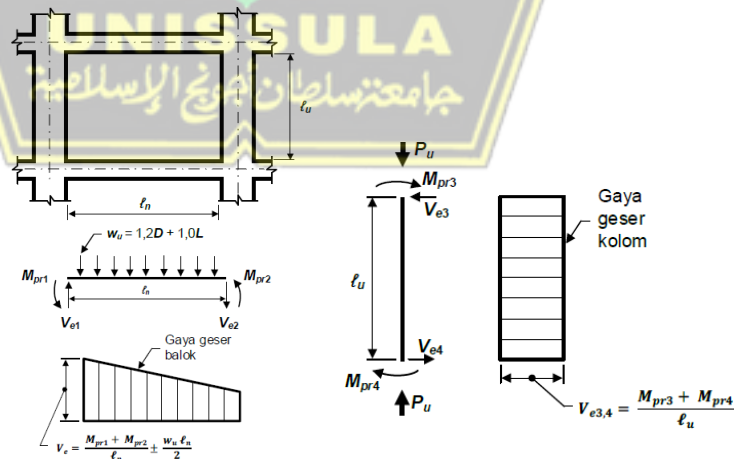
Gambar 2.13 Contoh sengkang tertutup (*hoop*) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal

Sumber : SNI 2847-2019

12. Pasal 18.6.4.5, Bila diperlukan sengkang pengekang, sengkang pengekang tersebut harus diAnalisa untuk menahan geser sesuai 18.6.5.
13. Pasal 18.6.4.6, Bila sengkang pengekang tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang balok.
14. Pasal 18.6.4.7, Pada balok yang mengalami gaya tekan aksial terfaktor melebihi harus $A_g f_c / 10$ dipasang sengkang pengekang yang memenuhi 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 sepanjang jarak yang ditentukan pada 18.6.4.1. Di luar jarak tersebut harus dipasang sengkang pengekang yang memenuhi 18.7.5.2 dengan spasi s tidak lebih dari nilai terkecil antara enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil dan 150 mm. Pada kondisi tebal selimut beton melebihi 100 mm di luar tulangan transversal, harus dipasang tulangan transversal tambahan yang memiliki selimut beton yang tidak lebih dari 100 mm dan spasi tidak lebih dari 300 mm
15. Pasal 18.6.5.1, *Gaya Analisa* – Gaya geser Analisa V_e harus dihitung dari tinjauan gaya-gaya pada bagian balok di antara kedua muka

joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatan momen 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.

16. Pasal 18.6.5.1, Tulangan transversal sepanjang daerah yang diidentifikasi dalam 18.6.4.1 harus diAnalisa 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
17. Pasal 18.6.5.1, Tulangan transversal sepanjang daerah yang diidentifikasi dalam 18.6.4.1 harus diAnalisa 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_gf'_c/20***



Gambar 2.14 Geser Analisa untuk balok dan kolom

SNI 2847-2019

2.7 Persyaratan Penulangan Kolom

1. Pasal 18.7.1, Pasal ini berlaku untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya diAnalisa untuk menahan gaya lentur, geser, dan aksial.
2. Pasal 18.7.2.1, Kolom-kolom harus memenuhi a) dan b):
 - 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 lurus nya tidak kurang dari 0,4.
3. Pasal 18.7.2.2, *Batasan dimensi* – Batasan geometri dalam pasal ini mengikuti praktek sebelumnya (*Seismology Committee of SEAOC 1996*)
4. Pasal 18.7.3.1, *Kekuatan lentur minimum kolom* – Tujuan dari 18.7.3.2 adalah untuk mengurangi kemungkinan leleh pada kolom yang dianggap sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik. Jika kolom tidak lebih kuat dari balok yang merangka pada *joint*, ada kemungkinan peningkatan aksi inelastik. Kasus terburuk pada kolom lemah adalah kelelahan lentur dapat terjadi pada kedua ujung kolom pada satu lantai tertentu yang menghasilkan mekanisme kegagalan kolom yang dapat menyebabkan keruntuhan bangunan.
5. Pasal 18.7.3.2, Kekuatan lentur kolom harus memenuhi

$$\Sigma M_{nc} \geq (1,2)\Sigma M_{nb},$$

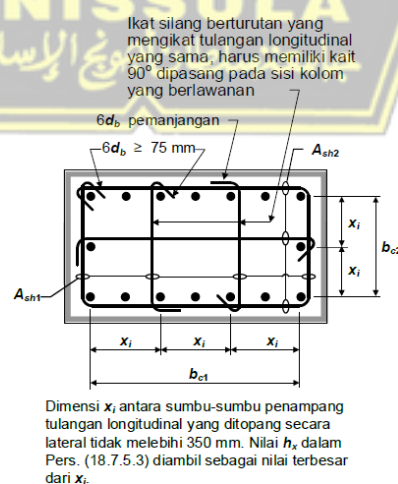
- a. ***M_{nc}*** adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.
- b. ***M_{nb}*** adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka

joint.

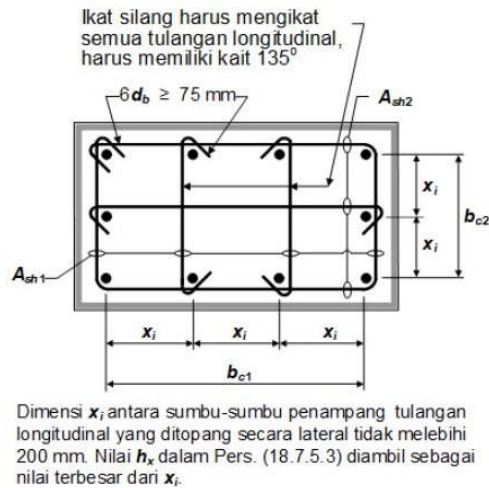
6. Pasal 18.7.3.3, jika 18.7.3.2 tidak dipenuhi pada suatu *joint*, kekuatan dan kekakuan lateral kolom yang merangka ke dalam *joint* tersebut harus diabaikan saat menghitung kekuatan dan kekakuan struktur.
7. Pasal 18.7.4.1, Luas tulangan longitudinal **A_{st}** tidak boleh kurang dari **$0,01A_g$** dan tidak lebih dari **$0,06A_g$** .
8. Pasal 18.7.4.2, Pada kolom-kolom dengan sengkang bundar, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.
9. Pasal 18.7.4.3, Sambungan mekanis harus memenuhi 18.2.7 dan sambungan las 18.2.8. Sambungan lewatan diizinkan hanya dalam daerah tengah tinggi kolom dan harus dianalisa sebagai sambungan lewatan tarik dan harus dilingkupi tulangan transversal yang memenuhi 18.7.5.2 dan 18.7.5.3.
10. Pasal 18.7.5.1, Tulangan transversal yang disyaratkan 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang dari masing-masing muka *joint* dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastik. Panjang o tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara a) hingga c):
 - a) Tinggi kolom pada muka *joint* atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
 - b) Seperenam tinggi bersih kolom
 - c) 450 mm
11. Pasal 18.7.5.2, Tulangan transversal harus sesuai a) hingga f):
 - a. Tulangan transversal harus terdiri dari spiral tunggal atau spiral saling tumpang (*overlap*), sengkang pengekang bundar, atau sengkang pengekang persegi, dengan atau tanpa ikat silang.
 - b. Setiap tekukan ujung sengkang pengekang persegi dan ikat silang
 - c. Ikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil dari diameter sengkang pengekang 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 $f_c' > 70 \text{ MPa}$ pada kolom dengan sengkang pengekat, setiap batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan oleh sudut dari sengkang
- g. pengekat ataupun oleh kait gempal, 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 2.15 Contoh penulangan transversal pada kolom
Sumber : SNI 2847-2019



Gambar 2.16 Contoh penulangan transversal pada kolom dengan

$P_u > 0,3Agf_c'$ atau $f_c' > 70$ Mpa

Sumber : SNI 2847-2019

12. Pasal 18.7.5.3, Spasi tulangan transversal tidak melebihi nilai terkecil dari

(a) hingga (c):

a) Seperempat dimensi terkecil penampang kolom

b) Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil

c) s_o , yang dihitung dari $s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \dots \dots \dots (18.7.5.3)$

Nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm

dan tidak perlu kurang dari 100mm.

13. Pasal 18.7.5.4, Jumlah tulangan transversal harus sesuai Tabel 18.7.5.4. Faktor kekuatan beton k_f dan faktor keefektifan pengekanan k_n dihitung berdasarkan Pers. 18.7.5.4a dan 18.7.5.4b.

$$a) k_f = \frac{f_c'}{175} + 0,6 \geq 1,0 \quad (18.7.5.4a)$$

$$b) k_n = \frac{n_\ell}{n_\ell - 2} \quad (18.7.5.4b)$$

dimana n_ℓ adalah jumlah batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom dengan sengkang persegi yang ditumpu secara lateral oleh sudut dari sengkang pengekanan atau kait seismik

Tabel 2.14 Tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikulmomen khusus

Tulangan transversal	Kondisi	Persamaan yang berlaku	
A_{sh}/s_{bc} untuk sengkang pengeang persegi	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70 \text{ MPa}$	Terbesar antara (a) dan (b)	$0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (a)$ $0,09 \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (b)$
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70 \text{ MPa}$	Terbesar antara (a), (b) dan (c)	$0,2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \quad (c)$
ρ_s untuk spiral ataupun sengkang pengeang lingkaran	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70 \text{ MPa}$	Terbesar antara (d) dan (e)	$0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (d)$ $0,12 \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (e)$
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70 \text{ MPa}$	Terbesar antara (d), (e) dan (f)	$0,35 k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \quad (f)$

Sumber : SNI 2847-2019

14. Pasal 18.7.5.5, Di luar panjang yang ditetapkan dalam 18.7.5.1, kolom harus diberi tulangan spiral atau sengkang yang memenuhi 25.7.2 hingga 25.7.4 dengan spasi s tidak melebihi nilai terkecil dari enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil dan 150 mm, kecuali bila jumlah tulangan transversal yang lebih besar disyaratkan oleh 18.7.4.3 atau 18.7.6.

15. Pasal 18.7.5.6, Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku yang tak menerus, seperti dinding, harus memenuhi a) dan b):

- a) Tulangan transversal sesuai 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 harus disediakan sepanjang tinggi keseluruhan kolom pada semua tingkat di bawah lokasi diskontinuitas jika gaya tekan aksial terfaktor pada kolom-kolom ini akibat pengaruh gempa melebihi $A_g f_c' / 10$. Bilamana gaya Analisa telah diperbesar untuk memperhitungkan faktor kekuatan lebih elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik, batasan $A_g f_c' / 10$ harus ditingkatkan menjadi

□

$$Agfc' / 0$$

- b) Tulangan transversal harus diteruskan ke dalam komponen struktur kaku tak menerus paling sedikit sejarak batang tulangan longitudinal terbesar sesuai 18.8.5. Bilamana ujung bawah kolom yang ditinjau berhenti pada suatu dinding, tulangan transversal perlu harus diteruskan ke dalam dinding paling sedikit batang tulangan longitudinal terbesar di titik pemutusan. Bilamana kolom tersebut berhenti pada sistem fondasi, tulangan transversal perlu harus diteruskan paling sedikit 300 mm ke dalam sistem fondasi.
16. Pasal 18.7.5.7, Jika tebal selimut beton di luar tulangan transversal pengekan yang ditetapkan berdasarkan 18.7.5.1, 18.7.5.5, dan 18.7.5.6 melebihi 100 mm, maka harus disediakan tulangan transversal tambahan dengan tebal selimut beton tidak melebihi 100 mm dan spasi tidak melebihi 300 mm.
17. Pasal 18.7.6.1, Gaya geser Analisa V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi di muka-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 di atas tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan *joint* berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke *joint*. Nilai V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.
18. Pasal 18.7.6.2, Tulangan transversal sepanjang l_o berdasarkan 18.7.5.1, harus diAnalisa untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bila a) dan b) terjadi:
- Gaya geser akibat gempa berdasarkan 18.7.6.1 setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum di sepanjang l_o
 - Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $Agfc' / 20$.

2.8 Persyaratan Joint / Hubungan Balok Kolom

1. Pasal 18.8.1.1, Pasal ini berlaku untuk *joint* balok-kolom sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian dari sistem pemikul gayaseismik.
2. Pasal 18.8.2.1, Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka *joint* harus dihitung dengan mengasumsikan tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$.
3. Pasal 18.8.2.2, Tulangan longitudinal balok yang dihentikan di dalam suatu kolom harus diteruskan ke muka terjauh dari inti kolom terkekang dan harus disalurkan dalam tarik sesuai 18.8.5 dan dalam tekan sesuai 25.4.9.
4. Pasal 18.8.2.3, Bila tulangan longitudinal balok diteruskan melalui *joint* balok-kolom, dimensi kolom yang paralel dengan tulangan balok tersebut tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok untuk beton normal (*normalweight*). Untuk beton ringan (*lightweight*), dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter tulangan.
5. Pasal 18.8.2.4, Tinggi *joint* h tidak boleh kurang dari setengah tinggi balok-balok yang merangka pada *joint* tersebut dan yang menyebabkan geser pada *joint* sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik.
6. Pasal 18.8.3.1, Tulangan transversal *joint* harus memenuhi 18.7.5.2, 18.7.5.3, 18.7.5.4, dan 18.7.5.7, kecuali sebagaimana yang diizinkan 18.8.3.2.
7. Pasal 18.8.3.2, Bila pada keempat sisi *joint* terdapat balok yang merangka kepadanya dan bila lebar dari setiap balok tersebut setidaknya tiga perempat lebar kolom, maka jumlah tulangan yang diperlukan 18.7.5.4 diizinkan untuk direduksi setengahnya, dan spasi yang disyaratkan 18.7.5.3 diizinkan untuk ditingkatkan hingga 150 mm dalam ketinggian balok h yang terendah yang merangka pada *joint* tersebut.
8. Pasal 18.8.3.3, Tulangan longitudinal balok yang berada di luar inti

kolom harus dikekang oleh tulangan transversal yang menembus kolom dengan spasi sesuai 18.6.4.4, dan persyaratan 18.6.4.2 dan 18.6.4.3, jika pengeangan tersebut tidak diberikan oleh balok yang merangka ke dalam *joint*.

9. Pasal 18.8.3.4, Bila tulangan momen negatif balok menggunakan tulangan berkepala (*headed deformed bar*) yang berhenti di dalam *joint*, maka ujung atas kolom harus diteruskan di atas *joint* setidaknya setinggi h . Sebagai alternatif, tulangan balok harus dikekang pada muka atas *joint* oleh tulangan *joint* vertikal tambahan.
10. Pasal 18.8.4.1, Kekuatan geser V_n *joint* harus sesuai Tabel 18.8.4.1.

Tabel 2.15 Kekuatan geser nominal *joint* V_n

Konfigurasi <i>Joint</i>	V_n
Untuk <i>joint</i> yang terkekang oleh balok-balok pada keempat sisinya ^[1]	$1,7\lambda\sqrt{f_c'}A_j$ ^[2]
Untuk <i>joint</i> yang terkekang oleh balok-balok pada tiga sisinya atau dua sisi berlawanan ^[1]	$1,2\lambda\sqrt{f_c'}A_j$ ^[2]
Untuk kasus-kasus lainnya	$1,0\lambda\sqrt{f_c'}A_j$ ^[2]

^[1] Mengacu pada 18.8.4.2

^[2] λ diambil 0,75 untuk beton ringan dan 1,0 untuk beton normal. Nilai A_j berdasarkan 18.8.4.3

Sumber : SNI 2847-2019

11. Pasal 18.8.4.2, Pada Tabel 18.8.4.1, suatu muka *joint* dianggap terkekang oleh balok apabila lebar balok tersebut paling tidak tiga perempat dari lebar efektif *joint*. Perpanjangan balok yang melewati muka *joint* setidaknya sama dengan tinggi balok h boleh dianggap memberikan kekangan pada muka *joint* tersebut. Perpanjangan balok tersebut harus memenuhi 18.6.2.1 (b), 18.6.3.1, 18.6.4.2, 18.6.4.3, dan 18.6.4.4.
12. Pasal 18.8.4.3, Luas penampang efektif dalam suatu *joint*, A_j , harus dihitung dari tinggi *joint* kali lebar *joint* efektif. Tinggi *joint* harus

sebesar lebar kolom, h . Lebar *joint* efektif harus selebar kolom, kecuali bila ada balok yang merangka ke dalam kolom yang lebih lebar, lebar *joint* efektif tidak boleh melebihi nilai terkecil dari a) dan b):

- a) Lebar balok ditambah tinggi *joint*
- b) Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom.



Gambar 2.17 Luas *joint* efektif

Sumber : SNI 2847-2019

13. Pasal 18.8.5.1, Untuk tulangan D10 hingga D36 yang ujungnya diberi kait standar, panjang penyaluran d_h harus dihitung berdasarkan Pers. (18.8.5.1). Untuk beton normal, d_h yang diperoleh tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara $8d_b$ dan 150 mm; dan untuk beton ringan tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara $10d_b$ dan 190 mm.

$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \lambda \sqrt{f_c}} \quad (18.8.5.1)$$

Nilai λ adalah 0,75 untuk beton ringan dan 1,0 untuk beton normal. Kait standar harus ditempatkan dalam inti terkekang kolom atau elemen batas, dengan kait ditekuk ke dalam *joint*.

14. Pasal 18.8.5.2, Untuk tulangan berkepala yang memenuhi 20.2.1.6, panjang penyaluran tarik harus sesuai 25.4.4, kecuali spasi bersih antar tulangan diizinkan setidaknya $3d_b$

15. Pasal 18.8.5.3, Untuk tulangan D10 hingga D36, panjang penyaluran tulangan tarik d untuk tulangan lurus tidak boleh kurang dari nilai terbesaran antara a) dan b):
- a) 2,5 kali panjang sesuai 18.8.5.1 bila beton yang dicor di bawah tulangan tersebut tidak melebihi 300 mm
 - b) 3,25 kali panjang sesuai 18.8.5.1 bila tinggi beton yang dicor bersamaan di bawah batang tulangan melebihi 300 mm.
16. Pasal 18.8.5.4, Tulangan lurus yang berhenti pada *joint* harus melewati inti terkekang kolom atau elemen batas. Semua bagian d yang tidak berada di dalam inti terkekang harus diperpanjang dengan faktor sebesar 1,6 kali.
17. Pasal 18.8.5.5, Jika digunakan tulangan berlapis epoksi, maka panjang penyaluran berdasarkan 18.8.5.1, 18.8.5.3, dan 18.8.5.4 harus dikalikan dengan faktor yang sesuai 25.4.2.4 atau 25.4.3.2.

2.9 Persyaratan Analisa Plat

Pada perhitungan Analisa plat kami merujuk kepada peraturan SNI yang ada yaitu :

1. Pasal 7.1.1 SNI 2847-2019, Ketentuan pada pasal ini berlaku untuk perencanaan pelat nonprategang dan prategang dengan penulangan untuk lentur satu arah, termasuk:
 - a) Pelat solid
 - b) Pelat yang dicor di atas dek baja nonkomposit
 - c) Pelat beton komposit yang dibangun dengan pengecoran terpisah tetapi disambung satu sama lain sehingga semua komponen memikul beban sebagai satu kesatuan.
 - d) Pracetak, pelat prategang berongga
2. Pasal 7.3.1 SNI 2847-2019, Untuk pelat solid nonprategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat h tidak boleh kurang dari batas minimum pada Tabel 7.3.1.1, kecuali jika hasil hitungan pada batas

lendutan 7.3.2 terpenuhi.

Tabel 2.16 Ketebalan minimum pelat solid satu arah nonprategang

Kondisi tumpuan	$h^{(1)}$ Minimum
Tumpuan sederhana	$\ell/20$
Satu ujung menerus	$\ell/24$
Kedua ujung menerus	$\ell/28$
Kantilever	$\ell/10$

⁽¹⁾Angka ini berlaku untuk beton berat normal dan $f_y = 420$ MPa. Untuk kasus lain, ketebalan minimum harus dimodifikasi sesuai 7.3.1.1.1 hingga 7.3.1.1.3.

Sumber : SNI 2847-2019

3. Pasal 7.3.1.1 SNI 2847-2019, Untuk f_y lebih dari 420 MPa, persamaan pada Tabel 7.3.1.1 harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y / 700)$
4. Pasal 7.3.1.2 SNI 2847-2019, Untuk pelat nonprategang yang terbuat dari beton ringan dengan w_c berkisar antara 1440 hingga 1840 kg/m³, persamaan pada Tabel 7.3.1.1 harus dikalikan dengan nilai terbesar dari a) dan b):

a) 1,65

b) 1,09

5. Pasal 7.5.1.1 SNI 2847-2019, Untuk setiap kombinasi beban terfaktor yang dipakai, kekuatan Analisa di semua penampang harus memenuhi $\phi S_n \geq U$ termasuk a) dan b). Interaksi antara pengaruh beban harus diperhitungkan.

a) $\phi M_n \geq M_u$

b) $\phi V_n \geq V_u$

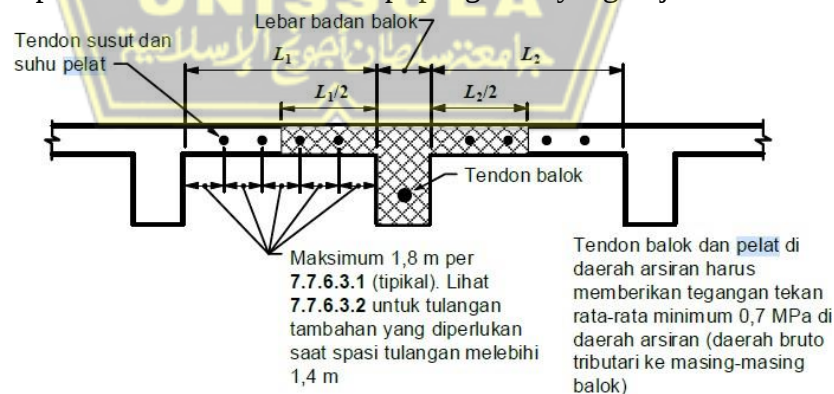
6. Pasal 7.5.2.3 SNI 2847-2019, Jika tulangan lentur utama pada

pelat dianggap sebagai bagian dari sayap balok-T yang sejajar dengan sumbu memanjang balok, tulangan yang tegak lurus terhadap sumbu memanjang balok harus disediakan di bagian atas pelat sesuai a) dan b). Ketentuan ini tidak berlaku untuk konstruksi pelat berusuk.

a) Tulangan pelat yang tegak lurus terhadap balok harus dirancang untuk menahan beban terfaktor yang bekerja pada sayap balok-T yang diasumsikan bekerja sebagai kantilever.

b) Hanya lebar efektif sayap balok-T yang sesuai 6.3.2 yang perlu dipertimbangkan.

7. Pasal 7.6.3.1 SNI 2847-2019, Luas minimum tulangan geser, $A_{v,min}$, harus disediakan pada semua penampang dimana $V_u > \phi V_c$. Untuk pelat pracetak berongga tanpa beton penutup $h > 315 \text{ mm}$, $A_{v,min}$ harus disediakan disemua penampang dimana $V_u > 0,5\phi V_{cw}$.
8. Pasal 7.6.3.2 SNI 2487-2019, Jika ditunjukkan dalam pengujian bahwa M dan V yang dibutuhkan dapat terpenuhi, 7.6.3.1 tidak perlu dipenuhi. Pengujian harus mensimulasikan efek dari beda penurunan, rangkai, susut, dan perubahan suhu, berdasarkan perkiraan realistis terhadap pengaruh yang terjadi dalam masa



layan.

Gambar 2.18 Potongan penampang balok yang dicor monolit dengan pelat

Sumber : SNI 2847-2019

2.10 Studi terdahulu SNI – 2012

2.10.1 penentuan Faktor Keutamaan Gempa Rencana

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, untuk berbagai kategori resikostruktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan factor keutamaan (*I_e*) menurut tabel 2.2. Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 2.1.

Tabel 2.17 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, 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 resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar	II

- Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ Rumah susun - Pusat perbelanjaan/ Mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur	
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko 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 gawatdarurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo	III
Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko

Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
Gedung dan struktur lainnya 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. Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.	IV

Sumber : SNI-1726-2012

Tabel 2.18 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI-1726-2012

2.11 Kombinasi Pembebanan Pada Struktur Sistem Rangka

Berdasarkan pasal 4.2.2 SNI 1726-2019, komponen elemen - elemen strukturyang dirancang harus kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban – bebanterfaktor sebagai berikut :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + L \text{ atau } 0,5W$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $0,9 D + 1,0 W$

dimana :

D = Beban Mati.

L = Beban Hidup.

L_r = Beban Hidup Atap

R = Hujan

W = Angin

P = faktor redundansi untuk Analisa seismik.

S_{ds} = parameter percepatan spektrum respons Analisa pada periode pendek.

Q_E = pengaruh gaya seismik horizontal dari V.

2.12 Definisi Kelas Situs

Berdasarkan pasal 5.3 SNI 1726-2019, tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari tabel dan pasal – pasal berikut :

Tabel 2.19 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau Nek	S_u (kPa)
SA (batu keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau Nek	S_u (kPa)

SC (batu 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)	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 lunak, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisa respons spesifik situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : 1. rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti likuifaksi, lempung sensitif, tanah tersementasi lemah 2. lempung sangat organik atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) 3. lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) 4. lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

Sumber : SNI 1726-2019

2.12.1 Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektral

Sesuai SNI 1726-2019 pasal 6.2 respon spektrum Analisa harus ditentukan lebih dahulu berdasarkan data berikut :

1. Parameter percepatan batuan dasar pada periode 0,2 detik dan 1 detik.
2. Faktor amplifikasi getaran periode pendek (F_a), dan getaran periode 1 detik (F_v)
3. Parameter kelas situs (SA, SB, SC, SD, SE, dan SF).
4. Koefisien – koefisien dan parameter – parameter respons spektra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R).

Parameter respons spektrum percepatan periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots(2.1)$$

$$S_{m1} = F_y \cdot S_1 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

S_{MS} = parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

S_{M1} = parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs

F_a = koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)

F_v = koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik)

Tabel 2.20 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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 ^b					

Sumber : SNI 1726-2019

Catatan:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier.
- (b) $S_s =$ Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs, spesifik, lihat pasal 6.10.1 (SNI-1726-2019).

Tabel 2.21 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakanpada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
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	2,2	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^b					

Sumber : SNI 1726-2019

Catatan:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier.
- (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs - spesifik, lihat pasal 6.10.1 (SNI-1726-2019).

Percepatan spektral Analisa baik untuk periode pendek (S_{DS}) maupun periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

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

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

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana :

- S_{DS} = parameter spektrum respon Analisa pada periode pendek.
- S_{D1} = parameter spektrum respon Analisa pada periode 1 detik.
- S_s = parameter respons spektra percepatan gempa MCE_R untuk periode pendek.
- S_1 = parameter respons spektra percepatan gempa MCE_R untuk periode 1 detik.

2.13 Kategori Respon Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori Analisa seismik yang mengikuti pasal 6.5 SNI 1726-2019. Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spectral percepatan terpetakan pada periode 1 detik (S_1) lebih besar dari atau sama dengan dari 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori Analisa seismik E. Struktur dengan kategori Analisa seismik IV yang berlokasi dimana S_1 lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori Analisa seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori Analisa seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spectral percepatan desainya, Analisisanya (S_{DS}) dan (S_{d1}) sesuai 0. lihat tabel 2.22 dan tabel 2.23.

Tabel 2.22 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

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

Sumber : SNI 1726-2019

Tabel 2.23 Kategori Desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{d1}	Kategori Risiko	
	I, II atau III	IV
$S_{d1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{d1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{d1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{d1}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019

2.14 Pemilihan Sistem Struktur Tahan Gempa

Berdasarkan pasal 7.2.1 SNI 1726-2019, pemilihan sistem struktur penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar dapat merujuk pada salah satu tipe pada tabel Penggunaan sistem struktur tahan gempa harus disesuaikan menurut batasan sistem struktur dan ketinggian, faktor modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω , . Selain itu, faktor pembesaran defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 2.8 harus digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, dan simpangan antar lantai tingkat Analisa. Berikut adalah tabel 2.8 :

Tabel 2.24 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul- gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respon, (R^a)	Faktor Kuat Lebih (Ω^b)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d^c)	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur(m)				
				Kategori Analisa				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
Sistem rangka pemikul Momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	T B	T B	T B	T B	T B
2. Rangka batang baja pemikul momen Khusus	7	3	5½	T B	T B	48	30	TI

Tabel 2.25 Lanjutan Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem pemikul- gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respon, (R)	Faktor Kuat Lebih (Ω_0)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	Batasan sistem dan batasan tinggi struktur (m)				
				Kategori Analisa				
				B	C	D	E	F
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	T B	T B	10 _k	TI ^k	TI ^k

4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	T B	T B	TI ¹	TI ¹	TI ¹
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	T B	T B	T B	T B	T B
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	T B	T B	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	T B	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen Khusus	8	3	5½	T B	T B	T B	T B	T B
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen Menengah	5	3	4½	T B	T B	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	T B	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3	3½	10	10	10	10	10

Sumber: SNI-1726-2019

2.15 Analisa Data Dari Output Permodelan Struktur

Setelah data – data yang diperlukan dimasukan pada permodelan struktur bangunan yang dibuat maka selanjutnya dirun analisis untuk mendapatkan hasil atau *output* yang diperlukan untuk analisa kinerja struktur nanti. Dari output permodelan yang telah dirun analisis kemudahan akan dilakukan analisis – analisis diantaranya sebagai berikut :

2.15.1. Analisis Berat Seismik Efektif Struktur

Sesuai dengan pasal 7.7.2 SNI 1726-2019, berat seismik efektif struktur (W) harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yang terdaftar di bawah ini:

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25% beban hidup lantai (beban hidup lantai digarasi publik dan struktur parkir terbuka, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 % dari berat seismik pada suatu lantai, tidak perlu disertakan) ; pengecualian A. Bila beban penyimpanan tidak lebih dari 5% terhadap berat seismik efektif pada tingkat tersebut, berat tidak perlu dimasukkan dalam berat seismik efektif. B. Beban hidup lantai ditempat parkir umum dan struktur parkir terbuka tidak perlu dimasukkan.
2. Jika ketentuan untuk partisi disyaratkan dalam Analisa SNI 1727 beban lantai; diambil sebagai yang terbesar diantara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar $0,48 \text{ kN/m}^2$;
3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen ;
4. Berat lansekap dan beban lainnya pada atap dan area atau luasan sejenis lainnya.

Tabel 2.26 Prosedur Analisis Yang Boleh Digunakan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 0	Analisis spektrum respons ragam pasal 0	Prosedur respons riwayat waktu seismik pasal 0
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_s$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

CATATAN I: Diizinkan, TI: Tidak Diizinkan

Sumber : SNI 1726-2019

2.15.2. Analisis Gaya Geser Dasar Seismik (V)

Gaya geser dasar seismik (V), dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W_t \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana :

C_s = koefisien respons seismik

W_t = berat total gedung

Untuk koefisien respon seismik (C_s), harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$C_s = (S_{DS} \cdot I / R) \dots \dots \dots (2.8)$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi :

$$C_s = (S_{D1} \cdot I / T \cdot R) \dots \dots \dots (2.9)$$

Dan nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{DS} I \geq 0,01 \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana :

S_D = parameter percepatan respons spektrum Analisa pada periode 1 detik.

S_{D1} = parameter percepatan respons spektrum yang ditetapkan.

T = periode struktur dasar (detik).

R = faktor modifikasi respons.

I = faktor keutamaan hunian beban mati.

2.18 Menentukan Profil Perpindahan Rencana

Menentukan inelastik mode shape digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Untuk } n > 4, \text{ maka nilai } \delta_i = \frac{4}{3} \left(\frac{H_i}{H_n} \right) \times \left(1 - \frac{H_i}{4H_n} \right) \dots \dots \dots (2.11)$$

Menentukan profil perpindahan ;

$$\Delta_1 = \theta \cdot H_i I ; \text{ untuk lantai pertama} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\Delta_i = \frac{\Delta_1}{\delta_i} ; \text{ untuk lantai berikutnya} \dots \dots \dots (2.13)$$

Nilai Δ_i harus dikalikan dengan factor koreksi yang dihitung menggunakan

rumus berikut :

$$\omega_{\theta} = 1,15 - 0,0034 Hn \leq 1 \dots\dots\dots (2.14)$$

desain perpindahan dari sistem SDOF dihitung sebagai berikut :

$$\Delta d = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta i^2)}{\sum^n (m_i \Delta i)} \dots\dots\dots (2.15)$$

2.19 Penentuan Periode Fundamental Pendekatan

Sesuai pasal 7.8.2 SNI 1726-2019, periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat atau property struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul atau penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a). Penentuan periode alami struktur ditentukan dalam Tabel 2.11 di bawah ini :

Tabel 2.27 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung

Parameter percepatan drespon spectral Analisa 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 2.28 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t Dan x

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

Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75
-------------------------------	---------------------	------

Sumber : SNI-1726-2019

Ada dua batas untuk periode bangunan, yaitu nilai minimum periode bangunan ($T_{a \min}$) dan nilai maksimum periode bangunan ($T_{a \max}$), yaitu :

$$T_{a \min} = C_t \cdot h^x \dots \dots \dots (2.16)$$

$$T_{a \max} = C_u \cdot T_{a \min} \dots \dots \dots (2.17)$$

dimana :

h = tinggi struktur dari dasar sampai ke tingkat paling atas.

C_t = 0,0466 (dari Tabel koefisien parameter periode pendekatan).

C_u = 1,4 (dari tabel koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung).

X = 0,9 (dari tabel koefisien parameter periode pendekatan).

2.20 Distribusi Vertikal Gaya Seismik atau Gempa

Sesuai pasal 7.8.3 SNI 1726-2019 bahwa gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots \dots \dots (2.18)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k} \dots \dots \dots (2.19)$$

dimana :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal.

V = gaya lateral Analisa total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kN.

w_i dan w_x = bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x.

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x, dinyatakan dalam meter.

K = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut: untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang maka $k = 1$.

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih maka $k = 2$.

untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 maka k ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.21 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Sesuai pasal 7.8.4 SNI 1726-2012 bahwa geser tingkat Analisa disemua tingkat (V_x) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots \dots \dots (2.20)$$

Keterangan :

F_i adalah bagian dari gaya geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i, dinyatakan dalam kilo newton (kN)

Geser tingkat Analisa gempa (V_x) (kN) harus didistribusikan pada bagian elemen vertikal system penahan gaya gempa di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal dan diafragma.

2.22 Modal Partisipasi Massa

Menurut SNI-1726-2019 Pasal 7.9.1: Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur atau aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model dengan periode 0,05 detik.

2.23 Translasi Struktur

Mode 1, 2 harus berupa translasi (SNI-1726-2019), hal ini dimaksudkan untuk menghindari torsi yang besar

2.24 Analisis Simpangan Antar Tingkat

Sesuai pasal 7.8.6 SNI 1726-2019, penentuan simpangan antar lantai tingkat Analisa harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika Analisa tegangan izin digunakan, (Δ) harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan dalam 0 tanpa reduksi untuk tegangan izin. Defleksi pusat massa di tingkat (δ_x) (mm) ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (2.21)$$

dimana :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral atau defleksi.

δ_{xe} = simpangan atau defleksi pada lokasi yang disyaratkan dan ditentukan sesuai dengan analisis elastis.

I_e = faktor keutamaan berdasarkan kategori resiko.

Simpangan antar lantai tingkat Analisa (Δ) yang telah ditentukan sesuai peraturan SNI 1726-2019 tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a) seperti didapat dari tabel berikut ini :

Tabel 2.29 Simpangan antar lantai izin, Δ_a

Struktur	Ketegori 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 eksterior yang telah diAnalisa untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	0,025hx	0,020hx	0,015hx

Struktur dinding geser knatilever batu bata	0,010hx	0,010hx	0,010hx
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007hx	0,007hx	0,007hx
Semua struktur lainnya	0,020hx	0,015hx	0,010hx

Sumber: SNI 1726-2019



2.25 Evaluasi Beban Gempa

Sesuai pasal 7.9.4.1 SNI 1726-2019, bila periode fundamental yang dihitung melebihi T_u , maka harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85% dari gaya dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85 \frac{V}{V_t}$.

$$V_t$$

2.26 Persyaratan Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah sistem rangka beton bertulang yang dianalisa mempunyai kapasitas daktilitas struktur maksimal. Berdasarkan SNI 1726-2019, sistem ini diizinkan untuk memikul analisa beban seismik dengan kategori B, C, D, E dan F. Kategori D sendiri adalah kategori analisa beban seismik yang dibatasi oleh parameter respon percepatan periode pendek dengan nilai $0,50 < S_{DS}$, yang masuk dalam resiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Analisa beban seismik kategori E adalah kategori dengan nilai $S_{D1} \geq 0,75$ yang masuk dalam resiko bangunan gedung I, II dan III. Sedangkan analisa beban seismik kategori F adalah kategori dengan nilai $S_{D1} \geq 0,75$ yang masuk dalam resiko bangunan gedung IV.

Berdasarkan dari SNI 2847-2019 Pasal 18.6 tentang komponen struktur lentur rangka momen khusus dan Pasal 18.7 yang dikenakan beban lentur dan aksial maka persyaratan dalam perencanaan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) harus dipenuhi. Berikut adalah persyaratan – persyaratan sesuai SNI 2847-2019 Pasal 18.6 dan Pasal 18.7 yang harus dipenuhi :

18. Pasal 18.6.1.1 ini berlaku untuk balok-balok sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya didesain untuk menahan lentur dan geser.
19. Pasal 18.6.1.1, Balok-balok sistem rangka pemikul momen khusus harus merangka ke kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus sesuai 18.7.
20. Pasal 18.6.2.1 Balok harus memenuhi (a) hingga (c):

- a) Bentang bersih, λ_n , harus minimal $4d$
 - b) Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm
 - c) Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75c_1$ pada masing-masing sisi kolom.
21. Pasal 18.6.3.1, Balok-balok harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus pada sisi atas dan bawah penampang. Pada sebarang penampang, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan 9.6.1.2, dan rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi $0,025$, baik untuk tulangan atas maupun bawah..
22. Pasal 18.6.3.2, Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif pada muka joint tersebut. Kekuatan momen negatif dan positif pada sebarang penampang di sepanjang bentang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum pada muka kedua joint..
23. Pasal 18.6.3.3, Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jikatulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang sambungan lewatan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung-lewatkan 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 jarak dua kali tinggi balok dari muka joint
 - c) Dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis di mana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.
24. Pasal 18.6.4.1, Sengkang pengekan harus dipasang pada balok di daerah berikut :
- a. Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung balok;
 - b. Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok pada

kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.

25. Pasal 18.6.4.4, Senggang pengeang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponene struktur penumpu. Spasi senggang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):
 - a. $d/4$
 - b. Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal yang disyaratkan oleh pasal 9.7.2.3; dan
 - c. 150 mm
26. Pasal 18.6.4.5, Bila diperlukan senggang pengeang, senggang pengeang tersebut harus didesain untuk menahan geser sesuai 18.6.5..
27. Pasal 18.6.4.6, Bila senggang pengeang tidak diperlukan, senggang dengan kait gempu pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang balok..
28. Pasal 18.6.4.7, Pada balok yang mengalami gaya tekan aksial terfaktor melebihi $A_g f'_c/10$ harus dipasang senggang pengeang yang memenuhi 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 sepanjang jarak yang ditentukan pada 18.6.4.1. Di luar jarak tersebut harus dipasang senggang pengeang yang memenuhi 18.7.5.2 dengan spasi s tidak lebih dari nilai terkecil antara enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil dan 150 mm. Pada kondisi tebal selimut beton melebihi 100 mm di luar tulangan transversal, harus dipasang tulangan transversal tambahan yang memiliki selimut beton yang tidak lebih dari 100 mm dan spasi tidak lebih dari 300 mm.
29. Pasal 18.6.5.1, Gaya desain – Gaya geser desain V_e harus dihitung dari tinjauan gaya-gaya pada bagian balok di antara kedua muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatan momen 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.

30. 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 $A_g f'_c / 20$.
31. Pasal 18.7.1.1, Pasal ini berlaku untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya didesain untuk menahan gaya lentur, geser, dan aksial.
32. Pasal 18.7.2.1, Kolom-kolom harus memenuhi a) dan b):
- 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 lurus tidak kurang dari 0,4.
33. 18.7.3.1 Kolom-kolom harus memenuhi 18.7.3.2 atau 18.7.3.3.
34. Pasal 18.7.3.2, Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

$\sum M_{nc}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka kedalam joint, yang dievaluasi dimuka-muka joint. kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum M_{nb}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint, tulangan pelat dalam lebar efektif pelat sesuai 6.3.2 harus diasumsikan berkontribusi terhadap M_{nb} jika tulangan pelat tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritisnya.

Kekuatan lentur harus dijumlahkan sedemikian hingga momen-

- momen kolom berlawanan dengan momen-momen balok. Pers. (18.7.3.2) harus dipenuhi untuk momen-momen balok yang bekerja pada kedua arah pada bidang vertikal rangka yang ditinjau.
35. Pasal 18.7.3.3 Jika 18.7.3.2 tidak pada suatu *joint*, kekuatan dan kekakuan lateral kolom yang merangka ke dalam *joint* tersebut harus diabaikan saat menghitung kekuatan dan kekakuan struktur. Kolom-kolom ini harus memenuhi 18.14.
36. Pasal 18.7.4.1, Luas tulangan longitudinal A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,06A_g$.
37. Pasal 18.7.4.2, Pada kolom-kolom dengan sengkang bundar, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.
38. Pasal 18.7.4.3, Sambungan mekanis harus memenuhi 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 18.7.5.2 dan 18.7.5.3.
39. Pasal 18.7.5.1, Tulangan transversal yang disyaratkan 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang l_o dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampakan dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastis. Panjang l_o tidak boleh kurang dari nilai terbesar (a), (b) dan (c) :
- Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi;
 - $1/6$ tinggi bersih kolom; dan
 - 450 mm.
40. Pasal 18.7.5.2, Tulangan transversal harus sesuai a) hingga f):
- Tulangan transversal harus terdiri dari spiral tunggal atau spiral saling tumpang (*overlap*), sengkang pengekang bundar, atau sengkang pengekang persegi, dengan atau tanpa ikat silang.
 - Setiap tekukan ujung sengkang pengekang persegi dan ikat silang harus mengait batang tulangan longitudinal terluar.
 - Ikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang

lebih kecil dari diameter sengkang pengekang 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 pengekang 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 **hx** antara tulangan-tulangan longitudinal di sepanjang perimeter penampang kolom yang tertumpu secara lateral oleh sudut ikat silang atau kaki-kaki sengkang pengekang tidak boleh melebihi 350 mm.
- f) Ketika **$P_u > 0,3A_g f_c'$** atau **$f_c' > 70 \text{ MPa}$** pada kolom dengan sengkang pengekang, setiap batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan oleh sudut dari sengkang pengekang ataupun oleh kait gempal, dan nilai **hx** tidak boleh lebih dari 200 mm. **P_u** harus merupakan gaya tekan terbesar yang konsisten dengan kombinasi beban terfaktor termasuk **E**.

41. Pasal 18.7.5.3, Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o

komponen struktur ini tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b) dan

(c) :

a. $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur minimum;

b. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil; dan

c. S_o seperti didefinisikan pada rumus di bawah ini :

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \dots \dots \dots (2.22)$$

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

42. Pasal 18.7.5.4, Jumlah tulangan transversal yang disyaratkan dalam (a) atau (b), Faktor kekuatan beton k_f dan faktor keefektifan pengekangan k_n dihitung berdasarkan Pers. 18.7.5.4a dan 18.7.5.4b.

$$a) Kf = \frac{f_c^F}{175} + 0,6 \geq 1,0 \dots \dots \dots (2.23)$$

$$b) Kn = \frac{n\ell}{n\ell - 2} \dots \dots \dots (2.24)$$

dimana $n\ell$ adalah jumlah batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom dengan sengkang persegi yang ditumpu secara lateral oleh sudut dari sengkang pengekan atau kait seismik.

Tabel 2.30 Tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus

Tulangan transversal	Kondisi	Persamaan yang berlaku
$A_{sh}/s b_c$ untuk sengkang pengekan persegi	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (a) dan (b) $0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (a) $0,09 \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (b)
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (a), (b) dan (c) $0,2 k f_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (c)
ρ_s untuk spiral ataupun sengkang lingkaran	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (d) dan (e) $0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (d) $0,12 \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (e)
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (d), (e) dan (f) $0,35 k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (f)

Sumber : SNI-1726-2019

43. Pasal 18.7.5.5 Di luar panjang λ_0 yang ditetapkan dalam 18.7.5.1, kolom harus diberi tulangan spiral atau sengkang yang memenuhi 25.7.2 hingga 25.7.4 dengan spasi s tidak melebihi nilai terkecil dari enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil dan 150 mm, kecuali bila jumlah tulangan transversal yang lebih besar disyaratkan oleh 18.7.4.3 atau 18.7.6.

44. Pasal 18.7.5.6. Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur

kaku yang tak menerus, seperti dinding, harus memenuhi a) dan b)::

a. Tulangan transversal sesuai 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 harus disediakan sepanjang tinggi keseluruhan kolom pada semua tingkat di bawah lokasi diskontinuitas jika gaya tekan aksial terfaktor pada kolom-kolom ini akibat pengaruh gempa melebihi $A_g f'_c/10$. Bilamana gaya Analisa telah diperbesar untuk memperhitungkan kekuatan lebih elemen vertical sistem penahan gaya gempa, batas $A_g f'_c/10$ harus ditingkatkan menjadi $A_g f'_c/4$.

b. Tulangan transversal harus diteruskan ke dalam komponen struktur kaku tak menerus paling sedikit sejarak d batang tulangan longitudinal terbesar sesuai 18.8.5. Bilamana ujung bawah kolom yang ditinjau berhenti pada suatu dinding, tulangan transversal perlu harus diteruskan ke dalam dinding paling sedikit d batang tulangan longitudinal terbesar di titik pemutusan. Bilamana kolom tersebut berhenti pada sistem fondasi, tulangan transversal perlu harus diteruskan paling sedikit 300 mm ke dalam sistem fondasi.

45. Pasal 18.7.5.7, Bila selimut beton di luar tulangan transversal pengekan yang ditetapkan dalam pasal 18.7.5.1, 18.7.5.5, dan 18.7.5.6 melebihi 100 mm, tulangan transversal tambahan harus disediakan. dengan tebal selimut beton tidak melebihi 100 mm dan spasi tidak melebihi 300 mm.

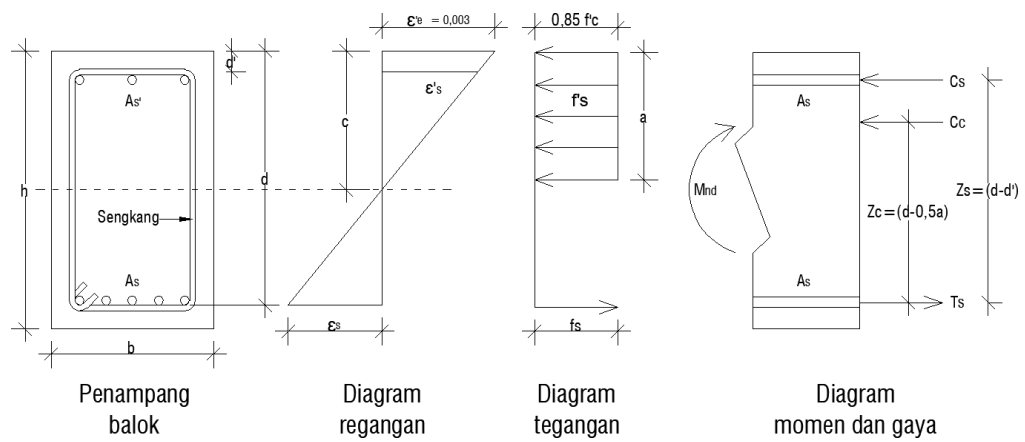
2.27 Persyaratan Penulangan Balok

Persyaratan penulangan pada balok yang merupakan elemen penahan beban lateral diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 18.6.3 Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan :

1. Balok harus memiliki minimal dua batang tulangan menerus pada sisi atas dan bawah penampang.
2. Pada sebarang penampang, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan 9.6.1.2
3. Ratio tulangan p tidak boleh melebihi 0,025 baik untuk tulangan bawah ataupun atas. (pasal 18.6.3.1).
4. Kekuatan momen positif pada muka *joint* tidak boleh kurang dari setengah kekuatan momen negative yang disediakan pada muka *joint*

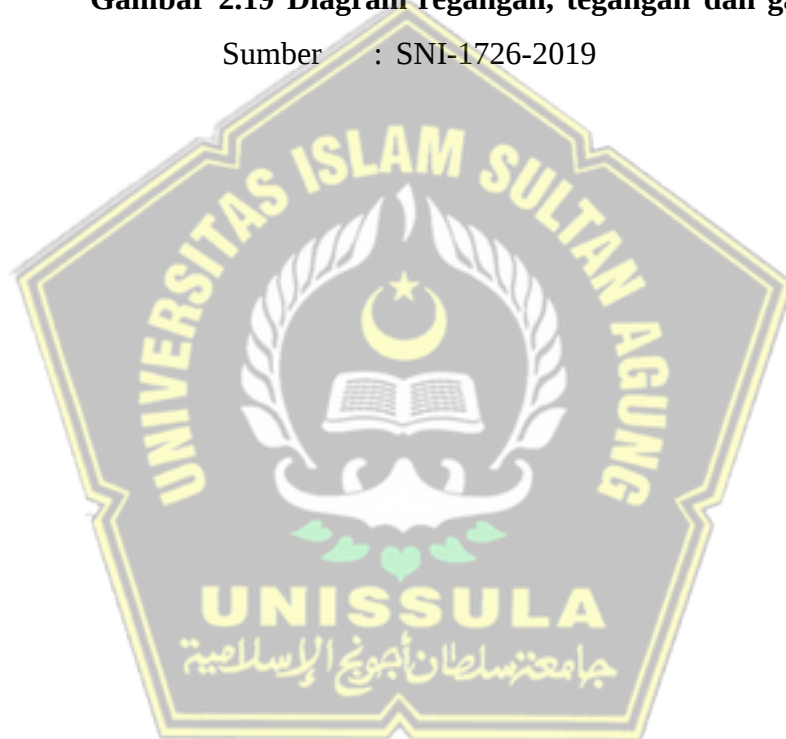
tersebut.

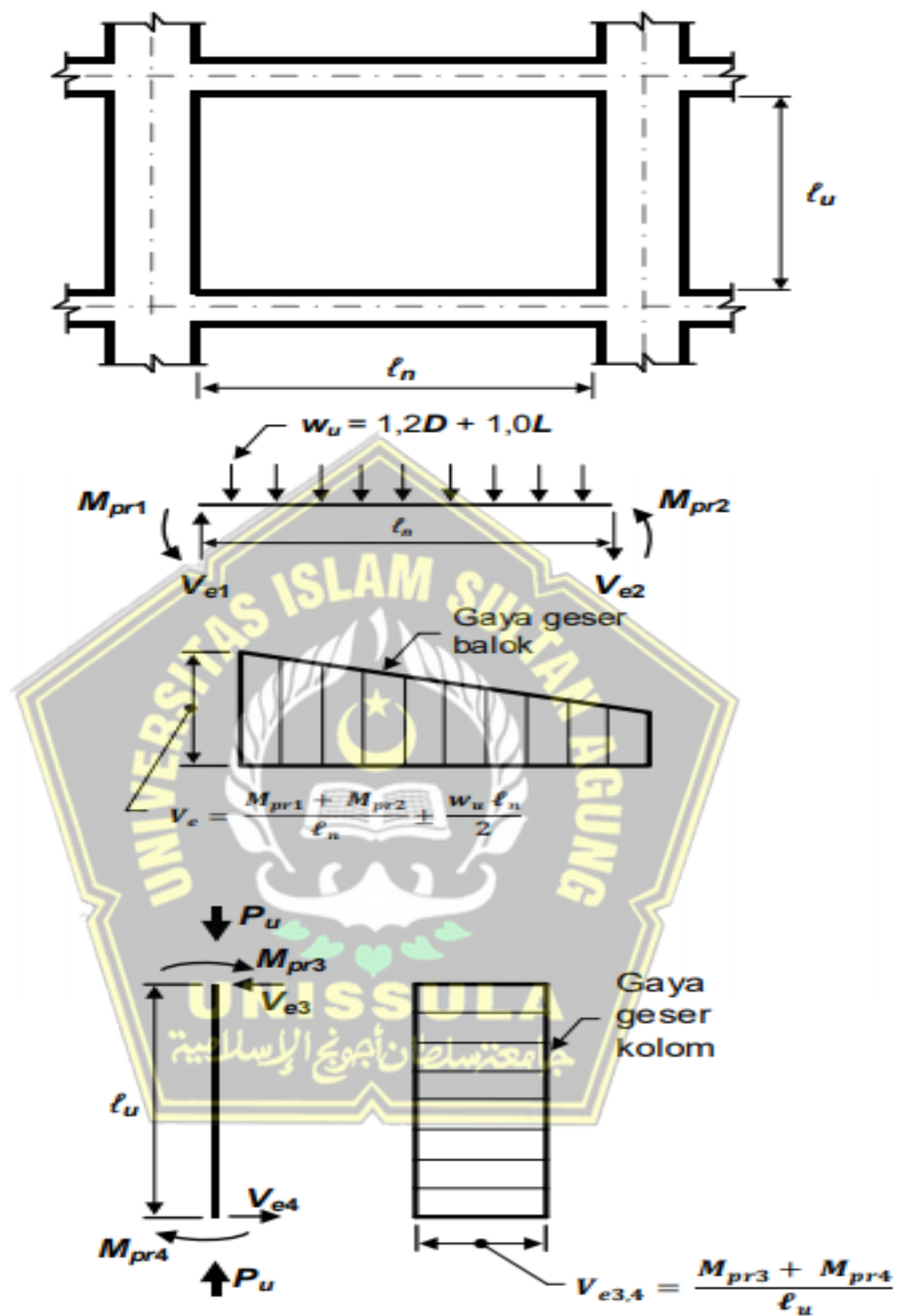
5. Kekuatan momen negatif dan positif pada sebarang penampang disepanjang bentang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum pada muka kedua joint.(pasal 18.6.3.2).
6. Sambungan lewatan tulangan longitudinal diizinkan jika sengkang pengekan atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewatan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung-lewatkan 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 jarak dua kali tinggi balok dari muka joint
 - c. Dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melewati elastik (pasal 18.6.3.3).
7. Sengkang pengekan pertama harus diletakan tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom atau komponen struktur penumpu. Spasi sengkang pengekan tidak boleh melebihi yang terkecil dari (pasal 18.6.4.4) :
 - a. $d/4$
 - b. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
 - c. 150 mm
8. Gaya geser desain (V_e) harus dihitung dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka – muka *joint*. Momen–momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur maksimum yang mungkin terjadi (M_{pr}) bekerja pada muka – muka joint dan balok dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.
9. Tulangan transversal harus didesain untuk menahan geser dengan mengansumsikan Kuat geser beton (V_c) = 0, apabila gaya tekan aksial terfaktor (P_u) termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c/20$, Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai pasal 18.6.5.1 mewakili minimal setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut. (pasal 18.6.5.4)



Gambar 2.19 Diagram regangan, tegangan dan gaya

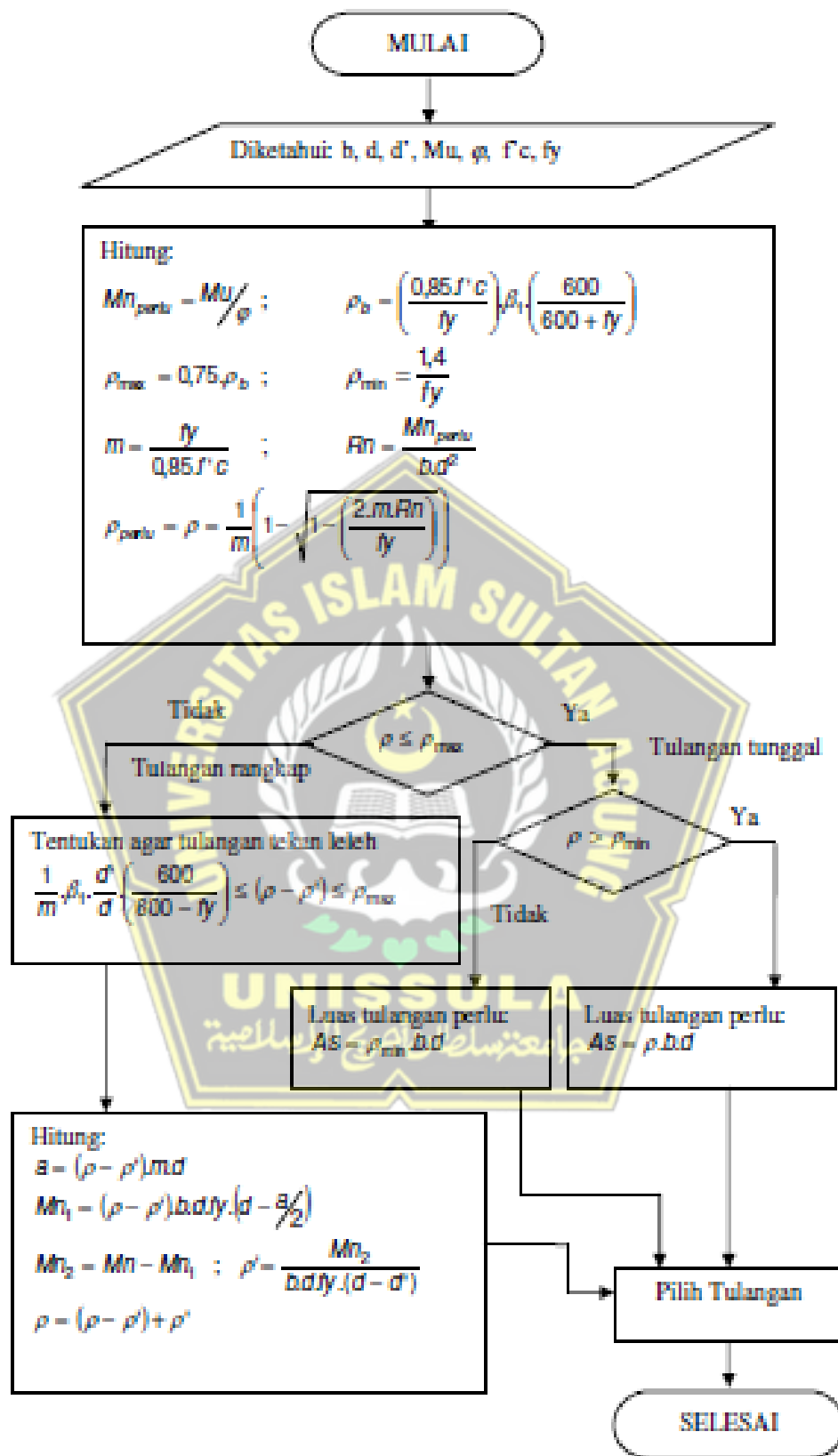
Sumber : SNI-1726-2019



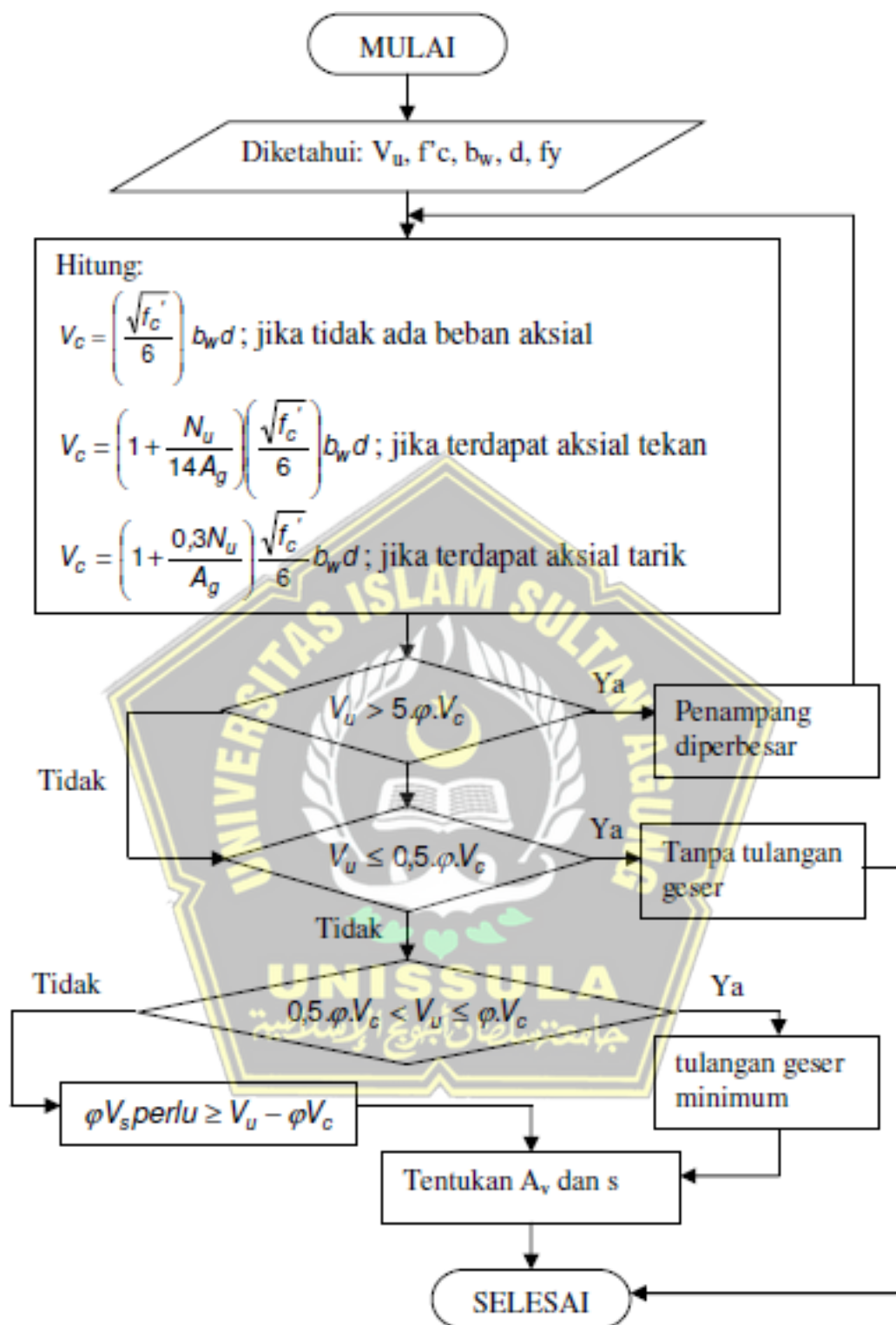


Gambar 2.20 Geser desain untuk balok dan kolom

Sumber : SNI-1726-2019



Gambar 2.21 Bagan alir perhitungan tulangan lentur pada balok
Sumber : SNI-1726-2019



Gambar 2.22 Bagan alir perhitungan tulangan geser pada balok
Sumber : SNI-1726-2019

2.28 Persyaratan Penulangan Kolom

Analisa struktur kolom dengan SRPMK, wajib memenuhi konsep persyaratan *strong column-weak beam*. Konsep ini bertujuan untuk menghindari keruntuhan struktur saat gempa terjadi karena kolom tidak mampu menahan gaya geser dan momen akibat gaya gempa. Oleh sebab itu untuk mendapatkan perilaku *strong column-weak beam*, jumlah momen nominal M_n kolom harus lebih besar dari 1,2 Momen nominal balok yang menumpunya. Pemeriksaan momen nominal balok dilakukan pada arah X maupun arah Y, akibat goyangan kanan dan kiri (Hastomi, 2013). Adapun persyaratan penulangan pada kolom yang merupakan elemen penahan beban lateral pada sistem struktur lentur rangka momen khusus diatur dalam pasal 18 SNI 2847-2019. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan :

1. Kolom-kolom harus memenuhi dimensi terkecil diukur dari garis lurus melalui pusat geometri minimal 300 mm dan rasio dimensi penampang terkecil pada dimensi tegak lurus minimal 0,4(pasal 18.7.2.1).
2. Kekuatan kolom harus memenuhi $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$.(pasal 18.7.3.2).
 M_{nc} = jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint
 M_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint
3. Jika pasal 18.7.3.2 tidak terpenuhi pada suatu joint kekuatan dan kekakuan lateral kolom yang merangka ke dalam joint tersebut harus diabaikan saat menghitung kekuatan dan kekakuan struktur. Kolom-kolom ini harus memenuhi pasal 18.14.
4. Luas tulangan longitudinal (A_{st}) tidak boleh kurang dari **0,01 A_g** dan tidak lebih dari **0,06 A_g** (pasal 18.7.4.1).
5. Daerah pemasangan tulangan ransversal yang disyaratkan 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang ℓ_o dari

masing-masing muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastik. Panjang l_0 tidak boleh kurang dari nilai terbesar dari (pasal 18.7.5.1) antara a) hingga c):

- a) Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
 - b) $1/6$ tinggi bersih kolom atau komponen struktur
 - c) 450 mm
6. Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_0 komponen struktur ini tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b) dan (c):
- a. $1/4$ dimensi komponen struktur minimum;
 - b. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil; dan
 - c. s_0 tidak boleh lebih dari 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm.



Gambar 2.23 Bagan alir perhitungan tulangan geser pada balok

Sumber : SNI-1726-2019

2.29 Persyaratan Hubungan Balok Kolom

Persyaratan penulangan untuk hubungan balok kolom diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 18.8 Berikut adalah hal – hal yang harus diperhatikan :

1. Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka joint harus dihitung dengan mengasumsikan tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25f_y$.
2. Dimesni kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok buat beton umum, untuk beton ringan dimensinys tidak boleh kurang dari 26 kali diameter tulangan sesuai dengan pasal 18.8.2.3 SNI 2847-2019.
3. Jumlah dan jarak tulangan transversal dapat dipakai menggunakan persyaratan pendetailan tulangan kolom memenuhi 18.7.5.2, 18.7.5.3, 18.7.5.4, dan 18.7.5.7, kecuali sebagaimana yang diizinkan 18.8.3.2.
4. Kekuatan geser joint harus dicek tidak boleh diambil lebih besar dari V_n yang ditetapkan pada pasal 18.8.4.1

Sedangkan untuk hubungan balok kolom pada sistem rangka gedung berlaku persyaratan yang sama.

2.30 Persyaratan Analisa Pelat bertulang dua arah nonprategang

Pada perhitungan Analisa plat merujuk kepada peraturan SNI yang adayaitu :

1. Pasal 8.8.1.1 SNI 2847-2019, untuk konstruksi plat bertulang dua arah nonprategang terdiri dari perpaduan monolit dengan jarak rusuk beraturan dan pelat atas yang didesain untuk bentang dua arah ortogonal.
2. Lebar tulangan minimal 100 mm disetiap arah, Tebal seluruh tulangan tidak boleh lebih dari 3,5 kali lebar minimal, Spasi antar tulangan tidak boleh lebih dari 750 mm, V_c diizinkan diambil 1,1 kali dari nilai terhitung pada 22.5.
3. Untuk integrtas struktur, minimal satu tulangan bawah pada rusuk

harus menerus dan diangkur untuk sampai nilai F_y pada tumpuan bagian atas

4. Pasal 8.8.1.8 Konstruksi pelat berusuk dua arah yang tidak memenuhi persyaratan batas pada 8.8.1.1 hingga 8.8.1.4 harus didesain sebagai pelat dan balok.
5. Ketebalan pelat diatas pengisi minimal berjarak seperduabelas dan 40 mm, untuk perhitungan kekuatan geser dan momen negatif disertakan selimut vertikal.(8.8.2.1.2)
6. Pasal 8.11.1.1 SNI 2847-2019, Semua penampang pelat dan komponen tumpuan pada sistem dua arah didesain dengan metode rangka ekuivalen harus menahan momen dan geser yang didapat dari analisis pada pasal 8.11.2 sampai 8.11.6 SNI 2847-2019.

Untuk analisis Analisa plat dilakukan dengan langkah – langkah berikut :

1. Cek ketebalan minimum plat
2. Menghitung beban :
 - a. Beban mati (q_D)
 - b. Beban hidup (q_L)
 - c. Beban *ultimate* (q_U)
3. Menghitung momen M_{lx} , M_{ly} , M_{tx} , M_{ty} , M_{tix} dan M_{tiy}
4. Memnghitung penulangan :
 - a. Lapangan arah X
 - b. Lapangan arah Y
 - c. Tumpuan arah X
 - d. Tumpuan arah Y

2.31 Kajian Terdahulu Yang Sejenis

Bab ini menampilkan beberapa jurnal terdahulu yang memiliki beberapa persamaan dengan studi penulis, sehingga dilakukan peninjauan dari beberapa jurnal dibawah dengan studi penulis. Berikut beberapa jurnal yang ditinjau penulis, diantaranya :

Tabel 2.31 Kajian Jurnal Terdahulu I

Nama peneliti	Wildan Amrullah Tony Hartono Bagio Julistyana Tistogondo
Judul	DESAIN PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 38 LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)
Parameter penelitian	1) Dapat merencanakan struktur gedung dengan sistem rangka pemikul momen khusus pada daerah rawan gempa. 2) Dapat Merencanakan komponen struktur atas dan struktur bawah
Metodologi	Pengumpulan data-data > Preliminary desain > Analisa Pembebanan > Analisa Struktur > Struktur Umum, Struktur Sknder, Struktur Bawah > Gambar Rencana > Selesai
Kesimpulan	Analisa struktur dengan SAP2000 dengan hasil: 1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada gedung kategori desain seismik D. dengan hasil respon spektrum Vdinamik arah x sebesar 11977 kN dan arah y 11986 kN dan Vstatik arah x 14105 Kn dan arah y 14105 kn. Kontrol partisipasi massa memenuhi syarat masuk mode 6, dan waktu getar 2,8778 detik. Nilai N-SPT 17,68 situs tanah kateegori tanah sedang(SD). 2. Dimensi Balok

	B1=Dimensi 35/70 cm Tulangan 5D22 ; 3D22 Sengkang D10-125; D10-300 B2 =Dimensi 30/60 cm Tulangan 4D22 ; 2D22 Sengkang D10-125; D10-300 BA-1 = Dimensi 30/55 cm Tulangan 2D16 ; 2D16 Sengkang D10-75; D10-250 BA-2 =Dimensi 25/50 cm Tulangan 2D16 ; 2D16 Sengkang D10-75; D10-250 3. Pelat S1 (2 arah) = Tebal 14 cm Tulangan D10-275 S2 (2 arah)=Tebal 14 cm Tulangan D10-275 S3 (1 arah)=Tebal 14 cm Tulangan D10-150 4. Tangga Pelat Tangga =Tebal 20 cm Tulangan D13-125 ; D10-150 Pelat Bordes =Tebal 20 cm Tulangan D13-125 ; D10-150 150 5. Kolom K1 = Dimensi 70x70cm (lantai 31 sampai 37) Tulangan 12D22 ; Sengkang D10-250 K2 =Dimensi 115x115cm (lantai 21 sampai 30) Tulangan 16D32 ; Sengkang D10-150 K3=Dimensi 145x145cm (lantai 11 sampai 20) Tulangan 24D32 ; Sengkang D10-125
--	--

	K4 =Dimensi 190x190cm (lantai 1 sampai 10) Tulangan 40D32 ; Sengkang D10-100 6. Pondasi Perencanaan bore pile, direncanakan diameter 100 cm kedalaman 30 m. Serta pile capberdimensi 625x625x115cm dengan penulangan D25-175
--	--

Sumber : Wildan Amrullah, Tony Hartono Bagio, Julistyana Tistogondo. 2019. “*Desain Perencanaan Struktur Gedung 38 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*”. Universitas Narotama, Surabaya.

Tabel 2.32 Kajian Jurnal Terdahulu II

Nama peneliti	Widi Krismahardi Pupuk Wahyuono
Judul	Perencanaan struktur gedung “Sunter Park View Apartment” Sunter -Jakarta Utara
Parameter penelitian	Sistem struktur yang dibahas dalam jurnal ini adalah sistem dan subsistem struktur beton bertulang, yaitu portal, dinding geser dan sistem ganda
Metodologi	a. Metode kuantitatif. b. Metode kualitatif. C. Metode literatur D. Metode observasi E. Metode wawancara
Kesimpulan	Pada perencanaan gedung Sunter Park View Apartment ini menggunakan mutu beton K400 ($f'_c=33,2$ MPa) untuk kolom dan K-300 ($f'_c=25$ MPa) untuk balok, sedangkan mutu baja 400 Mpa. Untuk dimensi kolom (100x50 cm), dan dimensi balok (50x25 cm) dinding geser beton bertulang kantilever tebal 30cm dan komponen batas 60x60cm dengan mutu beton K-400 ($f'_c=33,2$ MPa) dan mutu baja 400 Mpa menggunakan tulangan D12-250

	untuk tulangan vertikal dan D12-120 untuk tulangan horisontal, SRPMK memiliki : $R_m = 8,5$ dan $\mu_m = 5,2$. SRPMM memiliki : $R_m = 6,5$ dan $\mu_m = 4,0$. (Keterangan : R_m = faktor reduksi gempa maksimum dan μ_m = daktilitas struktur maksimum) Pada sistem ganda, beban gravitasinya dipikul oleh frame, sedang beban lateralnya dipikul bersama oleh frame dan shear wall. Dengan sistem ini, dimensi rangka utama dapat diperkecil dengan shear wall, sehingga dirasa lebih hemat.
--	--

Sumber : Widi Krismahardi, Pupuk Wahyuono. 2013. “Perencanaan struktur gedung “Sunter Park View Apartment” Sunter - Jakarta Utara”. UNDIP, Semarang.

Tabel 2.33 Kajian Jurnal Terdahulu III

Nama peneliti	Ikhlil Afrida Winda Tri Wahyuningtyas Krisnamurti
Judul	Analisis Ketahanan Gedung Apartemen Surabaya dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum
Parameter penelitian	Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana cara mengevaluasi struktur dengan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum sesuai SNI 1726:2019. Hal yang ditinjau yaitu <i>base shear</i> , <i>drift</i> dan <i>displacement</i> pada gedung. Hasil analisa menunjukkan <i>displacement</i> , <i>drift</i> , dan <i>base shear</i> memenuhi syarat yang telah ditentukan. Nilai <i>drift</i> terbesar arah X 0.22 mm pada Lt 35 dan arah Y yaitu 0.28 mm pada Lt 23. Sedangkan untuk nilai <i>displacement</i> terbesar arah X dan Y yaitu 0.077 m dan 0.106 m.
Metodologi	perhitungan respon spektrum perhitungan respon gedung akibat gempa rencana.

Kesimpulan	Setelah dilakukan analisi dinamik menggunakan metode respon spektrum maka dapat diambil kesimpulan bahwa simpangan antar lantai (<i>Drift</i>) arah X dan Y dinyatakan aman terhadap kinerja batas layan $(0.03/R)*H$ dan batas ultimit $\xi \cdot \Delta m$ dan hasil dari displasement maksimum arah X didapat 0,07723 m dan arah Y didapat 0,10648 m sehingga dapat dinyatakan telah memenuhi syarat batas maksimum $[(0,015hsx)/\rho] = 1.57$ m. Hasil simpangan antar lantai (<i>Drift</i>) terbesar arah X didapat 0,22 mm pada lantai Apartemen 35 dan arah Y didapat 0,29 mm pada lantai Apartemen 23 sedangkan hasil <i>base shear</i> terberat arah X didapat 4871,12 kN pada lantai <i>Basement</i> 1 dan arah Y didapat 5160,36 pada lantai <i>Basement</i> 1. Dari kesimpulan diatas dapat diketahui bahwa <i>displacement</i>, <i>drift</i>, dan <i>base shear</i> memenuhi syarat batas layan dan batas ultimit yang telah ditentukan, oleh karena itu struktur bangunan gedung apartement east coast mansion surabaya dinilai layak.
------------	---

Sumber : Ikil Afrida, Winda Tri Wahyuningtyas, Krisnamurti.2020. “Analisis Ketahanan Gedung Apartemen Surabaya dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum”.Universitas Jember, Jember.

Tabel 2.34 Kajian Jurnal Terdahulu IV

Nama peneliti	Sayed Ahmad Fauzan Erizal Asep Sapei
Judul	Evaluasi Ketahanan Gempa Pada Struktur Gedung X di Jakarta Berdasarkan SNI 03-1726-2012
Parameter penelitian	Tujuan dari penelitian ini yaitu, untuk mengetahui kinerja batas ultimum struktur Gedung X di Jakarta berdasarkan pembebanan gempa SNI 03-1726-2012. Penting untuk diketahui bahwa simpangan yang akan terjadi akibat dari pengaruh beban gempa dapat menyebabkan kemungkinan

	terjadinya keruntuhan struktur dan benturan antar gedung sehingga menimbulkan korban jiwa.
Metodologi	Data yang menjadi pendukung dalam penelitian ini adalah gambar as built drawing, gambar arsitektur dan referensi tentang peta kelas situs jenis tanah. Pengecekan kondisi kini gedung dilakukan melalui pengamatan visual dan Hammer Test. Hammer Test merupakan suatu pengujian tanpa merusak (non-destructive) untuk mengetahui kualitas mutu dari suatu struktur beton (Snell 2012)
Kesimpulan	Berdasarkan hasil analisis pembebanan gempa dinamik spektrum respons ragam pada arah-x dan y diperoleh bahwa nilai gaya geser dasar spektrum respons ragam (V_t) lebih besar dari 85 persen gaya geser dasar respons ragam pertama melalui prosedur statik ekuivalen lateral (V_1). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana telah memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Hasil analisis pembebanan gempa dinamik respon spektrum pada Gedung X menunjukkan bahwa nilai story drift maximum atau simpangan maksimum kinerja batas ultimum arah-x sebesar 68,60 mm dan arah-y sebesar 101,20 mm. Gempa dinamik spectrum respons Gedung X belum memenuhi syarat (aman) terhadap kinerja batas ultimum atau simpangan antar lantai tingkat yang diizinkan (Δ_a) yaitu $0,007h_{sx}$.

Sumber : Eka Purnamasari, Fathur Rohman. 2019. “Analisis Struktur Perencanaan Gedung Hotel Tuparev Kota Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton Bertulang SNI 2847 – 2013”. UNSWAGATI, Cirebon.

Tabel 2.35 Kajian Jurnal Terdahulu V

Nama peneliti	Eka Purnamasari Fathur Rohman
Judul	Analisis Struktur Perencanaan Gedung Hotel Tuparev Kota Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton Bertulang SNI 2847 – 2013
Parameter penelitian	a. Menganalisis pondasi, kolom, balok dan pelat yang digunakan. b. Menganalisis gaya gempa yang terjadi pada struktur gedung. c. Menganalisis struktur gedung berdasarkan SNI – 2847 – 2013.
Metodologi	a. Metode kuantitatif b. Metode kualitatif c. Data primer d. Data sekunder e. Metode literatur f. Metode observasi g. Metode wawancara h. Metode Analisis Data i. Lokasi Penelitian
Kesimpulan	1. Perencanaan bangunan tujuh lantai hotel verse tuparev kabupaten Cirebon ini dengan menggunakan dimensi kolom 65 x 65 cm, 60 x 60 cm, 50 x 50 cm dan balok dengan dimensi 70 x 30 cm, 65 x 30 cm, 50 x 30 cm dan 45 x 25 cm, dengan tebal pelat lantai 13 cm dan atap 10 cm. 2. Dari hasil perhitungan pada pelat lantai memakai tulangan Ø 12-200 dan pelat atap Ø 12-200 . Untuk balok anak dan balok induk menggunakan tulangan D16, dan untuk tulangan gesernya berjarak 100mm.

	Pada perhitungan kolom memakai tulangan D 19 dengan tulangan geser berjarak 150 mm. 3. Pemilihan pondasi menggunakan pondasi sumuran diameter 120cm, dengan daya dukung pondasi adalah 790,30 ton.
--	--

Sumber : Eka Purnamasari, Fathur Rohman. 2019. “*Analisis Struktur Perencanaan Gedung Hotel Tuparev Kota Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton Bertulang SNI 2847 – 2013*”. UNSWAGATI, Cirebon.

Berdasarkan hasil kajian dari literatur yang penulis tinjau diatas, ada beberapa perbedaan yang penulis temukan diantaranya :

1. Hasil perencanaan dari kajian diatas kebanyakan menggunakan SNI yang terdahulu seperti SNI-1726-2012, SNI-1726-2013, Sedangkan studi penulis menggunakan SNI-1726-2019, SNI-1727-2020, SNI-2847-2019.
2. Penulis menemukan terdapat kajian yang menggunakan pedoman Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Sedangkan penulis menggunakan pedoman Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
3. Terdapat kajian yang penulis tinjau menggunakan N SPT tanah sedang (SD) sedang penulis menggunakan N SPT tanah lunak

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1 Pendahuluan

Tugas akhir dari penelitian ini bertujuan untuk menggunakan metode perencanaan struktur yang dilakukan dengan bantuan program ETABS 2018 untuk menganalisis dan merencanakan struktur atas gedung 4 lantai pondok pesantren Addainuriyyah gemah pedurungan menggunakan SNI-1726-2019, SNI-2847-2019, SNI-1727-2020 untuk menahan beban gempa. sebuah perhitungan digunakan untuk menganalisa ukuran batang baja yang digunakan, dan menggunakan program Autocad 2017 untuk mengilustrasikannya.

1.2 Pengumpulan Data

Data untuk penelitian ini dilakukan di Gedung Pondok Pesantren Addainuriyyah Demak yang memiliki 4 lantai. Dalam mengumpulkan data dan informasi, perlu diperoleh data primer dan sekunder dari bangunan yang diteliti. Data asli adalah data yang diperoleh dari lokasi perencanaan bangunan, yang dapat digunakan sebagai sumber untuk Analisa struktur bangunan. Sedangkan data bantu merupakan data yang digunakan untuk pembuatan laporan tugas akhir. Fungsi dari pendataan ini adalah untuk proses perencanaan dan analisa dalam perhitungan struktur bangunan. Datanya adalah sebagai berikut:

1. Deskripsi umum bangunan
2. Denah dan sistem struktur bangunan
3. Wilayah gempa dalam bangunan berada
4. Data pembebanan
5. Mutu bahan yang digunakan
6. Metode analisa dan Analisa struktur
7. Standar dan referensi yang dipakai dalam perencanaan

1.3 Permodelan Struktur

Struktur bangunan bagian atas dimodelkan dengan bantuan aplikasi ETABS 2018, yang didasarkan pada gambar arsitektur dan menghasilkan gaya internal dan eksternal pada struktur akibat beban yang dihasilkan, kemudian hasil perhitungan tersebut akan digunakan untuk merancang ukuran bangunan. batang baja yang dijelaskan oleh program Autocad 2017.

1.4 Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan struktur memiliki tahapan yang dilaksanakan sebagai berikut :

1. Analisis kondisi tanah

Kondisi tanah dapat ditentukan dengan menggunakan klasifikasi lokasi. Penentuan klasifikasi lokasi tergantung pada kecepatan gelombang geser rata-rata, tahanan rata-rata terhadap penetrasi medan standar, dan tahanan rata-rata terhadap geser aliran. Dari data yang diperoleh dapat diketahui apakah batuan tersebut adalah tanah keras, tanah sedang, tanah lunak dan tanah keras.

2. Perhitungan Pembebanan

Hitung beban yang memberikan kontribusi pada struktur berupa beban mati, beban hidup dan beban gempa. Beban statis meliputi berat struktur berupa struktur atap yaitu atap, bilah, rusuk, tumpuan dan balok, sedangkan beban hidup adalah beban orang dan peralatan yang akan memuat struktur bangunan itu sendiri. SNI 1727:2019 mengatur beban mati dan beban hidup yang merupakan beban minimum untuk perencanaan gedung dan struktur lainnya.

berat bangunan itu sendiri. Kemudian didapatkan berat bangunan itu sendiri. yang digunakan untuk menghitung gaya gempa pada arah X dan Y.

3. Analisa elemen struktur atas

Proses Analisa dan perencanaan struktural merupakan proses berulang dan tidak dapat diselesaikan dengan segera. Jika beban, model struktur, dan hasil analisis sudah dinyatakan benar, maka masih perlu dilakukan analisis apakah penampang eksisting masih memenuhi parameter Analisa. Elemen-elemen bangunan atas meliputi kolom, pelat, dan balok. berat bangunan itu sendiri. yang mana

4. Perhitungan analisa struktur

Gunakan aplikasi ETABS 2018 untuk melakukan perhitungan struktural atas. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui garis lintang, momen, gaya normal, dan jumlah tulangan, kemudian membandingkan gaya dan jumlah tulangan tersebut dengan batang baja yang terpasang.

5. Perencanaan dan permodelan elemen struktur

1. Struktur Atas

➤ Perencanaan pelat

- Perhitungan nilai dari M_{lx} , M_{ly} , M_{tx} dan M_{ty} .
- Pembebanan plat lantai yang memakai pedoman SNI sesuai fungsi bangunan itu sendiri.
- Perencanaan tulangan pada plat

➤ Perencanaan balok

- Pradimensi dimensi balok
- Permodelan pada Etabs 2018
- Pengumpulan data dalam gaya momen, torsi dan geser
- Pengecekan syarat lentur SRPMK
- MenAnalisa tulangan transversal, lentur dan torsi

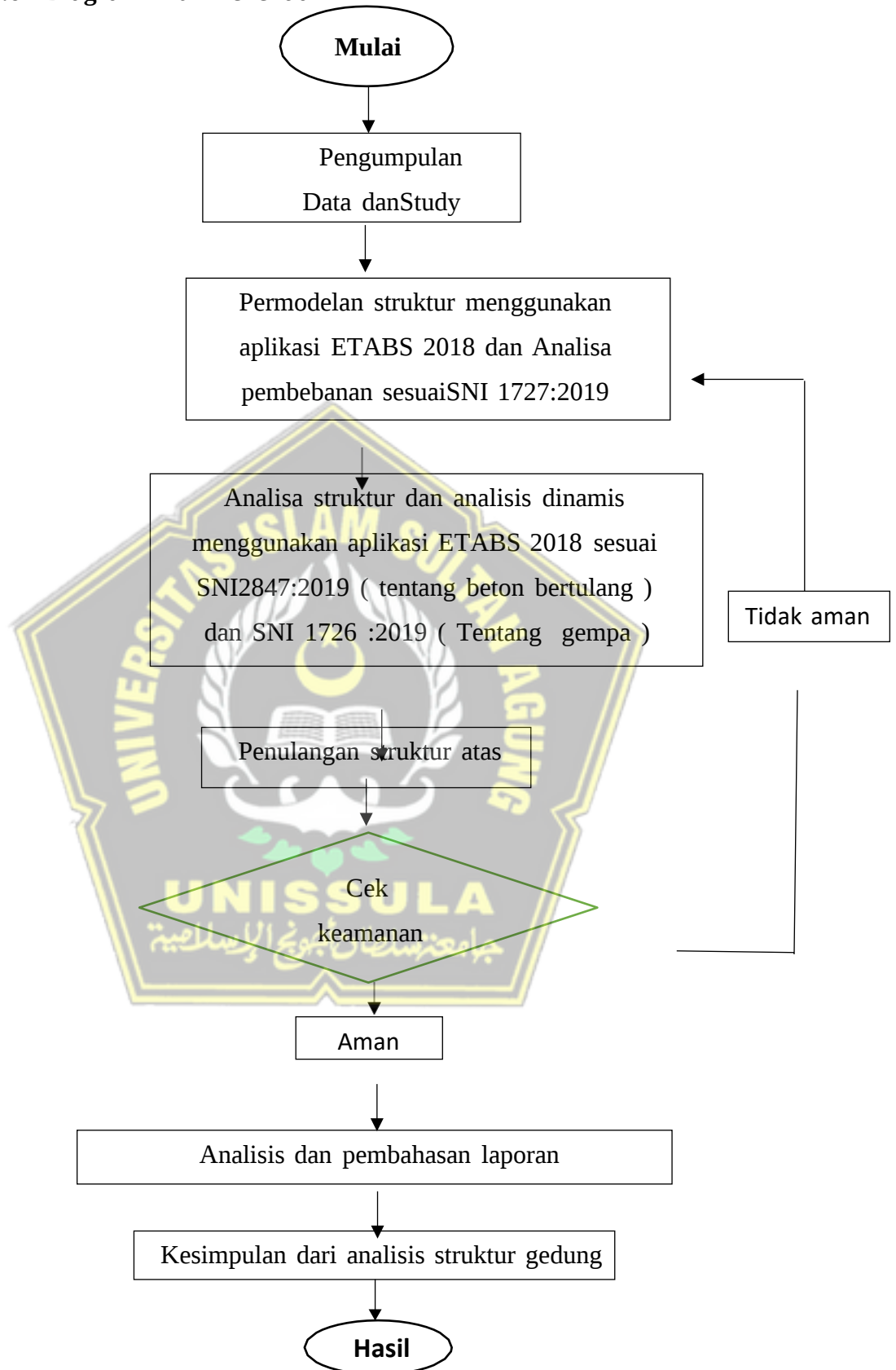
- Perencanaan kolom
 - Pengumpulan data gaya aksial dan lateral dari aplikasi Etabs 2018
 - Pradimensi ukuran kolom dengan tulangan kolom.
 - Perhitungan diagram interaksi P-M menggunakan aplikasi SpColumn.
 - MenAnalisa tulangan longitudinal
 - Perhitungan momen pada kapasitas kolom
 - Pengontrolan dari perilaku *strong columns weak beam*
 - Perhitungan dari tulangan transversal sebagai confinement
 - Perhitungan gaya geser Analisa (V_e)
- Perencanaan hubungan antara balok kolom (*Joint*)
 - Perhitungan gaya geser pada joint
 - Perhitungan tulangan transversal

1.5 Analisa Struktur dengan Program Aplikasi ETABS 2018

Perkembangan teknologi di Indonesia telah berdampak pada perubahan model arsitektur, dan model arsitektur berkembang pesat dalam berbagai bentuk, sehingga perencanaan struktur arsitektur menjadi rumit dan memakan waktu.

Program ETABS 2018 merupakan salah satu tools yang dapat membantu dan mempermudah analisis struktur bangunan sehingga detail struktur dapat menghasilkan hasil yang akurat. Namun, sebelum menggunakan output dari aplikasi ETABS 2018, Anda perlu mengontrol Analisa secara manual dengan model yang cukup sederhana sehingga dapat digunakan sebagai kontrol dari output aplikasi ETABS 2018.

1.6 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Analisa

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Umum Bangunan

Gedung “Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyah 2 Menggunakan Sni 1726 2019” ini telah didesain ulang dengan jumlah 4 lantai yang direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan pada standard peraturan gempa SNI 1726-2019. Bangunan ini nantinya akan difungsikan sebagai Asrama mahasiswa.

Sebagian besar bangunan ini dirancang menggunakan material beton bertulang dengan bentuk persegi panjang. ANALISA GEDUNG 4 LANTAI PONDOK PESANTREN ADDAINURIYAH 2 MENGGUNAKAN SNI 1726 2019 ini memiliki 4 lantai dengan elevasi total bangunan mencapai 17 m. Gedung ini juga dirancang sedemikian rupa dengan bentuk persegi ANALISA GEDUNG 4 LANTAI PONDOK PESANTREN ADDAINURIYAH 2 MENGGUNAKAN SNI 1726 2019 ini dimodelkan dengan bantuan Aplikasi ETABS 2017.

4.2. Acuan Pembebanan

Beban beban pada bangunan ditentukan berdasarkan peraturan SNI terbaru data sebagai berikut :

- a. Beban minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020),
- b. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019), Standar atau data lain mengenai berat bahan bangunan.

4.3. Acuan Perencanaan dan Pendetailan Struktur

Untuk perencanaan dan pendetailan struktur beton ini mengacu pada peraturan SNI sebagai berikut:

- a. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019),
- b. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019).

4.4. Permodelan Struktur

Struktur Bangunan Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyah 2 Menggunakan Sni 1726 2019 ini dimodelkan dengan aplikasi ETABS 2017, sesuai dengan denah data struktur.

4.4.1 Data Bangunan

Data Bangunan yang akan direncanakan untuk Tugas Akhir sebagai berikut :

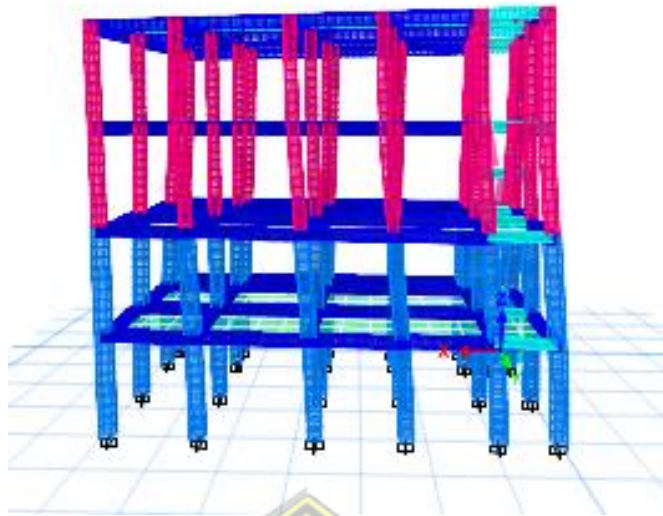
1. Lokasi Bangunan : Jl.Sendang Utara
No.38,Gemah,Pedurungan,Kota Semarang
2. Fungsi Bangunan : Asrama
3. Jumlah Lantai : 4 (Lantai) lantai.
4. Jenis Tanah : Tanah lunak

4.4.2 Pemodelan Struktur

Berikut merupakan bentuk pemodelan 3 dimensi bangunan ini pada ETABS 2017.



Gambar 4.1 Bentuk 3D Struktur Tampak Depan
(Sumber : Hasil



Gambar 4.2 Bentuk 3D Struktur Tampak Belakang
(Sumber : Hasil Pemodelan)



Gambar 4.3 Tampak atas lantai 2
(Sumber : Hasil Pemodelan)

4.4.3 Konfigurasi Gedung

Konfigurasi untuk Analisa Gedung 4 Lantai Pondok Pesantren Addainuriyah 2 Menggunakan SNI 1726 2019 berupa geometri dan spesifikasi material dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Konfigurasi Gedung

No	Lantai	Tinggi Bangunan (m)
1	Lantai 1	4
2	Lantai 2	8
3	Lantai 3	12
4	Lantai 4	16
5	Atap	17

(Sumber : Data Pribadi)

Tabel 4.2 Spesifikasi Material

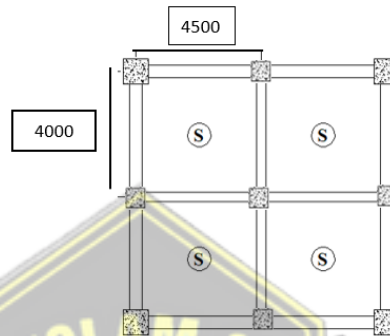
Bahan	Mutu	Satuan
Berat Jenis Beton Bertulang	2400	Kg/m ³
Modulus Elastisitas Beton	25332,08	Mpa
Baja Tulangan Pokok	420	Mpa
Baja Tulangan Geser	280	Mpa
<i>Poisson Ratio</i> <i>جامعته سلطان Абدي</i>	0,2	-

(Sumber : Data Pribadi)

4.4.4.Pra desain Elemen Struktur

Sebelum menganalisa struktur dilakukan, ukuran dari komponen strukturdiperlukan untuk menghitung kekakuan struktur yang akan diperlukan di dalam melakukan analisa struktur. Untuk dimensi komponen struktur yang optimal perlu ditentukan berdasarkan gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan struktur yang merupakan hasil dari analisa struktur. Oleh karenaitu, penentuan dimensi awal dari komponen struktur sebelum dilakukannya analisa

struktur diperlukan beberapa pendekatan sederhana biasanya digunakan untuk menentukan dimensi awal dari komponen struktur. Dimensi awal ini nantinya akan diperiksa kembali untuk memastikan bahwa dimensi komponen struktur yang digunakan adalah cukup optimal atau tidak setelah analisa struktur dilakukan.



Gambar 4.4. Pelat Lantai

$$L_x = 4000 \text{ mm}$$

$$L_y = 4500 \text{ mm}$$

$$B = L_y / L_x$$

$$= 4500 / 4000$$

$$= 1,125 < 2 \text{ (pelat dua arah arah)}$$

Tebal pelat rencana (h_f) 125 mm

$$- E_c \text{ Beton} = \frac{4700}{\sqrt{f_c}} = \frac{4700}{\sqrt{29,05}} = 25332,08 \text{ MPa}$$

$$- \text{Inersia Balok 1} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 25 \times 40^3 = 133.333,33 \text{ cm}^4$$

$$- \text{Inersia Balok 2} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 20 \times 30^3 = 45000 \text{ cm}^4$$

$$- \text{Inersia Pelat} = \text{Inersia pelat untuk arah } L_x \text{ \& } L_y = \frac{1}{12} \times L_y \times h^3 = \frac{1}{12} \times 4500 \times 12,5^3 = 375 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 am_1 &= \frac{Ec_{balok} \times I}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}} = \frac{Ec_{balok} \times I_{balok1}}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}} \\
 &= \frac{25332,08 \times 133.333,33 \times 10^4}{25332,08 \times 375 \times 10^4} \\
 &= 355,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 am_2 &= \frac{Ec_{balok} \times I}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}} = \frac{Ec_{balok} \times I_{balok2}}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}} \\
 &= \frac{25332,08 \times 45000 \times 10^4}{25332,08 \times 375 \times 10^4} \\
 &= 120
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 am_3 &= \frac{Ec_{balok} \times I}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}} = \frac{Ec_{balok} \times I_{balok1}}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}} \\
 &= \frac{25332,08 \times 133.333,33 \times 10^4}{25332,08 \times 375 \times 10^4} \\
 &= 355,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 am_4 &= \frac{Ec_{balok} \times I}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}} = \frac{Ec_{balok} \times I_{balok2}}{Ec_{pelat} \times I_{pelat}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{25332,08 \times 45000 \times 10^4}{25332,08 \times 375 \times 10^4}$$

$$= 120$$

$$- a_{fm} = (a_{m1} + a_{m2} + a_{m3} + a_{m4}) / 4$$

$$= (355,5 + 120 + 355,5 + 120) / 4$$

$$= 237,75$$

Asumsi tebal pelat yang digunakan adalah 125 mm

a. Dimensi Kolom

Asumsi dimensi kolom yang digunakan pada struktur gedung ini, dapat dilihat pada Tabel 4.3,

Tabel 4.3 Dimensi Kolom

No	Tipe Kolom	Dimensi (mm)
1	K1	500 x 500

b. Dimensi Balok

Balok termasuk suatu elemen struktur rangka pemikul momen yang berfungsi mendistribusikan beban-beban pada plat ke kolom.

Pra dimensi suatu balok dapat ditentukan dengan mengacu pada SNI 2847-2019. Sehingga, dapat ditentukan dimensi balok sebagai berikut,

$$- BI H_{min} = \frac{4500}{15} = 300 \text{ mm}$$

L^1

15

Adapun tipe-tipe balok yang digunakan dalam pemodelan struktur dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Dimensi Balok

No.	Tipe Balok	Dimensi (mm)
1	B1	250 x 400
2	B2	200 x 300

4.5.Pembebanan Struktur

Pembebanan yang digunakan dalam struktur bangunan ini ada dua peraturan yang pakai yaitu beban gravitasi dan beban gempa yang mengacu pada SNI pembebanan 1727-2020 dan SNI gempa 1726-2019 .

4.5.1.Beban Gravitasi

Struktur bangunan terdapat beban gravitasi yang dimasukkan pada aspek fungsional dari ruangan-ruangan yang sesuai dengan denah arsitektural. Peraturan yang digunakan adalah SNI 1727 – 2020, berdasarkan peraturan tersebut jenis dan jumlah beban pada gravitasi yang digunakan pada struktur bangunan adalah sebagai berikut :

a) Beban Mati Struktural (*Dead Load/DL*)

Beban mati struktural adalah beban yang diakibatkan oleh elemen-elemen struktur bangunan seperti kolom, balok dan pelat lantai. Dalam melakukan desain struktur bangunan ini, material yang dipakai adalah beton bertulang, yang mempunyai berat jenis sebesar $2,4 \text{ kN/m}^3$. Beban ini dihitung secara otomatis menggunakan program ETABS versi 2017 sesuai luas penampang dan beban yang dimodelkan pada program tersebut.

b) Beban Mati Tambahan (*Super Imposed Dead Load/SIDL*)

Beban mati tambahan adalah beban yang disebabkan oleh beban itu sendiri dari elemen struktural bangunan yang bersifat permanen.

Rincian beban :

Spesi + Pasir $= 0,80 \text{ kN/m}^2$

Lantai keramik $= 0,24$

Mekanikal & elektrik $= 0,25 \text{ kN/m}^2$

Plafond $= 0,18 \text{ kN/m}^2$

$= 1,47 \text{ kN/m}$

c) Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah beban yang sifatnya tidak membebani struktur bangunan itu sendiri secara permanen, contohnya beban yang disebabkan oleh pengguna bangunan. Beban hidup yang digunakan pada struktur bangunan ini disesuaikan pada fungsi ruangan pada masing-masing lantai.

Beban hidup yang digunakan berbeda-beda sesuai dengan fungsi dari bangunan dan ruangan tersebut. Beban hidup merata yang digunakan dalam analisis struktur adalah sebagai berikut :

1. Ruang Tidur	= 4,79 kN/m ²
2. Lobby	= 4,79 kN/m ²
3. Tangga	= 4,79 kN/m ²
4. Ruang Diskusi	= 2,4 kN/m ²
5. Locker	= 1,92 kN/m ²
	= 18,69 kN/m ²

4.5.2 Beban Gempa pada Struktur

Pembebanan gempa yang digunakan pada struktur bangunan ini mengacu pada peraturan SNI Gempa 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Pada SNI ini respon gempa direncanakan berdasarkan probabilitas terjadinya gempa periode ulang 2500 tahun ($2/3 \times S_{ms}$).

Dalam desain struktur bangunan ini, pembebanan gempa yang digunakan untuk analisis adalah analisis dengan respons spektra sesuai dengan data pada lokasi struktur bangunan, Pedurungan. Data Respon Spektra tersebut diambil dari peta gempa 2021 sesuai titik koordinat lokasi.

a. Kombinasi pembebanan

COMB1	1,4	DL										
COMB2 A	1,2	DL	+	1,6	LL	+	0,5	LR				
COMB2 B	1,2	DL	+	1,6	LL	+	0,5	R				
COMB 3A	1,2	DL	+	1,6	LR	+	1	LL				
COMB3B	1,2	DL	+	1,6	LR	+	0,5	W				
COMB 3C	1,2	DL	+	1,6	R	+	1	LL				
COMB3D	1,2	DL	+	1,6	R	+	0,5	W				
COMB 4A	1,2	DL	+	1	W	+	1	LL	+	0,5	LR	
COMB4B	1,2	DL	+	1	W	+	1	LL	+	0,5	R	
COMB 6XA	1,336	DL	+	1,3	eqd x	+	0,39	eqdy	+	1	LL	
COMB 6XB	1,336	DL	+	1,3	eqd x	-	0,39	eqdy	+	1	LL	
COMB 6XC	1,336	DL	-	1,3	eqd x	+	0,39	eqdy	+	1	LL	
COMB 6XD	1,336	DL	-	1,3	eqd x	-	0,39	eqdy	+	1	LL	
COMB6Y A	1,336	DL	+	0,39	eqdx	+	1,3	eqdy	+	1	LL	
COMB6Y B	1,336	DL	+	0,39	eqdx	-	1,3	eqdy	+	1	LL	
COMB6Y C	1,336	DL	-	0,39	eqdx	+	1,3	eqdy	+	1	LL	
COMB6Y D	1,336	DL	-	0,39	eqdx	-	1,3	eqdy	+	1	LL	
COMB 5	0,9	DL	+	1	W							
COMB 7X A	0,764	DL	+	1,3	eqd x	+	0,39	eqdy				
COMB 7X B	0,764	DL	+	1,3	eqd x	-	0,39	eqdy				
COMB 7X C	0,764	DL	-	1,3	eqd x	+	0,39	eqdy				
COMB 7X D	0,764	DL	-	1,3	eqd x	-	0,39	eqdy				
COMB7Y A	0,764	DL	+	0,39	eqd x	+	1,3	eqdy				
COMB7Y B	0,764	DL	+	0,39	eqd x	-	1,3	eqdy				
COMB7Y C	0,764	DL	-	0,39	eqd x	+	1,3	eqdy				
COMB7Y D	0,764	DL	-	0,39	eqd x	-	1,3	eqdy				

ENVELOPE

Keterangan :

1. DL = Beban mati
2. LL = Beban hidup
3. Lr = Beban hidup atap
4. R = Beban hujan
5. W = Beban angin
6. EQD = Beban Gempa Ekuivalen

b. Faktor Keutamaan Gempa (*I_e*)

Gedung ini didesain dengan fungsi sebagai gedung Asrama. Sesuai Tabel 1 dan 2 SNI 1726-2019 gedung ini termasuk dalam kategori risiko IV dan nilai faktor keutamaan gempa (*I_e*) sebesar 1,5 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Faktor Keutamaan Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, 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 Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

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

Sumber SNI 1726-2019

c. Klasifikasi Situs

Pasal 5 pada SNI 1726-2019, klasifikasi situs ditentukan pada 3 parameter yaitu rata-rata tahanan penetrasi standar lapangan (*N*), kecepatan rata-rata pada gelombang geser (*v_s*), kuat milamir rata-rata bisa dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Klasifikasi Tanah

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser nirair $\bar{s}_u < 25$ 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)		

Sumber SNI 1726-2019

(sn) pada kedalaman 30m. Berdasarkan penentuan klasifikasi situs menggunakan nilai penetrasi standard (NSPT) yang diperoleh dari hasil uji tanah pada gedung tersebut. Analisis perhitungan rata-rata nilai N-SPT dengan kedalaman 30m dapat dihitung pada Tabel 4.6

Tabel 4.7. Nilai N-SPT

KEDALAMAN (m)	BM-1		BM-2	
	N-SPT	d_i/N	N-SPT	d_i/N
0-2	-	0	-	0
2-10	3	0,75	6	0,857
10-16,5	6	0,6	6	0,6
16,5-20	12	0,96	9	0,545
Total		2,31		2,002

Dari Tabel 4.7 dapat dihitung tahanan penetrasi standard lapangan rata-rata

(N) sesuai dengan persamaan SNI 1726-2019 sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n} = \frac{20}{3} = 13,9$$

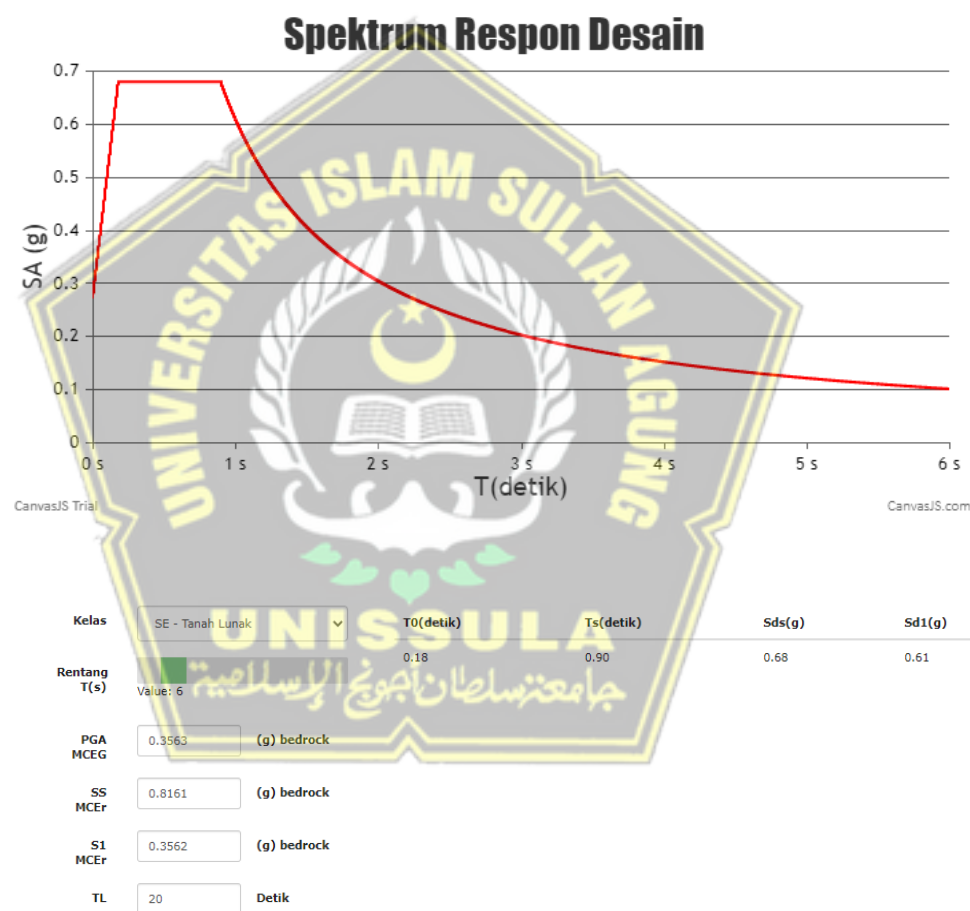
Dari perhitungan diatas maka dapat diperoleh nilai tahanan penetrasi standarlapangan rata-rata ($\bar{N}$) adalah sebesar **13,9**.

Berdasarkan Tabel 3 SNI 1726-2019 mengenai klasifikasi situs nilai ($\bar{N}$) berada diantara < 15 sehingga diklasifikasikan menjadi tanah

lunak

d. Parameter Respon Spektrum Gempa Terpetakan (Nilai S_s dan S_1)

Parameter Respons Spektrum Gempa Terpetakan dapat diperoleh dengan memasukkan titik koordinat lokasi bangunan pada Aplikasi Respon Spektra Indonesia yang dapat diakses melalui situs web resmi PUPR. Berdasarkan data yang diperoleh dari PUSKIM ,didapatkan Parameter Respons Spektral Gempa $S_s = 0,8161$ dan $S_1 = 0,3562$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5. Grafik Respon spektra Puskim Pedurangan

Sehingga didapatkan data Nilai Parameter Respons Spektral Terpetakan seperti pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8. Data Parameter Respons Spektral Terpetakan

Variable	Nilai
F_{PGA}	0,3563
S_s (g)	0,8161
S_1 (g)	0,3562

d. Parameter Respon Spektrum Gempa Tertarget (Nilai S_{MS} dan S_{M1})

Berdasarkan data tanah sedang yang berada pada Kota Surakarta dengan nilai $S_s = 0,8161$ dan $S_1 = 0,3562$, selanjutnya didapatkan nilai parameter respon spectrum gempa tertarget (Nilai S_{MS} dan S_{M1}) yang dapat dihitung dengan menggunakan nilai F_A dan F_V yang diperoleh dari PUSKIM seperti dibawah ini :

$$F_A = 1,1736$$

$$F_V = 1,9438$$

$$S_{MS} = F_A \times S_s = 1,1736 \times 0,8161 = 0,96$$

$$S_{M1} = F_V \times S_1 = 1,9438 \times 0,3562 = 0,69$$

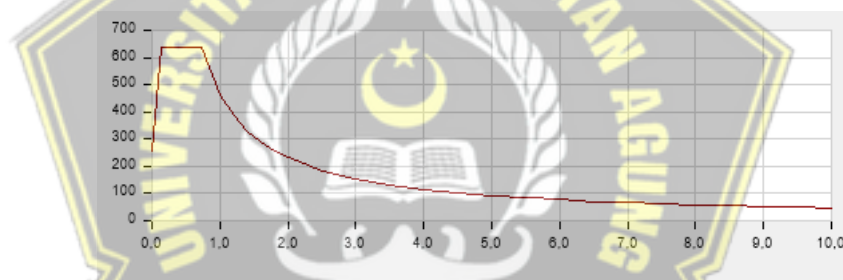
e. Parameter Respons Spektral Gempa Desain (Nilai S_{DS} dan S_{D1})

Nilai Parameter Respons Spektral Gempa Desain (Nilai S_{DS} dan S_{D1}) diperoleh dari Aplikasi Respon Spektra pada laman resmi Kementerian PUPR. Dengan memasukkan titik koordinat lokasi proyek yang direncanakan sebagai berikut. Sehingga didapatkan nilai S_{DS} dan S_{D1} yang ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Parameter Response Spektral Desain

Variable	Nilai
S_{DS} (g)	0,68
S_{D1} (g)	0,61

Data ini nantinya akan dimasukkan kedalam *software* ETABS 2017 untuk Respons *Spektrum* seperti Gambar 4.6 di bawah ini



Gambar 4.6. Grafik Respon spektra pada Etabs

f. Spektrum Response 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 terdapat 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 Response Desain dapat dilakukan dengan lebih mudah. Nilai spektrum

percepatan desain yang didapat dari laman tersebut ditampilkan pada Tabel 4.10 dibawah ini,

Tabel 4.10. Nilai Spektrum Response Percepatan Desain

T	Sa(g)
0	0,271407
0,199054	0,678516
0,995271	0,678516
1	0,675308
2	0,337654
3	0,225103
4	0,168827
5	0,135062
6	0,112551
7	0,096473
8	0,084413
9	0,075034
10	0,067531
11	0,061392
12	0,056276
13	0,051947
14	0,048236
15	0,045021
16	0,042207
17	0,039724
18	0,037517
19	0,035543
20	0,033765

g. Kategori Desain Seismik dan Sistem Penahan Gaya Gempa

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu Kategori Desain Seismik yang sesuai dengan Tabel 6 dan 7 SNI 1726-2019. Berdasarkan penentuan sebelumnya, gedung yang direncanakan termasuk dalam Kategori Resiko IV dan memiliki nilai $S_{DS} \leq 0,68$ dan nilai $S_{D1} \leq 0,61$ sehingga penentuan Kategori Desain Seismik dapat menggunakan Tabel 6 dan 7 SNI 1726-2019. Sehingga 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 dari beton bertulang. Mengacu pada

Tabel 10 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

h. Perhitungan Berat Seismik Efektif

Perhitungan berat struktur harus meliputi berat akibat berat sendiri elemen-elemen struktur dan berat akibat beban hidup total yang membebani struktur. Berdasarkan UBC (1997) dan ASCE 7 (2010), beban hidup yang harus ditinjau pada perhitungan pengaruh beban gempa adalah porsi beban hidup yang dianggap tetap. Porsi beban ini pada dasarnya sangat bergantung pada fungsi bangunan. Untuk bangunan gedung umum, porsi beban hidup yang bersifat tetap diambil sebesar 30% beban hidup total. Berat efektif dari bangunan ini adalah 125.501,61 Ton seperti yang terlihat pada Tabel 4.11 dibawah.

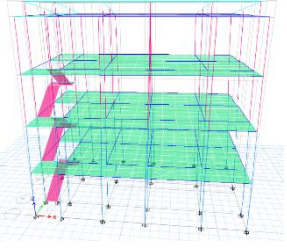
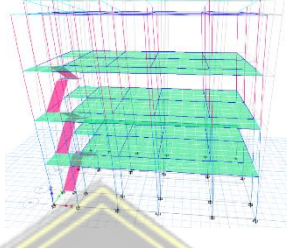
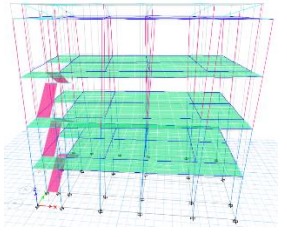
Tabel 4.11. Rangkuman Berat Struktur Per Lantai

Lantai	Tinggi lantai dari dasar Z_x (m)	Berat lantai W_x (Ton)	Berat lantai W_y (Ton-m)
Atap	17	4201.22	4201.22
Lantai 4	16	65649.45	65649.45
Lantai 3	12	115113.44	115113.44
Lantai 2	8	117205.36	117205.36
Lantai 1	4	116169.25	116169.25
Total		418338.7	418338.7

4.5.3 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 4.12,

Tabel 4.12. Bentuk Ragam dan Waktu Getar Struktur

		
Ragam 1	Ragam 2	Ragam 3
$T = 0,29$ detik	$T = 0,247$ detik	$T = 0,21$ detik

Sumber : Perhitungan Etabs 17

menampilkan bentuk ragam dan periode getar struktur dari hasil analisa dinamik gempa menggunakan *software* ETABS.

4.5.4 Kontrol Hasil Analisa Dinamik Gempa

4.5.4.1 Kontrol Bentuk Ragam dan Partisipasi Massa Bangunan

Pada SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1 jumlah pola getar yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam harus mencakup partisipasi massa sekurang-kurangnya 100% digunakan 29 pola ragam getar dalam analisis dinamik yang dilakukan dengan partisipasi massa yang disumbangkan oleh masing-masing pola getar. Hasil partisipasi massa bangunan ditunjukkan pada Tabel 4.13

Tabel 4.13. Nilai Hasil Parsitipasi Massa Bangunan

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
	sec						
1	29%	2%	60%	0%	2%	60%	0%
2	25%	74%	5%	0%	76%	65%	0%
3	21%	4%	15%	0%	80%	81%	0%
4	9%	0%	11%	0%	80%	91%	0%
5	8%	12%	0%	0%	93%	92%	0%
6	7%	0%	2%	0%	93%	93%	0%
7	4%	0%	4%	0%	93%	97%	0%
8	4%	5%	0%	0%	98%	98%	0%
9	4%	0%	1%	0%	98%	98%	0%
10	3%	0%	1%	0%	98%	99%	0%
11	3%	2%	0%	0%	100%	100%	0%

Sumber : Etabs 17

Dari tabel 4.13 terlihat bahwa pada ragam 1 dan ragam 2 menunjukkan bangunan memiliki partisipasi massa sebesar 3% arah X untuk ragam 1 dan partisi massa sebesar 1 % arah Y untuk ragam2, sehingga dapat dinyatakan bahwa pada ragam 1 dan ragam 2 bangunan masih mengalami translasi. Pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa partisipasi massa bangunan untuk translasi arah X, arah Y dan rotasi sumbu Z sudah terpenuhi lebih dari 100% pada ragam 12 sehingga sudah memenuhi aturan pada SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1 mengenai partisipasi massa.

4.5.4.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Nilai waktu fundamental struktur awal bangunan (T_a) yang didapatkan dari hasil analisis model program struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari Tabel 14 SNI 1726-2019 dan perioda fundamental pendekatan T_a yang ditentukan dari persamaan (26) SNI 1726-2019 di mana tinggistruktur (h_n) adalah 15 m dan nilai C_t dan x dapat diperoleh dari Tabel 15 SNI 1726-2019 sehingga dapat dihitung sebagai berikut,

$C_t = 0,0466$ (untuk rangka beton pemikul momen) $x = 0,9$ (untuk rangka beton pemikul momen)

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t h_n^x \\
 &= (0,0466) \times (17)^{0,9} \\
 &= 0,596 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pada SNI 1726-2019, periode getar struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan pada periode getar yang dihitung (C_u), seperti tertera pada Tabel 14 SNI 1726-2019 didapat nilai sebagai berikut,

$$\begin{aligned} C_u &= 1,4 \text{ (Tabel 14 SNI 1726-2019)} \\ T_{\max} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,596 \\ &= 0,8354 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.10 didapatkan nilai periode arah x dan arah y berdasarkan partisipasi massa terbesar yang terjadi pada ragam 1 dan 2 adalah,

$$\begin{aligned} T_{cx} &= 0,8354 \text{ detik} > T_{\max} = 0,8354 \text{ detik} \\ T_{cy} &= 0,539 \text{ detik} > T_{\max} = 0,572 \text{ detik} \end{aligned}$$

Karena periode getar struktur gedung yang didapat dari hasil perhitungan T_{cx} dan T_{cy} lebih besar dari $T_{\max}$, maka untuk perhitungan beban gempa pada struktur gedung, digunakan periode getar struktur yang berada dalam batas T_{cx} , T_{cy} dan T_a . Di ambil Nilai $T_{cx} = T_a = 0,8354$ detik dan $T_{cy} = 0,8354$ detik untuk mendapatkan gaya gempa yang lebih besar.

4.5.4.3 Analisis gaya statik ekuivalen

Hasil analisis ini didapatkan dari output etabs, tetapi sebelum itu masukkan gaya-gaya seismik yang akan diinput pada etabs yang nantinya secara otomatis dihitung oleh etabs untuk menghasilkan pengaruh dari gaya seismic pada struktur yang didesain. Sebelum itu masukkan load pattern gempa pada etabs seperti gambar 4.7

Define Load Patterns

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Dead	Dead	1	
Dead	Dead	1	
Live reduksi	Live	0	
Live non reduksi	Live	0	
hujan	Live	0	
hidup atap	Roof Live	0	
GEMPA Sx	Seismic	0	ASCE 7-16
GEMPA Sy	Seismic	0	ASCE 7-16
ADL	Super Dead	0	
angin	Wind	0	None

Click To:

Add New Load

Modify Load

Modify Lateral Load...

Delete Load

OK Cancel

Gambar 4.7 Load pattern gempa seismik

ASCE 7-16 Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☒ X Dir

☒ X Dir + Eccentricity

☒ X Dir - Eccentricity

☐ Y Dir

☐ Y Dir + Eccentricity

☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.) 0.05

Overwrite Eccentricities

Time Period

☐ Approximate

☒ Program Calculated

☐ User Defined

Top Story for Seismic Loads Story5

Bottom Story for Seismic Loads Base

Seismic Coefficients

0.2 Sec Spectral Accel, Ss 0.8161

1 Sec Spectral Accel, S1 0.3562

Long-Period Transition Period 20

Site Class D

Site Coefficient, Fa 1.17356

Site Coefficient, Fv 1.9438

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss 0.6385

SD1 = (2/3) * Fv * S1 0.4616

Factors

Response Modification, R 8

System Overstrength, Omega 3

Deflection Amplification, Cd 5.5

Occupancy Importance, I 1.5

OK Cancel

Gambar 4.8 Load pattern gempa arah X

ASCE 7-16 Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☐ X Dir

☐ X Dir + Eccentricity

☐ X Dir - Eccentricity

☒ Y Dir

☒ Y Dir + Eccentricity

☒ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.) 0.05

Overwrite Eccentricities

Time Period

☐ Approximate

☒ Program Calculated

☐ User Defined

Top Story for Seismic Loads Story5

Bottom Story for Seismic Loads Base

Seismic Coefficients

0.2 Sec Spectral Accel, Ss 0.8161

1 Sec Spectral Accel, S1 0.3562

Long-Period Transition Period 20

Site Class D

Site Coefficient, Fa 1.17356

Site Coefficient, Fv 1.9438

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss 0.6385

SD1 = (2/3) * Fv * S1 0.4616

Factors

Response Modification, R 8

System Overstrength, Omega 3

Deflection Amplification, Cd 5.5

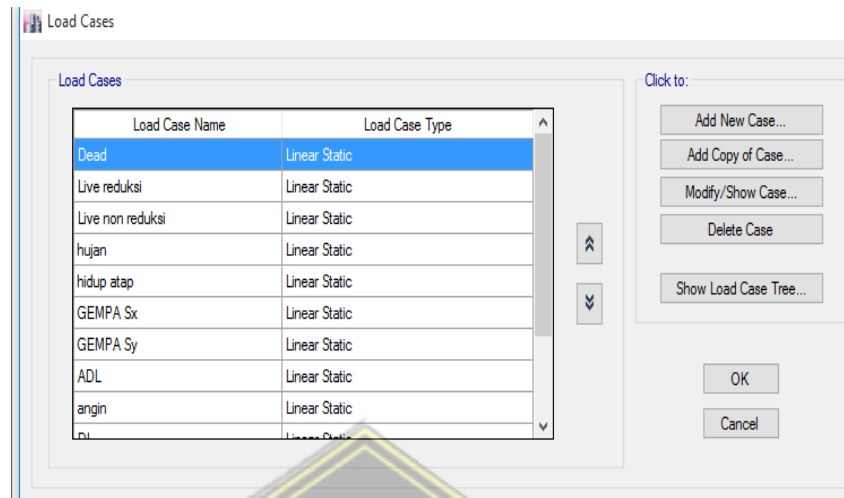
Occupancy Importance, I 1.5

OK Cancel

Gambar 4.9 Load pattern gempa arah Y

Kemudian masukkan load case pada etabs seperti Gambar 4.10 dibawah ini

:



Gambar 4.10 Load case pada gempa seismic

4.5.4.4 Kontrol Gaya Geser Nominal (Statik Ekuivalen)

Perhitungan nilai gaya geser dasar dihitung berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.8.1 dengan menghitung nilai koefisien respons seismik (C_s) terlebih dahulu sebagai berikut,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow C_s = \frac{0,68}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,128$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow C_s = \frac{0,68}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,128$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai persamaan diatas tidak boleh lebih $C_{s_{maks}}$ pada persamaan berikut :

$$C_{s_{maks}} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$\text{Arah X} \rightarrow C_{s_{maks}} = \frac{0,61}{1,054 \left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,108$$

$$\text{Arah Y} \rightarrow C_{S_{maks}} = \frac{0,61}{0,915 \left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,125$$

Nilai C_S yang dihitung sesuai persamaan diatas tidak boleh kurang dari $C_{S_{min}}$ pada persamaan berikut :

$$C_{S_{min}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e$$

$$C_{S_{min}} = 0,044 \times 0,68 \times 1,5 = 0,0448$$

Nilai yang dihasilkan menunjukkan C_S lebih besar dari $C_{S_{max}}$, maka digunakan nilai $C_S = C_{S_{max}} = 0,01802g$. Perhitungan gaya geser dasar seismik statik yang dihasilkan ETABS didapatkan nilai ditampilkan pada Tabel 4.14,

Tabel 4.14. Output Gaya Geser Dasar Statik

Lantai	Elevasi (M)	Vx (kN)	Vy (kN)
Atap	17	21.4027	17,515
Lantai 4	16	163.029	164,1201
Lantai 3	12	579.831	581,3411
Lantai 2	8	859.955	846,9055
Lantai 1	4	999.812	999.812
Total		2575,292	2596,546

Sumber : Perhitungan Sendiri

Perhitungan gaya geser dasar seismik dinamik yang dihasilkan ETABS didapatkan nilai pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Output Gaya Geser Dasar Dinamik

Lantai	Elevasi (M)	V _x (kN)	V _y (kN)
Plat Atap	17	26.4672	31.0915
Lantai 4	16	206.702	233.3825
Lantai 3	12	717.7322	818.6445
Lantai 2	8	1053.966	1206.87
Lantai 1	4	1196.251	1370.582
Total		3201.118	3660.5705

Sumber : Perhitungan Sendiri

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.2.5.2 Gaya geser dasar, V_X dan V_Y harus dihitung untuk arah x dan arah y sesuai pasal 7.8.1.1. Untuk tiap gerak tanah yang dianalisis, faktor skala gaya geser dasar untuk tiap arah respons harus ditentukan sebagai berikut:

$$\eta_x = \frac{v_x}{I_x} \geq 1,0$$

$$\eta_y = \frac{v_y}{I_y} \geq 10,$$

Ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Perbandingan Gaya Geser Dasar Statik dan Dinamik

	V_{dinamik} (kN)	V_{statik} (kN)	$\frac{V_x/V_y}{V_{ix}/V_{iy}} \geq 1,0$
Sumbu X	3201.118	2575,292	1,134
Sumbu Y	3660.5705	2596,546	

Sumber : Perhitungan Sendiri

$$\text{Faktor Pembesaran gempa arah x} = \frac{3201,118}{2575,292} = 1,243 \times$$

$$\text{Faktor Pembesaran gempa arah y} = \frac{3660,5705}{2596,546} = 1,41 \times$$

Kemudian gempa diperbesar pada kedua arah sehingga diperoleh nilai gaya geser dasar dinamik dengan nilai ditampilkan pada Tabel 4.17,

Tabel 4.17. Output Gaya Geser Dinamik Setelah Pembesaran Gaya Gempa

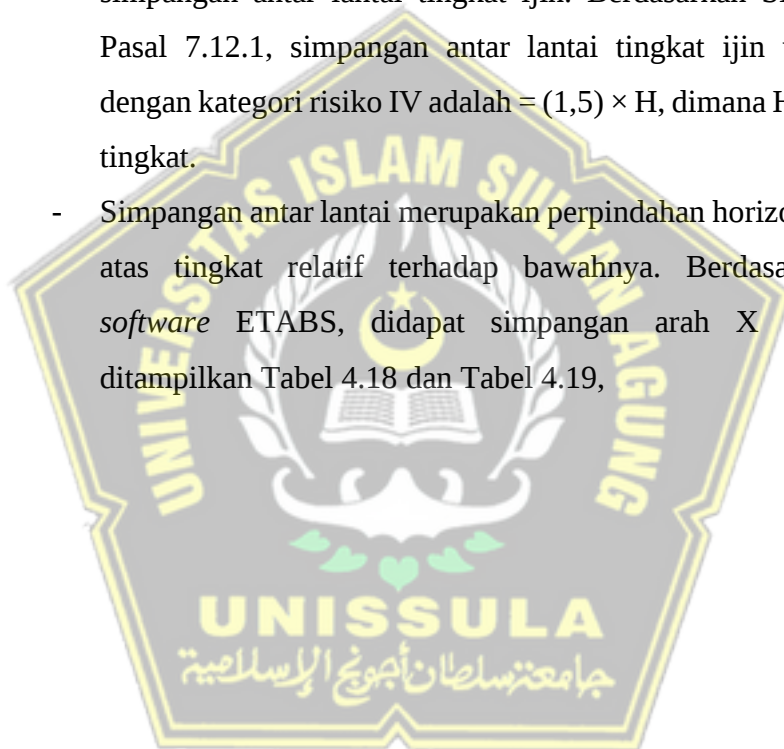
Lantai	Tinggi	V _x	V _y
ATAP	17	32.89873	43.83902
LANTAI 4	16	256.9306	329.0693
LANTAI 3	12	892.1411	1154.289
LANTAI 2	8	1310.08	1701.687
LANTAI 1	4	1486.94	1932.521
Total		3978.99	5161.404

Sumber : Perhitungan Sendiri

4.5.4.5 Kontrol Simpangan

Kriteria persyaratan simpangan mengacu pada SNI 1726-2019 dengan faktor-faktor sebagai berikut,

- Faktor pembesaran defleksi (C_d) untuk SRPMK = 5,5 (Tabel 8 SNI 1726-2019),
- Faktor Keutamaan Gempa (I_e) = 1,5 (Tabel 4 SNI 1726:2019),
- Faktor redundansi untuk gedung dengan KDS D adalah $\rho = 1,3$ (Pasal 7.3.4.2 SNI 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 risiko IV adalah $= (1,5) \times H$, dimana H adalah tinggi tingkat.
- Simpangan antar lantai merupakan perpindahan horizontal di bagian atas tingkat relatif terhadap bawahnya. Berdasarkan analisis *software* ETABS, didapat simpangan arah X dan Y yang ditampilkan Tabel 4.18 dan Tabel 4.19,



Tabel 4.18. Besaran Simpangan Struktur Arah X

Simpangan X						
Lantai	H (mm)	Simpangan Elastis δ (mm)	Perpindahan antar lantai (mm)	Simpangan antar lantai (mm)	Simpangan yang dizinkan (mm)	Keterangan
PLAT ATAP	17000	4.11	15.070	-0.928	40	oke
LANTAI 4	16000	4.363	15.998	3.212	40	oke
LANTAI 3	12000	3.487	12.786	4.429	40	oke
LANTAI 2	8000	2.279	8.356	5.075	40	oke
LANTAI 1	400	0.895	3.282	3.282	40	oke

Sumber : Perhitungan Sendiri

Keterangan:

Perpindahan yang diperbesar $= (\delta_e \times C_d) / I_e$

Simpangan antar lantai $= (\delta_n - \delta_i)$

Tabel 4.19. Besaran Simpangan Struktur Arah Y

Simpangan y						
Lantai	H (mm)	Simpangan Elastis δ (mm)	Perpindahan antar lantai (mm)	Simpangan antar lantai (mm)	Simpangan yang dizinkan (mm)	Keterangan
PLAT ATAP	16	10.213	37.448	0.997	40	oke
LANTAI 4	12	9.941	36.450	6.527	40	oke
LANTAI 3	8	8.161	29.924	10.215	40	oke
LANTAI 2	4	5.375	19.708	12.232	40	oke
LANTAI 1		2.039	7.476	7.476	30	

Sumber : Perhitungan Sendiri

Keterangan:

Perpindahan yang diperbesar $= (\delta_e \times C_d) / I_e$

Simpangan antar lantai $= (\delta_n - \delta_i)$

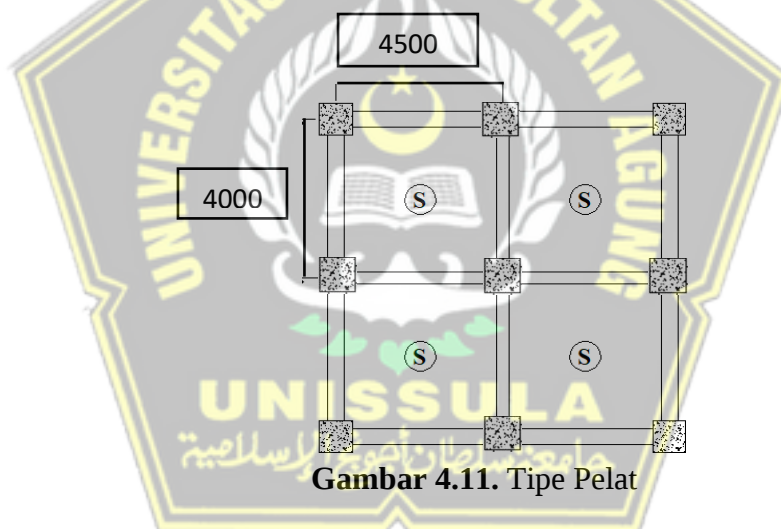
4.6 Desain komponen Struktur

Desain komponen struktur dilakukan dengan menggunakan persyaratan dan prosedur desain khusus, yaitu dinding struktural khusus dan juga rangka pemikul momen khusus yang tercantum dalam SNI 2847-2019 Pasal 18 (SRPMK). Setiap elemen struktur pemikul beban lateral diharapkan dapat bersifat duktail dalam menahan gaya gempa sehingga mampu mendisipasi energi gempa dengan baik tanpa menimbulkan kegagalan struktur secara utuh. Adapun komponen struktur yang didesain antara lain adalah balok, kolom, joint (hubungan balok kolom), pelat, dinding geser, dan balok kopel.

4.6.1 Perencanaan Plat

Pelat lantai yang diambil sebagai contoh perhitungan adalah pelat lantai 2, langkah-langkah perencanaan pelat adalah sebagai Gambar 4.14 berikut,

a. Penentuan tipe plat



Gambar 4.11. Tipe Pelat

Pelat yang ada harus dicek terlebih dahulu perilakunya, apakah pelat 2 arah atau pelat 1 arah. Dari pengecekan yang dilakukan didapatkan bahwa ada pelat 1 arah maupun 2 arah, sehingga digunakan metode desain pelat 1 & 2 arah dengan koefisien SNI 2847-2019.

Diketahui :

- f'_c = 28 MPa
- f_y = 420 MPa
- L_x = 4500 mm
- L_y = 4000 mm
- ϕ = 0,9 (konservatif)

Untuk lantai 2, beban yang diberikan adalah :

- *SIDL* = 1,48 kN/m²
- *LL* = 2,4 kN/m²
- Tebal = 125 mm
- Masa jenis beton = 24 kN/m³

Langkah perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Cek perbandingan *Lx* dan *Ly*

$$\frac{Lx}{Ly} = \frac{4500}{4000} = 1,125 < 2$$

Karena perbandingan *Lx* dan *Ly* < 2, maka pelat tersebut termasuk pelat 2 arah.

b. Hitung beban terfaktor yang ditanggung pelat panjang per meter lari

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

$$\text{Beban } SIDL = 1,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total} = 4,48 \text{ kN/m}^2$$

dimana :

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

$$wu = (1,2 \times 4,48) + (1,6 \times 1,92) = 8,448 \text{ kN/m}^2$$

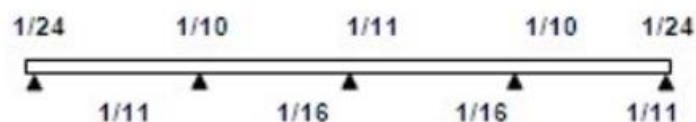
c. Menentukan momen

Nilai momen *ultimate* dilakukan dengan menggunakan koefisien momen α .

$$Mx = \alpha \times q \times Lx^2$$

$$My = \alpha \times q \times Ly^2$$

Koefisien α yang digunakan didasarkan pada keadaan ujung-ujung *Lx* dan *Ly*, apakah memiliki ujung menerus atau tidak, dapat disimpulkan dalam ilustrasi berikut .



Melalui penggunaan koefisien α ini, dapat dengan mudah diperoleh momen *ultimate* akibat beban bekerja, sesuai dengan posisi pelat dalam keseluruhan struktur. Berdasarkan contoh diatas,

untuk arah x dan y, pelat berada di bentang transisi sehingga tumpuan diambil yang lebih besar, yaitu 1/10 ($> 1/11$), dan untuk lapangan diambil 1/16.

$$M_{LX} = \frac{1}{16} \times 8,448 \times 4,5^2 = 10.46925 \text{ kNm}$$

$$M_{TX} = \frac{1}{10} \times 8,448 \times 4,5^2 = 16.7508 \text{ kNm}$$

$$M_{LY} = \frac{1}{16} \times 8,448 \times 4^2 = 8.272 \text{ kNm}$$

$$M_{TY} = \frac{1}{10} \times 8,448 \times 4^2 = 13.2352 \text{ kNm}$$

d. Menentukan kebutuhan tulangan dan momen nominal

- Hitung d (jarak serat tekan terjauh ke pusat tulangan longitudinal)

Dengan asumsi awal tulangan longitudinal yang digunakan adalah D10 maka jarak pusat tulangan ke serat tekan terluar

(d) adalah

Tinggi arah x

$$d_x = h - t_s - (D/2) = 125 - (20 - (0,5 \times 10)) = 110 \text{ mm}$$

Tinggi arah y

$$d_y = h - D - t_s - (D/2) = 125 - 10 - 20 + (0,5 \times 10) = 90 \text{ mm}$$

- Hitung nilai ρ :

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \times f_y}$$

$$= \frac{\sqrt{28}}{4 \times 420}$$

$$= 0,003$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c}{f_y} \times \frac{500}{500 + f_y}$$

$$= 0,85 \times 0,871 \times \frac{29,05}{420} \times \frac{500}{500 + 420}$$

$$= 0,0278$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \times \rho_b + 0,5 \rho \times \frac{f_s}{f_y}$$

$$= \frac{0,003 + \frac{400}{20000}}{0,008} \times 0,0278 + 0,5 \times 0,0089 \times \frac{112,694}{420}$$

$$= 0,0249$$

Desain penulangan pelat lantai :

- Lapangan arah x

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

$$= \frac{420}{0,85 \times 29,05}$$

$$= 13,83$$

lebar pelat b diambil per 1 meter untuk perhitungan

$$R_n = \frac{M_u}{0,85 b d^2}$$

$$= \frac{6,3 \times 10^6}{0,85 \times 1000 \times 125^2}$$

$$= 0,47 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,83} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,83 \times 0,47}{420}} \right)$$

$$= 0,001$$

Mengecek tulangan yang didesain

$$A_{s_{\min}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,001 \times 1000 \times 125$$

$$= 125 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{s}$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{150}$$

$$= 523,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\min}}$$

$$523,6 \text{ mm}^2 > 125 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka untuk arah x digunakan tulangan D10-150

- Lapangan arah y

$$A_{s_{\min}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,001 \times 1000 \times 115$$

$$= 115 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{s}$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{150}$$

$$= 523,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\min}}$$

$$523,6 \text{ mm}^2 > 115 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka untuk arah y digunakan tulangan D10-150

- Tumpuan x

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

$$= \frac{420}{0,85 \times 28}$$

$$= 13,83$$

lebar pelat b diambil per 1 meter untuk perhitungan

$$R_n = \frac{M_u}{0,85 b d^2}$$

$$= \frac{10,13 \times 10^6}{0,85 \times 1000 \times 125^2}$$

$$= 0,76 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,86} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,86 \times 0,76}{420}} \right)$$

$$= 0,0018$$

Mengecek tulangan yang didesain

$$A_{smin} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 125$$

$$= 225 \text{ mm}^2$$

$$A_{pakai} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{s}$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{150}$$

$$= 523,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{pakai} > A_{smin}$$

$$523,3 \text{ mm}^2 > 225 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka untuk arah x digunakan tulangan D10-150

- Tumpuan y

$$A_{smin} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 1000 \times 115$$

$$= 207 \text{ mm}^2$$

$$A_{pakai} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times \frac{1000}{s}$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{150}$$

$$= 523,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{pakai} > A_{s_{min}}$$

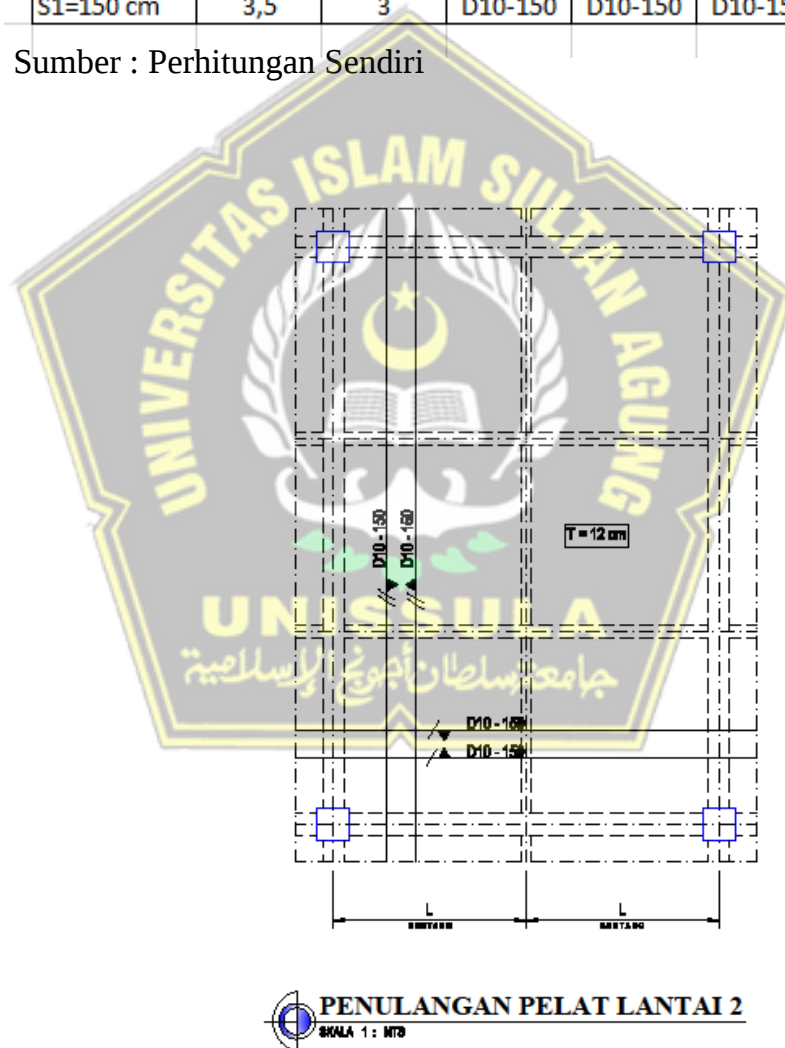
$$523,33 \text{ mm}^2 > 207 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka untuk arah x digunakan tulangan D10-150

Tabel.4.20. Hasil Rekapikulasi Tulangan Pelat Lantai

pelat	Lx (m)	Ly (m)	Tumpuan		Lapangan	
			X	Y	X	Y
So=150 cm	3,5	3	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
S1=150 cm	3,5	3	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150

Sumber : Perhitungan Sendiri

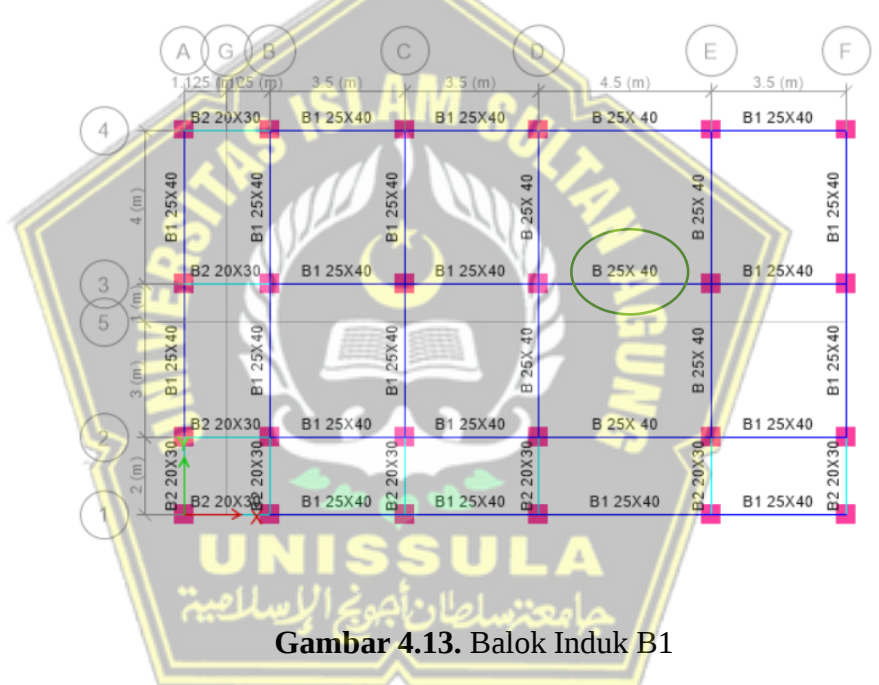


Gambar 4.12 Tulangan Plat

4.6.2 Perencanaan Balok

Balok didesain untuk mampu menahan lentur, geser dan juga torsi. Desain balok dilakukan dengan bantuan *software* ETABS, yakni program ini dapat menentukan luas tulangan lentur, geser, dan torsi yang dibutuhkan oleh setiap elemen balok.

Dalam contoh desain ini dilakukan pengecekan desain oleh program secara manual terhadap satu balok, sedangkan untuk balok lainnya didesain sesuai dengan hasil desain ETABS. Pengecekan dilakukan untuk memberi Gambaran dan juga kepastian (jaminan) terhadap permodelan yang telah dilakukan. Balok yang didesain secara manual adalah balok G1 yang merupakan balok induk dengan dimensi 350 mm x 600 mm.



Gambar 4.13. Balok Induk B1

Data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut,

Mutu baja tulangan, f_y = 420 MPa

Mutu beton, f'_c = 29,05 MPa

Tinggi balok, H = 450 mm

Lebar balok, B = 250 mm

Tebal selimut beton, p = 40 mm

Tulangan utama, D = D - 19

Tulangan sengkang, Ds = D - 10

$$8. \quad d' = p + D_s + 22/2 = 40 + 10 + 22/2 = 59,5 \text{ mm}$$

$$9. \text{ Tinggi efektif arah, } d = H - p - D_s - \frac{D}{2}$$

$$= 400 - 40 - 10 - \frac{19}{2}$$

$$= 340,5 \text{ mm}$$

Dimensi balok induk yang direncanakan adalah sebagai berikut,

1. Persyaratan Lentur SRPMK

(SNI 2847-2019 pasal 18.6.2.1)

a. Kontrol dimensi

$$\frac{b_H}{\frac{250}{400}} - > 0,3$$

$$> 0,3$$

$$0,625 > 0,3$$

Lebar balok (b_w) 400 mm lebih dari syarat minimal yaitu 250 mm dan kurang dari 0,625 lebar kolom (500 mm), sehingga syarat dimensi balok terpenuhi.

b. Kontrol dimensi balok terhadap penampang kolom

$$b_w < b_{kol} + 2\left(\frac{3}{4}h_{kol}\right)$$

$$250 < 400 + 2\left(\frac{3}{4}600\right)$$

$$250 \text{ mm} < 1300 \text{ mm} \dots \text{oke}$$

c. Kontrol geometri

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

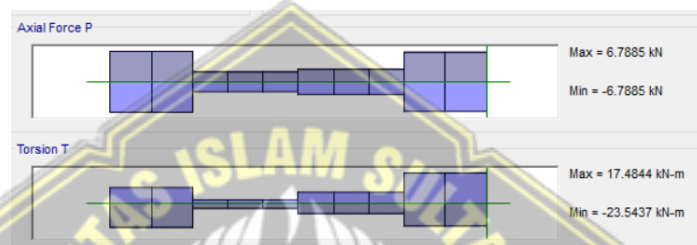
$$\begin{aligned} \text{Bentang bersih } (l_n) &= 4500 - (2 \times \frac{1}{2} \times 400) \\ &= 4100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan,

$$\begin{aligned}
 l_n &> 4 \times d \\
 4500 \text{ mm} &> 4 \times 340,5 \text{ mm} \\
 4500 \text{ mm} &> 1362 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

2. Desain Tahanan Torsi



Gambar 4.14. Nilai Torsi pada ETABS Balok 350x600

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan nilai torsi yang terjadi yaitu $T_u = 17.48 \text{ kN.m}$.

a. Cek Kapasitas Torsi

$$\begin{aligned}
 T_c &= 0,75 \times 0,083 \times 1\sqrt{29,05} \left(\frac{(250 \times 400)^2}{2 \times (250 + 400)} \right) \\
 &= 2.58 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$T_u > T_c \rightarrow$ Tulangan torsi dihitung

b. Desain penulangan torsi

1) Besaran-besaran untuk penulangan

$$x_o = b - 2 \left(t_s + \frac{d_s}{2} \right) = 160 \text{ mm}$$

$$y_{o_2} = h - 2 \left(t_s + \frac{d_s}{2} \right) = 310 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_o \times y_o = 49600 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 42160 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2(x_o + y_o) = 940 \text{ mm}$$

2) Desain tulangan torsi (transversal)

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_y \cot \theta} = \frac{(17,48/0,75)10^6}{2(42160)(420)\cot(45)} = 0,8864 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

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

3) Desain tulangan torsi (longitudinal)

$$\begin{aligned} A_l &= \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cot^2 \theta = (0,8864)(940)\left(\frac{420}{420}\right) \cot^2(45) \\ &= 833.22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan torsi yang dipasang di pinggang adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= A_l / 2 \\ &= 833.22 / 2 = 416,6 \text{ mm}^2 \\ n_{\text{butuh}} &= \frac{A_{s_{\min}}}{\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)} \\ &= \frac{416,6}{\left(\frac{1}{4}\pi 19^2\right)} = 1,47 \text{ Tulangan} \end{aligned}$$

Trial tulangan yang akan dipakai yaitu 2D19 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{torsi}}} &= \left(\frac{1}{4}\pi D^2\right) n \\ &= \frac{1}{4}\pi 22^2 (2) = 759.88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s_{\text{torsi}}} > A_{s_{\min}} \rightarrow (\text{memenuhi})$$

Karena gaya torsi yang terjadi maka pemasangan tulangan peminggang di bagian tengah penampang sebesar 2D19. Tulangan torsi yang direncanakan pada bagian atas dan bawah balok adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= A_l / 4 \\ &= 833,22 / 4 = 208,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Hasil dari desain diatas ditambahkan ke desain penulangan lentur.

3. Desain Penulangan Lentur

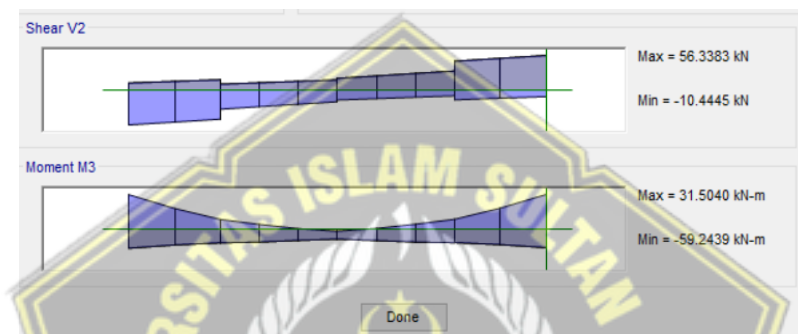
a. Rasio Penulangan

$$\rho_{\min} = 0,00346$$

$$\rho_{\max} = 0,0326$$

b. Desain Penulangan

1) Penulangan pada Tumpuan



Gambar 4.15. Nilai Momen Tumpuan pada ETABS Balok 250x400

a) Desain tulangan tarik negatif

$$M_{ut} = 280,33 \text{ kN-m}$$

- Mencari rasio tulangan :

$$\rho = \frac{0,85f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4Mu}{1,7\phi f_c b d^2}} \right]$$

$$= \frac{0,85(29,05)}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4(280,33)}{1,7(0,9)(29,05)(400)(340,5)^2}} \right]$$

$$= 0,00568$$

Cek :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \dots \text{oke}$$

- As tulangan

$$A_s = \rho b d = 0,00568(400)(340,5) = 483,63$$

- Jumlah tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$A_{S_{\text{butuh}}} = \rho b d$$

$$= 0,00568(400)(340,5)$$

$$= 483,63 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{butuh}} = \frac{AS_{\text{butuh}}}{(\frac{1}{4}\pi D^2)} + n_{\text{butuh torsi}}$$

$$= \frac{483,63}{(\frac{1}{4}\pi 19^2)} + 0,735$$

$$2,0079 = 3 \text{ tulangan}$$

Trial tulangan yang akan dipakai yaitu 3D19 mm

$$AS_{\text{tekan}} = (\frac{1}{4}\pi D^2) n$$

$$= (\frac{1}{4}\pi 19^2)(3) = 483,63 \text{ mm}^2$$

- Momen nominal balok :

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c b} = \frac{(251,304)(420)}{0,85(29,05)(400)} = 57,84 \text{ mm}$$

$$M_n = As f_y (d - \frac{a}{2}) 10^{-6} = (251,304)(420)(340,5 - \frac{57,84}{2})(10^{-6}) = 111,254 \text{ kNm}$$

- Tahanan momen balok :

$$\phi_{mn} = (0,9)(111,254) = 100,128 \text{ kNm}$$

Cek syarat :

$$\phi_{mn} > M_u$$

$$90,3784 > 18,48 \text{ oke}$$

b) Desain tulangan tarik positif

$$M_{ut}^+ = 31,5 \text{ kN-m}$$

- Mencari rasio tulangan :

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u}{1,7 \phi f_c b d^2}} \right] \\ &= \frac{0,85(29,05)}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4(78,18)}{1,7(0,9)(29,05)(400)(340,5)^2}} \right] \\ &= 0,00295 \end{aligned}$$

Cek :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \dots \text{oke}$$

- As tulangan

$$A_s = \rho b d = 0,00207(400)(340,5) = 251,034 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{butuh}}} &= \rho b d \\ &= 0,00295(400)(340,5) \\ &= 251,034 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{butuh}} &= \frac{A_{s_{\text{butuh}}}}{\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)} + n_{\text{butuh torsi}} \\ &= \frac{145,7}{\left(\frac{1}{4}\pi 19\right)} + 0,730 \\ &= 1,395 = 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Trial tulangan yang akan dipakai yaitu 2D19 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{tekan}}} &= \left(\frac{1}{4}\pi D^2\right) n \\ &= \left(\frac{1}{4}\pi 19^2\right)(2) = 251,034 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen nominal balok :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b} \\ &= \frac{(251,034)(420)}{0,85(29,05)(400)} = 38,56 \text{ mm} \\ M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) 10^{-6} \\ &= (251,034)(420)\left(340,5 - \frac{38,56}{2}\right)(10^{-6}) \\ &= 76,46 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Tahanan momen balok :

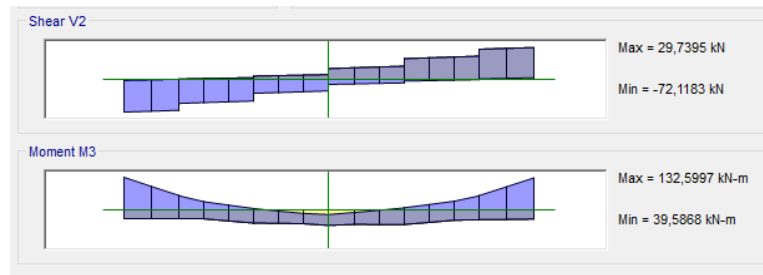
$$\begin{aligned} \phi_{mn} &= (0,9)(76,46) \\ &= 68,817 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$\phi_{mn} > M_u$$

$$68,817 > 31,5 \text{ oke}$$

2) Penulangan pada Lapangan



Gambar 4.16. Nilai Momen Lapangan pada ETABS Balok 250 x 400

a) Desain tulangan tarik negatif

$$M_{ut}^- = 18,48 \text{ kN-m}$$

- Mencari rasio tulangan :

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4Mu}{1,7\phi f_c b d^2}} \right] \\ &= \frac{0,85(29,05)}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4(0,393)}{1,7(0,9)(29,05)(400)(340,5)^2}} \right] \\ &= 0,0000036 \end{aligned}$$

Cek :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \dots \text{oke}$$

- As tulangan

$$A_s = \rho b d = 0,0000036(4000)(340,5) = 3,05 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s_{butuh}} &= \rho b d \\ &= 0,0000036(4000)(340,5) \\ &= 3,054 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{butuh} &= \frac{A_{s_{butuh}}}{\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)} + n_{butuh \text{ torsi}} \\ &= \frac{195,993,05}{\left(\frac{1}{4}\pi 19\right)} + 0,730 \\ &= 0,74 = 2 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Trial tulangan yang akan dipakai yaitu 2D19 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{tekan}} &= \left(\frac{1}{4}\pi D^2\right) n \\ &= \left(\frac{1}{4}\pi 19^2\right)(2) = 38,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen nominal balok :

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c b}$$

$$= \frac{(38,56)(420)}{0,85(29,05)(400)} = 38,56 \text{ mm}$$

$$M_n = As f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) 10^{-6}$$

$$= (3,05)(420)\left(340,5 - \frac{38,56}{2}\right) (10^{-6})$$

$$= 776,46 \text{ kNm}$$

- Tahanan momen balok :

$$\phi_{mn} = (0,9)(776,46)$$

$$= 68,177 \text{ kNm}$$

Cek syarat :

$$\phi_{mn} > M_u$$

$$149,515 > 39,58 \text{ oke}$$

b) Desain tulangan tarik positif

$$M_{ut}^+ = 18,48 \text{ kN-m}$$

- Mencari rasio tulangan :

$$\rho = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u}{1,7 \phi f_c b d^2}} \right]$$

$$= \frac{0,85(29,05)}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4(18,48)}{1,7(0,9)(29,05)(400)(340,5)^2}} \right]$$

$$= 0,0017$$

Cek :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \dots \text{ oke}$$

- As tulangan

$$As = \rho b d = 0,0017(400)(340,5) = 145,7 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$A_{S_{butuh}} = \rho b d$$

$$= 0,0017(400)(340,5)$$

$$= 145,7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{butuh}} &= \frac{AS_{\text{butuh}}}{\left(\frac{1}{4}\pi D^2\right)} + n_{\text{butuh torsi}} \\
 &= \frac{145,7}{\left(\frac{1}{4}\pi 19^2\right)} + 0,730 \\
 &= 1,249 = 2 \text{ tulangan}
 \end{aligned}$$

Trial tulangan yang akan dipakai yaitu 2D19 mm

$$\begin{aligned}
 AS_{\text{tekan}} &= \left(\frac{1}{4}\pi D^2\right) n \\
 &= \left(\frac{1}{4}\pi 19^2\right)(2) = 145,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Momen nominal balok :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As f_y}{0,85 f_c b} \\
 &= \frac{(145,7)(420)}{0,85(29,05)(400)} = 88,56 \text{ mm} \\
 M_n &= As f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) 10^{-6} \\
 &= (145,7)(420)\left(340,5 - \frac{88,56}{2}\right) (10^{-6}) \\
 &= 76,46 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- Tahanan momen balok :

$$\begin{aligned}
 \phi_{mn} &= (0,9)(76,46) \\
 &= 68,8 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Cek syarat :

$$\phi_{mn} > M_u$$

$$68,8 > 18,8 \text{ oke}$$

Tabel.4.21. Hasil Perhitungan Tulangan Terpasang

Lokasi	Tulangan terpasang		luas (mm)	ϕ_{mn} (kN)
Tumpuan	Atas	3D 19	850.155	100.13
	Bawah	2D 19	566.77	68.82
Lapangan	Atas	2D 19	566.77	68.82
	Bawah	2D 19	566.77	68.82

DETAIL BALOK 1		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN

Gambar 4.17 Penulangan Balok B1

- Syarat Tulangan Lentur :

(SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1)

1) Sedikitnya harus disediakan dua buah tulangan menerus

$$2) \phi mn^+_{ki} > \frac{1}{2} \phi mn^-_{ka}$$

$$68,81 > \frac{1}{2} 101,13$$

$$68,81 > 50,064$$

$$3) \phi mn^+ \text{ atau } \phi mn^- > \frac{1}{4} \phi mn \text{ terbesar}$$

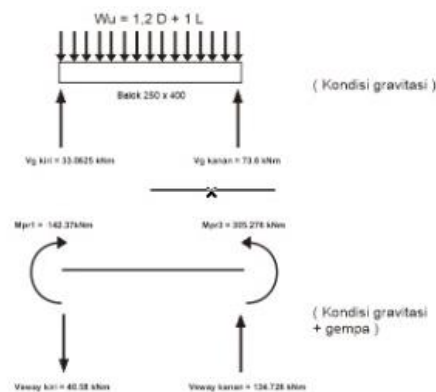
$$68,81 > \frac{1}{4} 100,13$$

$$68,81 > 25,03$$

4. Desain Penulangan Transversal

a. Gaya geser dari Momen Probable

1) Momen Probable Rangka bergoyang ke kanan



Gambar 4.18. Momen Probable Rangka Bergoyang ke Kanan Balok 250x400

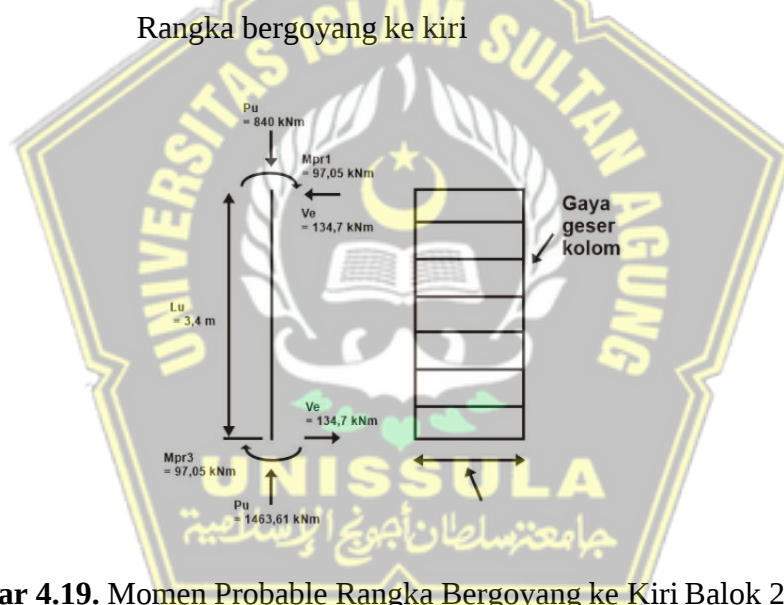
Momen ujung tumpuan kanan negatif (M_{pr1})

$$\begin{aligned} A_s &= 850.155 \text{ mm}^2 \\ a_{pr1} &= \frac{1,25 \times 68,81 \times 420}{0,85 \times 29,05 \times 420} = 96,167 \text{ mm} \\ M_{pr1} &= 1,25 \times 1889,7 \times 420 \times \left(\frac{96,167}{2} \right) \\ &= 142,37 \text{ kN.m (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kiri positif (M_{pr3})

$$\begin{aligned} A_s' &= 566,77 \text{ mm}^2 \\ a_{pr3} &= \frac{1,25 \times 566,77 \times 420}{0,85 \times 29,05 \times 420} = 97.048 \text{ mm} \\ M_{pr3} &= 1,25 \times 97.0450 \times 420 \times \left(539 - \frac{57,70}{2} \right) \\ &= 305,276 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rangka bergoyang ke kiri



Gambar 4.19. Momen Probable Rangka Bergoyang ke Kiri Balok 250x500

Momen ujung tumpuan kiri negatif (M_{pr2})

$$\begin{aligned} A_s &= 850,155 \text{ mm}^2 \\ a_{pr2} &= \frac{1,25 \times 850,155 \times 420}{0,85 \times 29,05 \times 420} = 43,037 \text{ mm} \\ M_{pr2} &= 1,25 \times 850,155 \times 420 \times \left(539 - \frac{43,07}{2} \right) \\ &= 97,05 \text{ kN.m (searah jarum jam)} \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan positif (M_{pr4})

$$\begin{aligned} A_s' &= 566,77 \text{ mm}^2 \\ a_{pr4} &= \frac{1,25 \times 566,77 \times 420}{0,85 \times 29,05 \times 420} = 28,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 0,85 \times 29,05 \times 420 \\
 M_{pr4} &= 1,25 \times 566,77 \times 420 \times \left(539 - \frac{28,69}{2}\right) \\
 &= 97,05 \text{ kN.m (searah jarum jam)}
 \end{aligned}$$

2) Gaya Geser

Gaya geser dihitung dari goyangan rangka.

Diambil V_g akibat beban gravitasi terfaktor yaitu $W_u = 1,2D + 1,0L$. Gaya geser yang dihasilkan dengan bantuan dari software ETABS adalah sebagai berikut,

$$V_g \text{ kiri} = 33,0265 \text{ kN}$$

$$V_g \text{ kanan} = 33,0265 \text{ kN}$$

- Rangka bergoyang ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway-ki}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{ln} \\
 &= \frac{142,37 + 305,276}{5,9} = 40,58 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total reaksi di ujung kanan balok} &= 40,58 - 33,0265 \\
 &= 7,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total reaksi di ujung kiri balok} &= 33,0265 + 40,58 \\
 &= 73,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Rangka bergoyang ke kanan

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway-ka}} &= \frac{M_{pr2} + M_{pr4}}{ln} \\
 &= \frac{489,611 + 305,276}{5,9} = 134,726 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total reaksi di ujung kanan balok} &= 40,57 - 33,0265 \\
 &= 7,55 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total reaksi di ujung kiri balok} &= 40,57 + 33,0265 \\
 &= 73,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Penulangan Transversal

1) Pada tumpuan

$$\text{Gaya geser } (V_u) \text{ pada tumpuan} = 170,9 \text{ kN}$$

Sesuai SNI 2847- 2019 pasal 18.6.5.2 $V_c = 0187,3 \text{ kN}$ bila mana keduanya (1) dan (2) terjadi.

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

$$V_s = 227,8 \text{ kN} > 0,5 V_u$$

$$V_s = 227,8 < 0,5 \times 170,9 = 227,8 \text{ kN (tidak terpenuhi)}$$

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

$$\begin{aligned} P_u &= 0 \text{ kN} < A_g f'_c/20 \\ &= 0 \text{ kN} < (250 \times 400 \times 29,05) / 20 \\ &= 0 \text{ kN} < 145,250 \text{ kN (terpenuhi)} \end{aligned}$$

Maka V_c harus dihitung

- Desain penulangan transversal

$$\begin{aligned} V_c &= \sqrt{f'_c/6} * b * d * 10^{-3} \\ &= \sqrt{29,05/6} * 250 * 400 * 10^{-3} \\ &= 187,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = \frac{187,73}{0,75} = 140,48 \text{ kN}$$

$$\phi V_s = \frac{170,9}{0,75} = 30,43 \text{ kN}$$

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s = 170,9 \text{ kN}$$

$$V_s = 187,73 / 0,75 = 549,828 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_{smax} &= 0,66 \times \sqrt{29,05} \times 420 \times 549,828, \\ &= 147,78 > V_s \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

direncanakan tulangan geser diameter 10 mm (2 kaki)

$$s = \frac{A_s f_y d}{V_s} = \frac{3(78,5)(420)(400)}{549,828} = 147,78 \text{ mm}$$

jarak maksimum sengkang tertutup $2h = 800 \text{ mm}$ tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

- $\frac{d}{4} = \frac{800}{4} = 200 \text{ mm}$
- $6d_b = 6(19) = 114 \text{ mm}$
- < 150

dipakai D10 - 100 sepanjang 1200 mm dari muka tumpuan

2) Pada lapangan

Pada jarak 1200 mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar :

$$V_u = 108,13 \text{ kNm (hasil dari aplikasi etabs)}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \\ &= (0,17) (1) (\sqrt{29,05}) (250) (400) \\ &= 77997,22 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{108,13}{\phi} - 77997,22 = 44242 \text{ N}$$

Cek :

$$V_s < 0,33 \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$44242 < 151406,3651$$

Jika digunakan $d_b = 10\text{mm}$, maka jarak ditentukan dari nilai yang terkecil antara :

- $S1 = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{157 (420) (400)}{144827} = 245,4074 \text{ mm}$
- $S2 = \frac{d}{2} = \frac{340,5}{2} = 170,25 \text{ mm}$
- $S3 = \frac{A_v f_y}{0,35 b_w} = \frac{157(420)}{0,35 (250)} = 753,6 \text{ mm}$
- $S4 = 600 \text{ mm}$

jadi dipilih, $s = 250 \text{ mm}$ dipasang D10 - 250



4.6.3 Desain Kolom

Sama halnya dengan balok, kolom didesain dengan menggunakan bantuan *software* ETABS. Dalam contoh desain ini, satu kolom akan dicek kembali secara manual dan *detailing* secara spesifik, sedangkan kolom lainnya didesain langsung menggunakan hasil dari ETABS. Kolom yang akan dicek adalah kolom K1 yang terletak pada lantai 2, tepat disebelah balok B1 yang telah didesain dan dicek sebelumnya. Properti kolom disajikan dalam Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Properti kolom K2

Properti Kolom		
Dimensi	500 × 500	mm
A_g	250000	mm ²
f'_c	29,05	MPa
Ø tulangan memanjang	D 19	mm
Ø tulangan sengkang	D 10	mm
f_y	420	MPa
Tebal Selimut (p)	40	mm
Tinggi Kolom <i>Gross</i>	4000	mm
Tinggi kolom di <i>Joint</i>	600	mm
Tinggi kolom Bersih	3400	mm

Sumber : Perhitungan Sendiri

4.6.3.1 Pengecekan definisi kolom

Kolom termasuk dalam komponen struktur yang menerima gaya aksial dan juga lentur. Lentur ini diakibatkan adanya gaya gempa yang membebani kolom secara lateral sehingga timbul momen yang cukup besar pada kolom. Definisi komponen yang menerima gaya aksial dan lentur disyaratkan dalam SNI 2847- 2019 Pasal 18.7.2 sebagai berikut :

Gaya aksial terfaktor (P_u) maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $A f'_{gc} < 10$.

$$\frac{A f'_{gc}}{10} = \frac{250000 \times 29,05 \text{ N/mm}^2}{10}$$

$$= 1045,8 \text{ kN}$$

Gaya aksial terfaktor maksimum = 1463,617 kN

gaya aksial terfaktor maksimum $> 0,1 A f'_{gc}$. (memenuhi)

Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm. Sisi terpendek kolom, $b = 500 \text{ mm}$.

$b > 500 \text{ mm}$. (memenuhi)

-Rasio dimensi penampang tidak kurang dari

0,4. Rasio antara b dan $h = \frac{500 \text{ mm}}{500} = 1$

$\frac{b}{h} = 1 > 0,4$.

(memenuhi)

Cek konfigurasi penulangan longitudinal penahan lentur.

Dari hasil desain berdasarkan gaya dalam yang didapatkan dari Etabs, dimensi kolom yang digunakan adalah $500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ dengan 16 baja tulangan D19. Penulangan pada kolom K1 dapat dilihat pada tabel 4.23.

Tabel 4.23 Penulangan pada kolom K1

Jenis	Dimensi		Jumlah	A_s (mm ²)
	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)		
D	19	284	16	4544

Sumber : Perhitungan Sendiri

Rasio tulangan, ρ_g dibatasi tidak kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06.

$$\rho_g = \frac{4544 \text{ mm}^2}{250000 \text{ mm}^2} = 0,01876$$

$$0,01 < \rho_g < 0,06$$

(memenuhi)

-Penentuan Luas Tulangan *confinement* (transversal) pada kolom

disyaratkan dalam SNI 2847-2019 Pasal 18.7.5.4 Total luas penampang *hoops* tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} b_c &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)} \\ &= b_w - 2(40 + \frac{1}{2} d_b) \\ &= 500 - (2 \times (40 + \frac{10}{2})) = 410 \text{ mm.} \end{aligned}$$

A_{ch} = luas penampang inti beton, diukur dari serat terluar *hoop* ke serat terluar *hoop* di sisi lainnya.

$$\begin{aligned} &= (b_w - 2(40)) \times (b_w - 2(40)) \\ &= (500 - 80)^2 = 176400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

s = Jarak sengkang

A_s = Luas penampang tulangan Sehingga,

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh1}}{s} &= 0,3 \left(\frac{b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 \times \left(\frac{500 \times 29,05}{420} \right) \left(\frac{250000}{176400} - 1 \right) \\ &= 3.54961 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh2}}{s} &= \frac{0,09 b_c f'_c}{f_{yt}} \\ &= \frac{0,09 \times 500 \times 29,05}{420} \\ &= 2.5 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

4. Desain tulangan *confinement* (transversal)

- a. 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 18.7.5.2) :

Tinggi komponen struktur di joint, $h = 500$ mm

$\frac{1}{6}$ bentang bersih komponen struktur

$$\frac{1}{6} \times (3400 \text{ mm}) = 566.7 \text{ mm}$$

Maka jarak untuk l_o digunakan 566.7 mm

- b. Tentukan spasi maksimum hoop, s_{max} , pada daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom.

Nilai s ini harus dievaluasi lebih lanjut, apakah memenuhi ketentuan s maksimum dan minimum yang disyaratkan. SNI 2847-2019 Pasal 18.7.5.3 mengatur bahwa spasi tulangan *confinement* sepanjang l_o tidak boleh melebihi yang terkecil di antara

- 1) $\frac{1}{4}$ dimensi penampang kolom terkecil = $\frac{b}{4}$
- 2) 6 kali diameter tulangan longitudinal = $6d_b = 6 \times 22 = 132$ mm.
- 3) s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm. s_o menurut persamaan :

$$s_o \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

dengan $h_x = \frac{2}{3} \times b_c = \frac{2}{3} \times 510 = 340$ mm.

$$s_o \leq 100 + \frac{350 - 340}{3} = 103,33 \text{ mm}$$

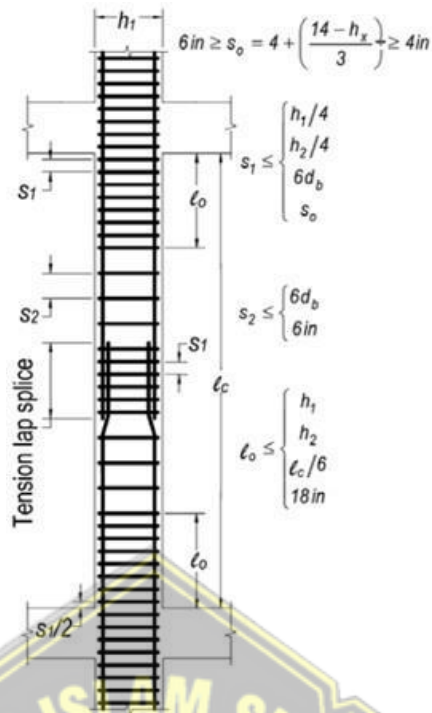
Nilai $s_o = 103,33$ mm tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

$$A_{sh-1} = 3,51 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 100 \text{ mm} = 351 \text{ mm}^2$$

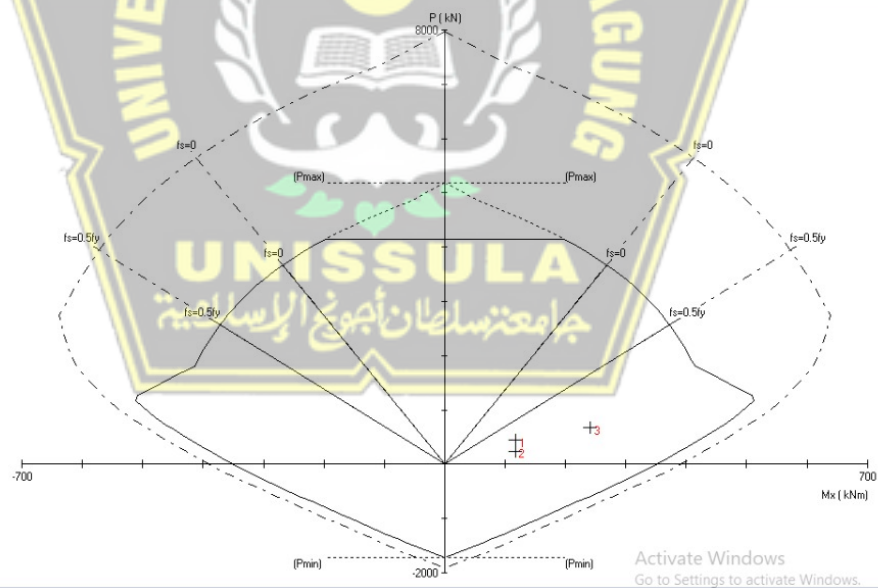
$$A_{sh-2} = 3,17 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 100 \text{ mm} = 317 \text{ mm}^2$$

Jadi gunakan 2 kaki baja D19 dengan luas penampang $284 \text{ mm}^2 >$

284 mm^2 . kebutuhan A_{sh-min} terpenuhi.



Gambar 4.20. Tulangan Geser pada Kolom



Gambar 4.21. Diagram Interaksi Pn-M pada Kolom 500 x500 untuk Menentukan Nilai Momen Nominal Kolom

Trial and error pakai sengkang D10-100 mm. Coba tulangan berdiameter D10 untuk *hoops*. Hasil dari Penulangan *confinement* pada kolom K1 pada Tabel 4.23.

Tabel 4.24 Penulangan *confinement* pada kolom K1

Jenis	Dimensi		Jumlah	A_s (mm ²)
	Diameter (mm)	Luas / bar (mm ²)		
D				
10	10	79	4	79

Sumber : Perhitungan Sendiri

$$A_s \text{ Pakai} = \frac{A_s}{s} = \frac{255}{150} = 1,67 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_s \text{ pakai} > \frac{A_{sh}^1}{s} ; A_s \text{ pakai} > \frac{A_{sh}^2}{s} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi gunakan D10-150 mm dengan luas penampang Karena kebutuhan A_{sh-min} terpenuhi.

5. Desain tulangan geser Kolom

Desain tulangan geser dari kolom disyaratkan dalam SNI 2847-2019 Pasal 18.7.6.1.1.

Gaya geser desain V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi di muka-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 di atas tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan joint berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke joint. Nilai V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.

- V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-top} DF_{top} + M_{pr-btm} DF_{btm}}{u}$$

dengan, DF = faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain.

Karena kolom di lantai atas dan lantai bawah mempunyai kekakuan yang berbeda, maka

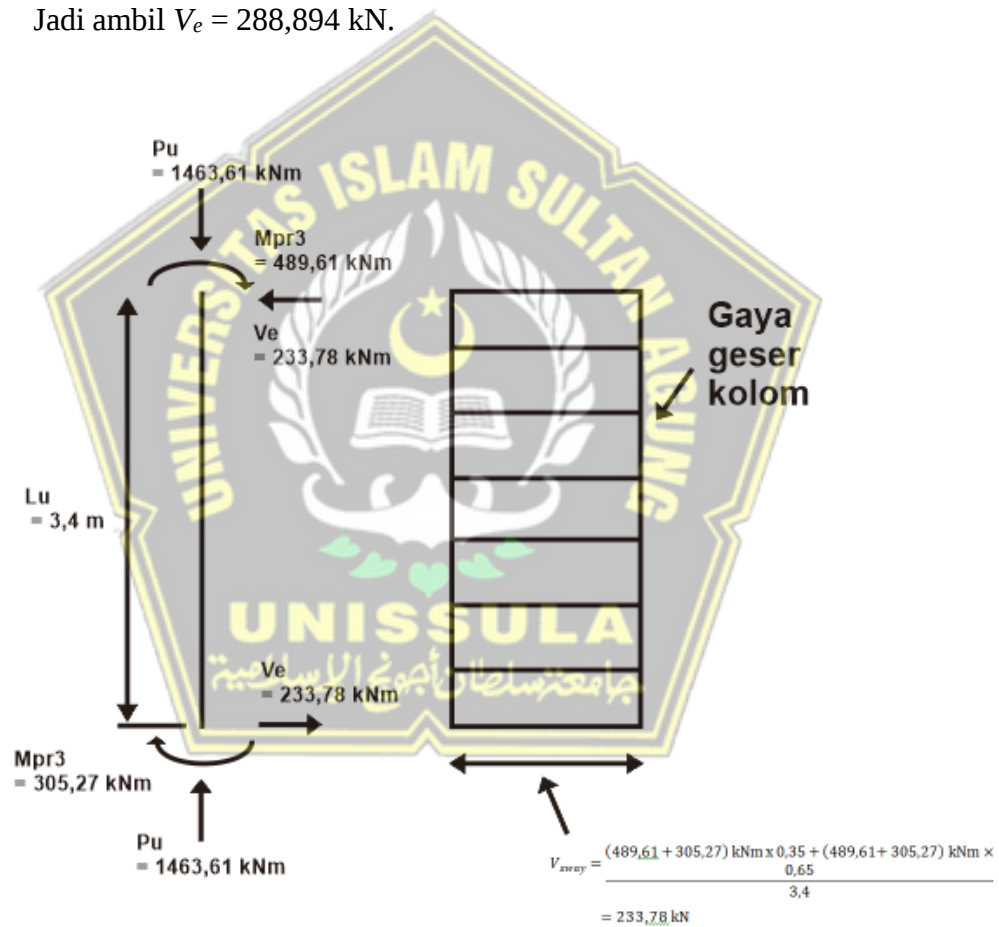
$$DF_{top} = 0,35 ; DF_{min} = 0,65$$

M_{pr-top} dan M_{pr-btm} adalah penjumlahan M_{pr} , untuk masing-masing balok di lantai atas dan lantai bawah di muka kolom interior.

$$V_{sway} = \frac{(489,61 + 305,27) \text{ kNm} \times 0,35 + (489,61 + 305,27) \text{ kNm} \times 0,65}{3,4}$$

$$= 233,78 \text{ kN}$$

- Tapi, V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis dari software ETABS, yaitu : 177 kN
persyaratan V_{e-min} terpenuhi.
Jadi ambil $V_e = 288,894 \text{ kN}$.



Gambar 4.22. Gaya Geser Desain Kolom k1

6. Tulangan transversal

Desain tulangan geser dari kolom disyaratkan dalam SNI 2847-2019 Pasal 18.7.6.2.1.

V_c dapat diambil = 0 jika V_e akibat gempa lebih besar dari $\frac{1}{2} V_u$ dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui $0,05 A_g f'_c$.

Selain itu, V_c dapat diperhitungkan. Kenyataannya, pada kolom yang didesain, gaya aksial terfaktornya melampaui $0,05 A_g f'_c$. Jadi, V_c boleh diperhitungkan.

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_w d \\ &= \frac{\sqrt{29,05}}{6} (500) (500-64) (10^{-3}) = 288.894 \text{ kN} \end{aligned}$$

a. Cek apakah dibutuhkan tulangan geser :

$$\begin{aligned} \frac{V_u}{\phi} &> \frac{1}{2} V_c \\ \frac{233,78}{0,75} &= 311,718 > \frac{1}{2} 288,9 = 144,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum

$$\begin{aligned} \phi > V_c + \frac{1}{3} b_w d \\ \frac{V_u}{\phi} &= 311,718 > 288,9 + \left(\frac{1}{3} (5000)(34,5)\right) = 107,48 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ternyata suku kiri lebih besar dari suku kanan, sehingga hanya diperlukan tulangan geser minimum.

$$A_{v-min} = \frac{1 b_w s}{3 f_y}$$

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan *confinement* 2 kaki D10 dengan spasi 100 mm. Berarti

$$A_{v-min} = \frac{1 \times 500 \times 100}{2 \times 420} = 107,14 \text{ mm}^2$$

Sementara itu, A_{sh} untuk 2 kaki D10 = $354,9 \text{ mm}^2 > A_{v-min}$, (memenuhi).

$V_s < V_{s-dsn}$, persyaratan kekuatan geser terpenuhi.

- Untuk bentang di luar l_o ,
SNI 2847-2019 22.5.6 Persamaan (22.5.6.1) memberikan
harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

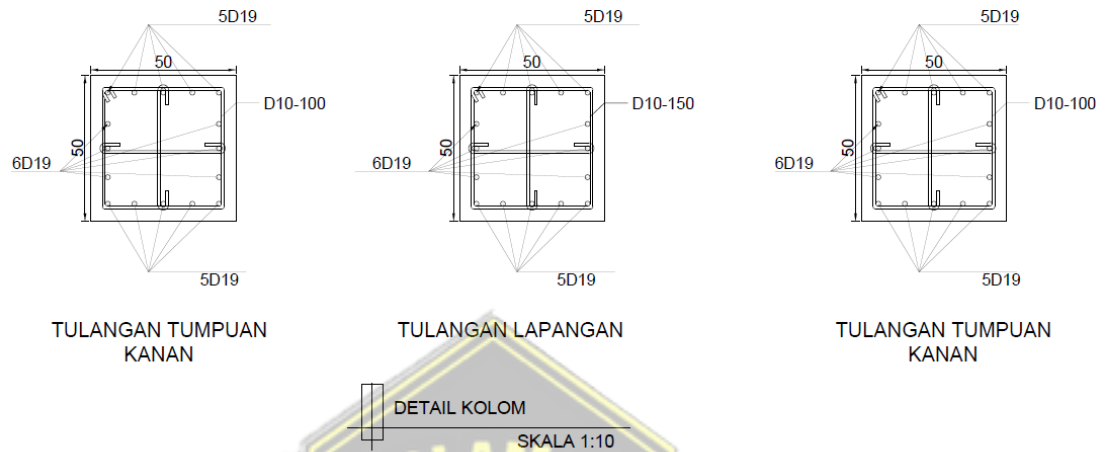
Dengan N_u = gaya tekan aksial terkecil dari kombinasi pembebanan : 469,93 kN

$\lambda = 1$, untuk beton normal (SNI 2847-2019 Pasal 8.6.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{469,93}{14(500)(500)} \right) 1 \sqrt{29,05} (500)(340,5) \\ &= 322,146 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena V_c melebihi V_u/ϕ untuk bentang kolom di luar l_o , maka pada daerah di luar l_o dapat dipasang tulangan sengkang dengan jarak $d/2 = 536/2 = 268 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$. Namun persyaratan jarak tulangan transversal di luar daerah l_o menyatakan bahwa jarak antara tulangan tidak boleh melebihi 150 mm atau $6d_b$ sehingga dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm.

Sketsa penampang kolom G4 dapat dilihat pada Gambar 4.26



Gambar 4.23. Sketsa penampang kolom K1

Tabel 4.25. Rekap Tulangan Kolom

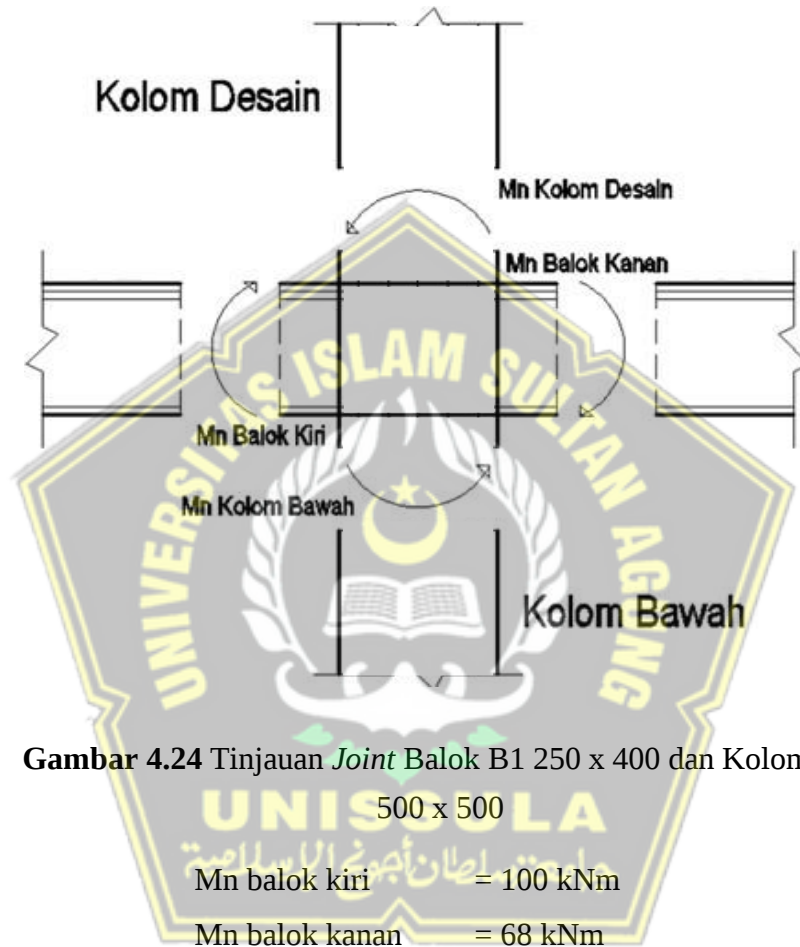
No.	Tipe Kolom	Kode Kolom	Tulangan Pokok	Tulangan Geser	
				Tumpuan	Lapangan
1.	K 500 x 500	K1	D 19	D 10 -100	D 10-150

Sumber : Perhitungan Sendiri

4.6.4 Kuat kolom (*Strong Column-Weak Beam*)

Konsep *strong column weak beam* didasarkan pada momen nominal dari balok yang mengekang kolom. Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 21.6.2, kuat lentur (ϕM_n) setiap kolom harus memenuhi atau lebih besar 1,2 kali hasil tahanan lentur dari balok (konsep desain kapasitas)

1. Tinjauan *Joint* Balok Balok B1 250 x 400 dan Kolom K1 500 x 500



Mn pada kolom dicari dengan memplotkan nilai gaya aksial terfaktor (P_n) kolom untuk mendapatkan nilai Mn baik pada kolom atas maupun kolom yang didesain. Contoh perhitungan *strong column weak beam* dilakukan pada kombinasi ENVELOPE untuk mengetahui gaya aksial terbesar. Adapun diagram interaksi kolom K1 500 x 500 dapat dilihat pada Gambar 4.27,

P_n kolom atas	= P1	= 840 kN
P_n kolom desain	= P2	= 1463.61 Kn
P_n kolom bawah	= P3	= 1271.6 kN

Nilai M_n kolom sebagai berikut,

M_n kolom atas	= M1	= 167.692 kN
M_n kolom desain	= M2	= 170.769 kN
M_n kolom bawah	= M3	= 124.615 kN

Cek syarat *strong column weak beam* desain sesuai SNI 2847-2019 Pasal 21.6.2, sebagai berikut

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \times (M_n \text{ balok kanan} + M_n \text{ balok kiri})$$

Keterangan : $\sum M_{nc}$ = jumlah M_n dua kolom yang bertemu di *joint*

$\sum M_{nb}$ = Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang di evaluasi di muka-muka joint

Sehingga,

2. joint bagian atas kolom desain sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 (M_n \text{ kolom atas} + M_n \text{ kolom desain}) &\geq 1,2 \times (M_n \text{ balok kanan} + M_n \text{ balok kiri}) \\
 (167.692 + 170.769) \text{ kNm} &\geq 1,2 \times (68 + 100) \text{ kNm} \\
 291.308 \text{ kNm} &\geq 84 \text{ kNm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

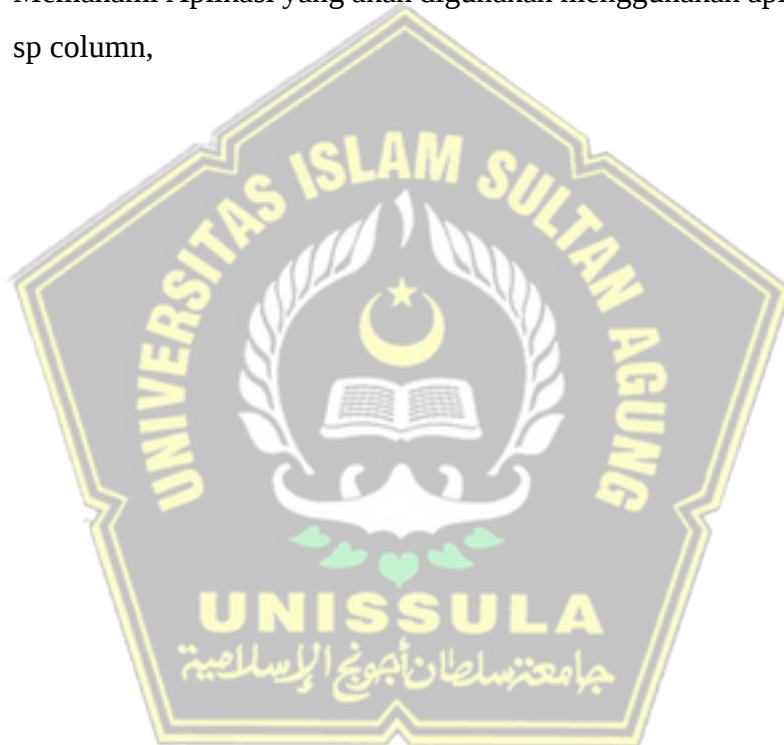
Kesimpulan yang didapatkan dari penulisan laporan tugas akhir dengan judul “Perencanaan Bangunan 4 Lantai Gedung Pondok Pesantren Addainuriyyah Berdasarkan SNI Gempa 1726-2019.” antara lain sebagai berikut,

1. Perencanaan Analisa pembebanan dengan kontrol gaya geser statik ekuivalen didapatkan nilai $C_s = 0,0617$, dan didapatkan pembesaran arah $X = 1,243$ dan arah $Y = 1,41$. Sehingga faktor pembesaran ≥ 1 sesuai dengan SNI 1726-2019
2. Analisa penulangan plat, kolom, dan balok dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRMPK) didapat hasil analisis struktur atasebagai berikut :
 - a. Pada struktur pelat lantai beton bertulang untuk lantai dasar sampai lantai atap memiliki ketebalan 125 mm dan didapat momen nominal sebesar 0,76 Mpa
 - b. Struktur balok, untuk tipe balok terbesar yaitu balok B1 dengan dimensi (250 x 400) mm, pada tumpuan digunakan tulangan 6D19 pada bagian atas dan pada lapangan digunakan tulangan 5D19 pada bagian atas. Untuk sengkang menggunakan tulangan sengkang D10-150.
 - c. Struktur kolom dengan dimensi terbesar yaitu K1 (500X500) mm, menggunakan tulangan utama 16D19.
3. Setelah menganalisa permodelan dan mereanalisa sebagian kolom dan balok, bangunan tersebut sudah memenuhi sebagai bangunan tahan gempa, sesuai dengan ketentuan SNI-1726-2019.

5.2 Saran

Berikut saran yang berkaitan dengan perencanaan struktur bangunan gedung dari analisis penulis:

1. Sebelum merencanakan struktur bangunan gedung sebaiknya didahului dengan pemilihan jenis struktur yang akan digunakan. Untuk perencanaan struktur tahan gempa, pemilihan sistem struktur sangat berpengaruh kepada hasil perencanaan. Maka analisis dan Analisa struktur sangat penting. Agar pada perhitungan struktur nantinya diperoleh hasil perencanaan yang diinginkan, baik dari segi kekuatan, kenyamanan, dan keindahan.
2. Memahami Aplikasi yang akan digunakan menggunakan aplikasi etabs dan sp column,



DAFTAR PUSTAKA

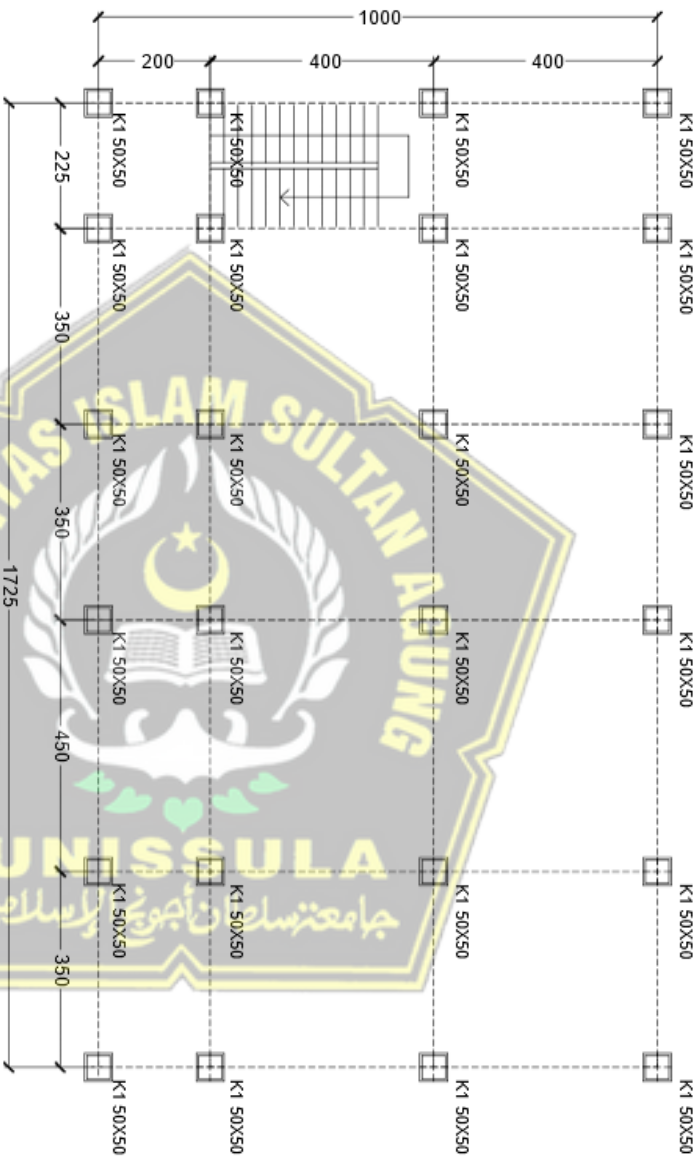
- Wildan Amrullah, Tony Hartono Bagio, Julistyana Tistogondo. 2019. *“Desain Perencanaan Struktur Gedung 38 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”*. Universitas Narotama, Surabaya.
- Widi Krismahardi, Pupuk Wahyuono. 2013. *“Perencanaan struktur gedung “Sunter Park View Apartment” Sunter - Jakarta Utara”*. UNDIP, Semarang.
- Eka Purnamasari, Fathur Rohman. 2019. *“Analisis Struktur Perencanaan Gedung Hotel Tuparev Kota Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton Bertulang SNI 2847 – 2013”*. UNSWAGATI, Cirebon.
- Eka Purnamasari, Fathur Rohman. 2019. *“Analisis Struktur Perencanaan Gedung Hotel Tuparev Kota Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton Bertulang SNI 2847 – 2013”*. UNSWAGATI, Cirebon.
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. 1983. PPIUG 1983 *“Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung dan Non Gedung”*, Bandung, Indonesia.
- Puskim PU. (2021). *Analisa Spektra Indonesia*, diakses dari: <http://puskim.pu.go.id/peta-zonasi-gempa/>.
- Standar Nasional Indonesia. 2019. SNI 03-1726-2019 *“Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. 2020. SNI 1727-2020 *“Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung dan Bangunan lain”*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. 2019. SNI 2847-2019 *“Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung”*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Iswandi Impran & Fajar Hendrik. 2014. *“Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang”*, ITB, Bandung, Indonesia.
- Nasution Amrinsyah .2009. *“ Kapasitas Gemap Untuk Sistem Struktur”*.ITB, Bandung.

- Asroni, Ali. 2010. “ *Balok dan Pelat Beton Bertulang*”. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- C.V.R, Murty. 2011. “ *Shear Wall Design Manual*”. ACI 318-18, California, USA
- Mc, Cormac 2005. “ *Analisa Beton Bertulang Jilid 2 Edisi kelima*” . Jakarta, Erlangga



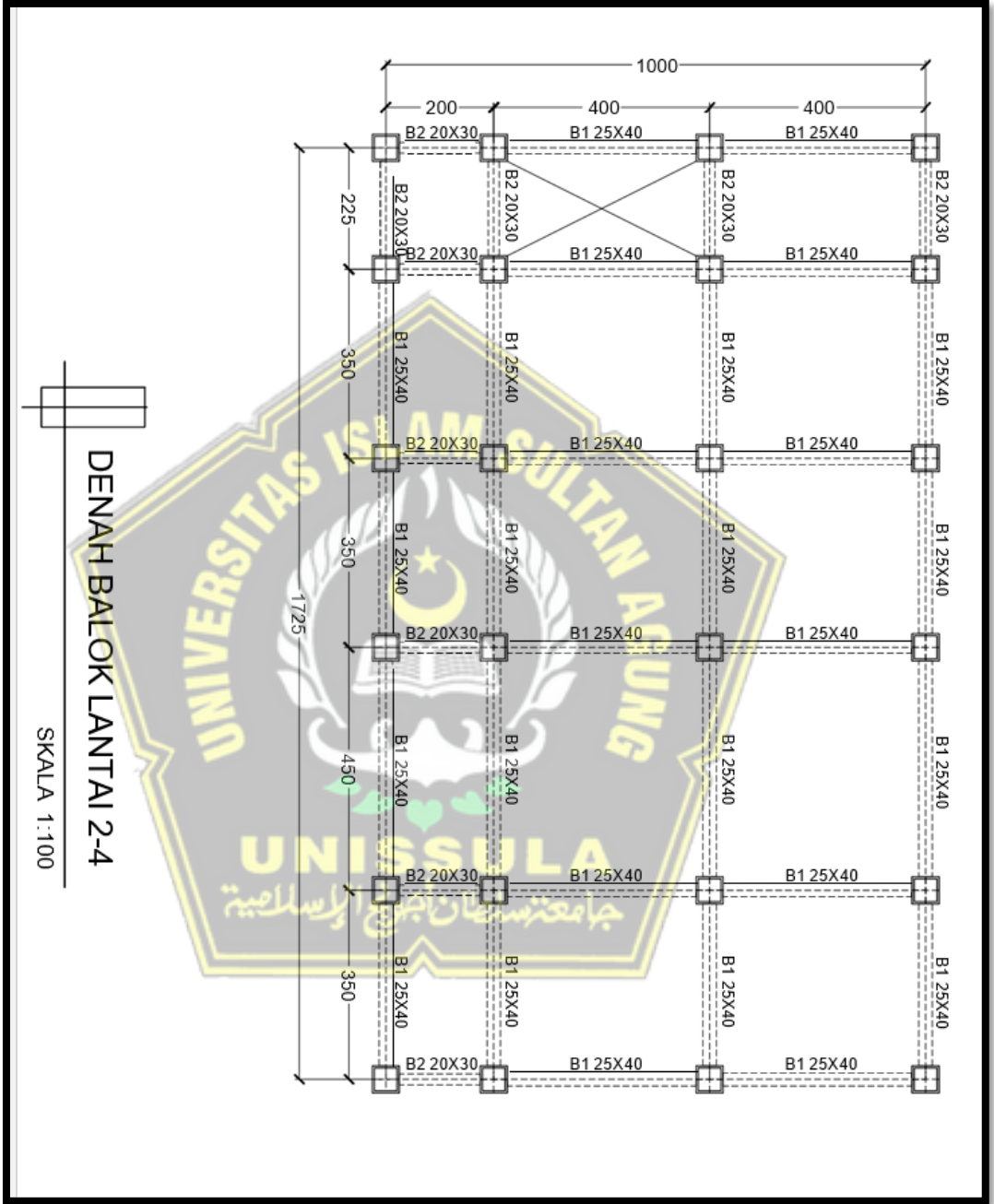


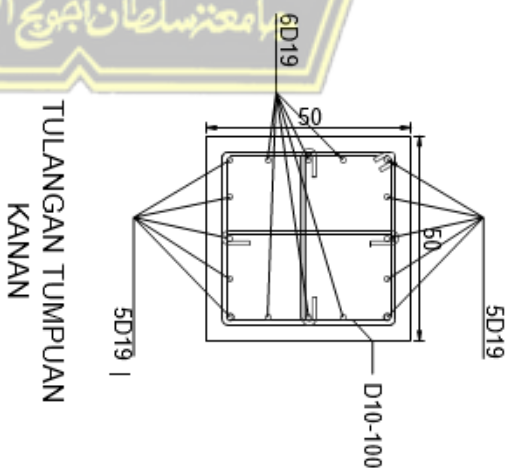
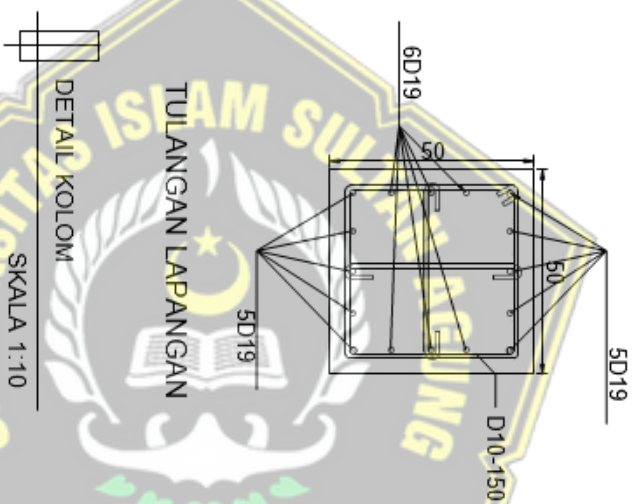
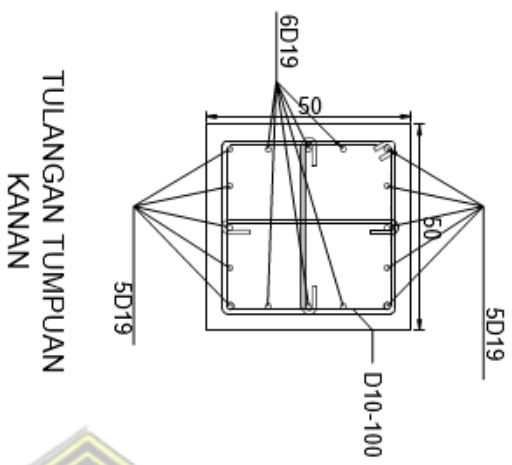
LAMPIRAN

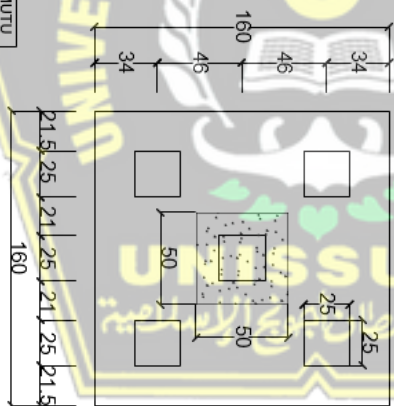
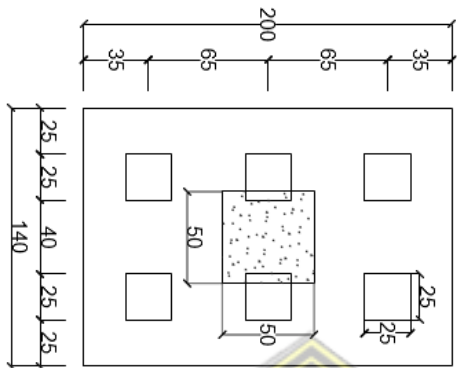
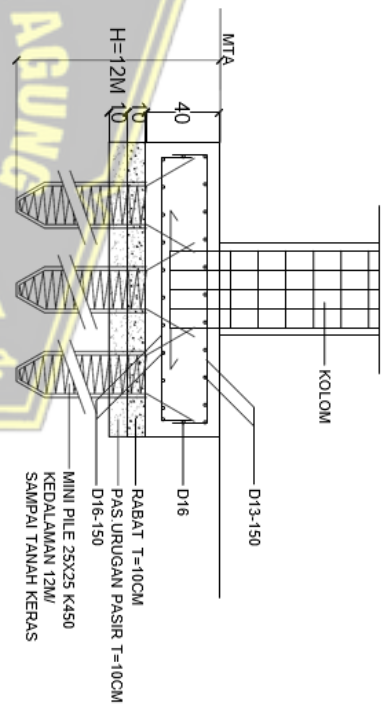
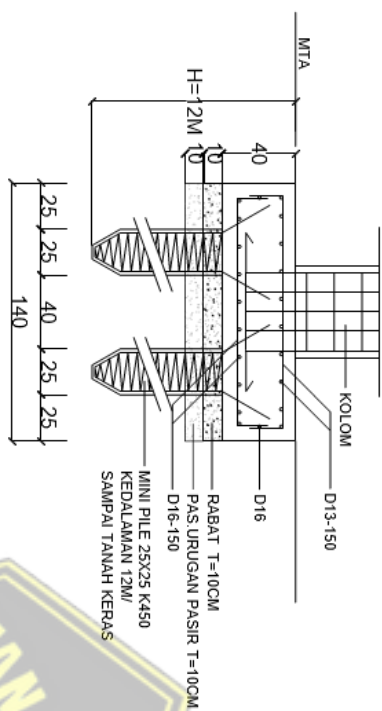


DENAH KOLOM LANTAI 1-4

SKALA 1:100



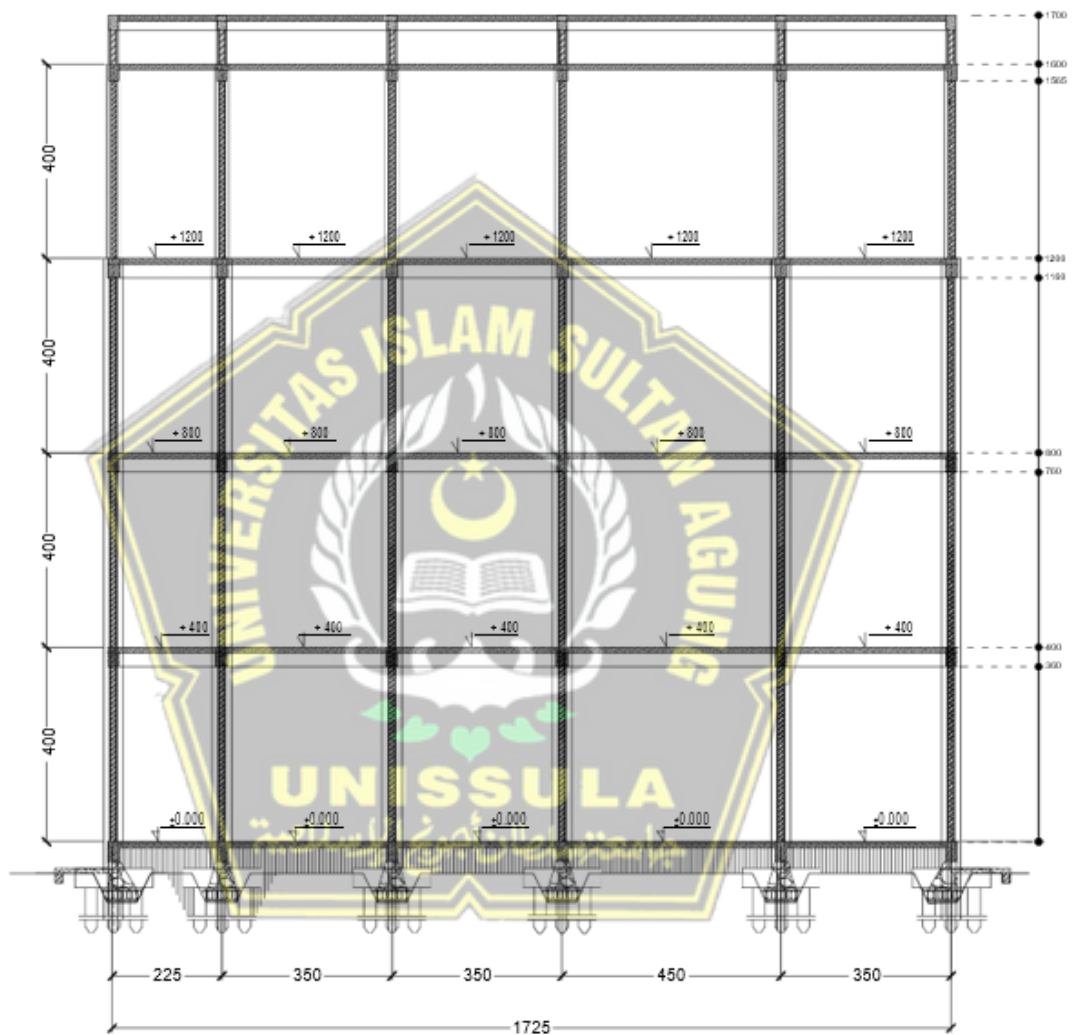




DETAIL P1
SKALA 1 : 20

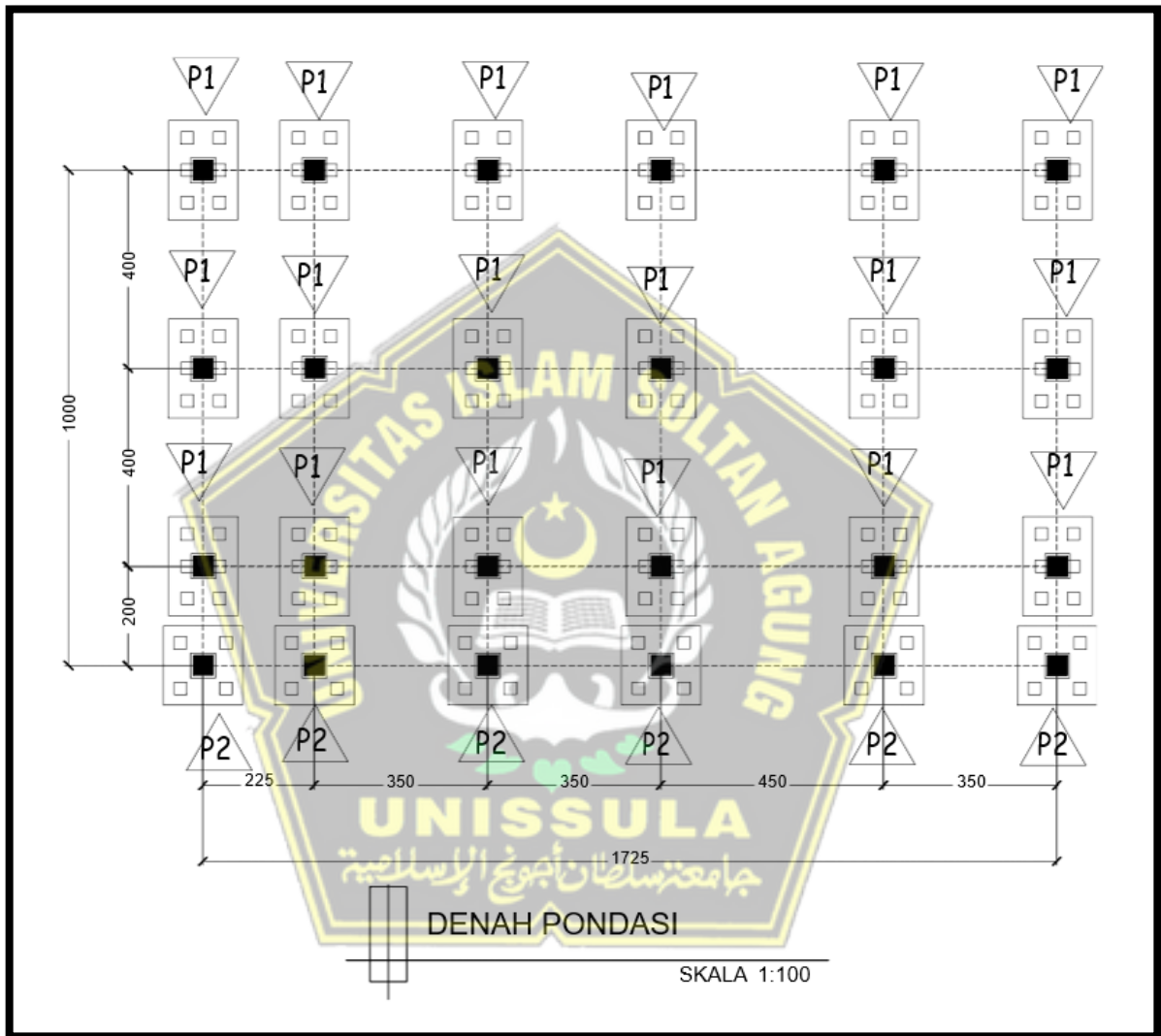
NO	NAMA BAHAN	MUTU
1	BETON STRUKTUR	K-250
2	BESI Ø<12	U-24
3	BESI D>12	U-32

DETAIL P2
SKALA 1 : 20

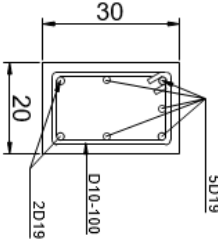
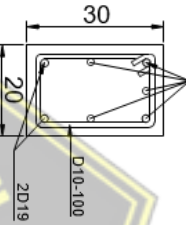
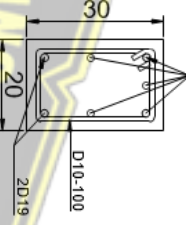


POTONGAN 02

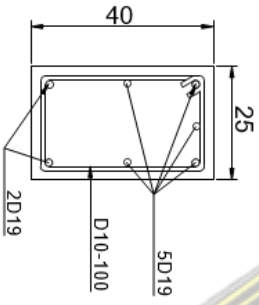
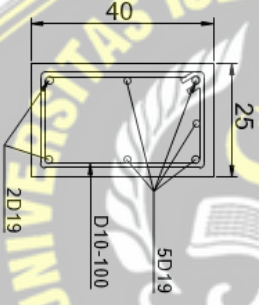
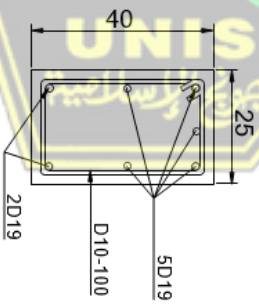
SKALA 1:100



DETAIL BALOK 1

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
		

DETAIL BALOK 2

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
		

DETAIL BALOK 1 DAN 2

SKALA 1:10



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 Yusuf Farid Analisa Gedung Pondok Addainurriyah
Assignment title: Tugas Takehome S2
Submission title: TA Yusuf Farid _ Analisa Gedung Pondok ADDAINURRIYAH 2
File name: TA_Yusuf_Farid__Analisa_Gedung_Pondok_ADDAINURRIYAH_...
File size: 4.38M
Page count: 193
Word count: 35,843
Character count: 189,658
Submission date: 04-Aug-2021 09:28PM (UTC+0800)
Submission ID: 1627680155



TA Yusuf Farid _ Analisa Gedung Pondok ADDAINURRIYAH 2

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

10%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

11%

★ Mas-Colell, Andreu. "Microeconomic Theory",
Oxford University Press
Publication

Exclude quotes

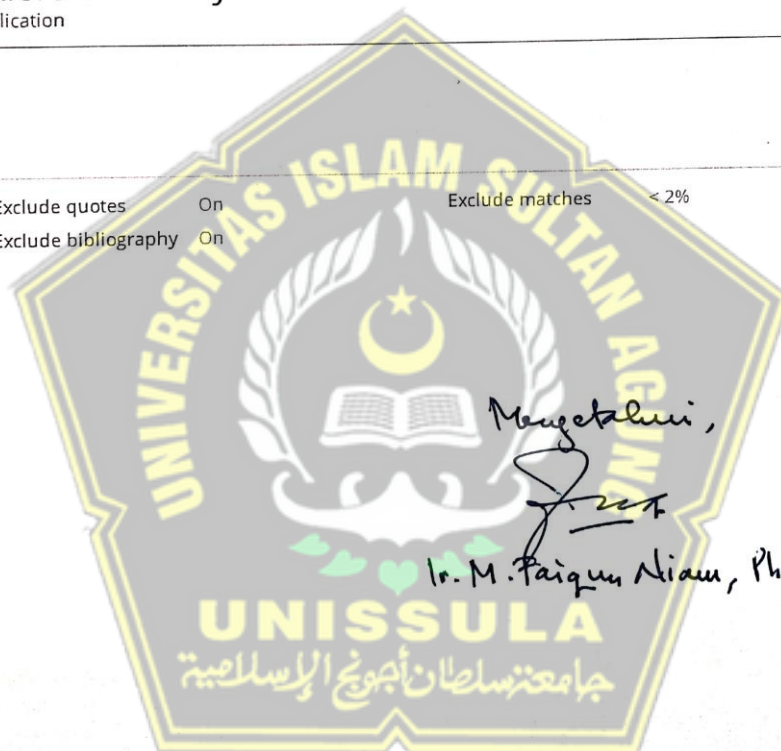
On

Exclude matches

< 2%

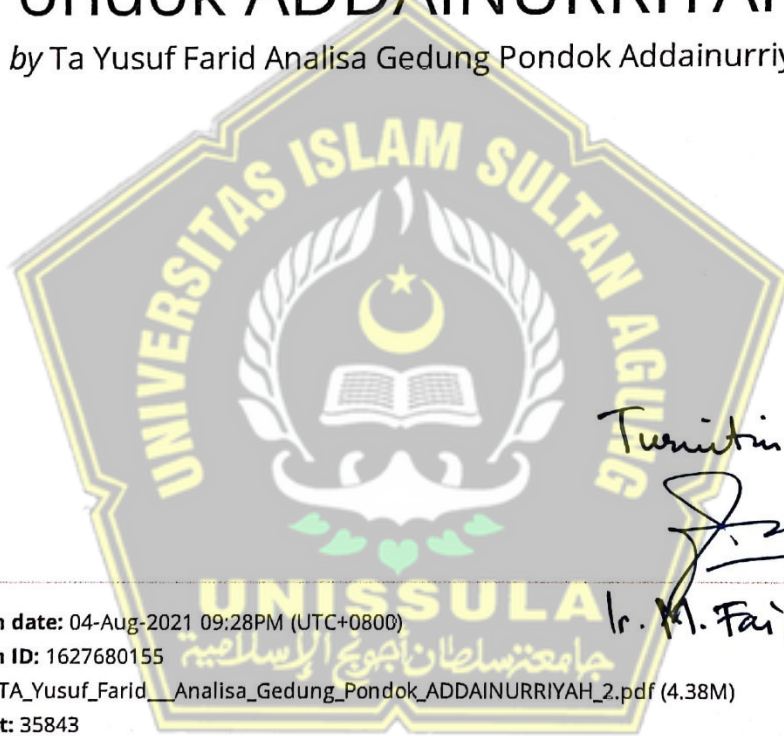
Exclude bibliography

On



TA Yusuf Farid _ Analisa Gedung Pondok ADDAINURRIYAH 2

by Ta Yusuf Farid Analisa Gedung Pondok Addainurriyah



Turnitin 5% .

Ir. M. Faizun Niam, Ph.D

Submission date: 04-Aug-2021 09:28PM (UTC+0800)

Submission ID: 1627680155

File name: TA_Yusuf_Farid_Analisa_Gedung_Pondok_ADDAINURRIYAH_2.pdf (4.38M)

Word count: 35843

Character count: 189658



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 : 45 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Rabu Tanggal 28 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Muhammad Yusuf Khanafi	30201700117
2 Nama	Muhammad Faris Mahasin	30201700122

Judul TA Redesain Struktur Atas Bangunan Tahan Gempa Gedung Pondok Pesantren Addainuriyyah

Dengan Hasil

Dapat ditandatangani ds
Pembimbing

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan penggunaan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. H. Sumirin, MS

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

Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar, ST, M. Eng



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 : 45 /A.3 / SA - T / VII / 2021
Lampiran :
Perihal : Undangan

Kepada Yth : Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb
Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 28 Juli 2021
Jam : 15.30 WIB
Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik
Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir
Muhammad Yusuf Khanafi
Muhammad Faris Mahasin

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.
Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil


M Rusli Ahyar, ST, M. Eng
NIK. 210216089





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 : 45 /A.3 / SA - T / VII / 2021

Lampiran :

Perihal : Undangan

Kepada Yth : Bapak Ir. M Faiqun Ni'am,MT,Ph.D
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 28 Juli 2021

Jam : 15.30 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Muhammad Yusuf Khanafi

Muhammad Faris Mahasin

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 28 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST.M.Eng

NIK. 210216089





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp. (024) 6581584 (d. 5ali) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
15.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Redesain Struktur Atas Bangunan Tahan Gempa Gedung Pondok Pesantren Addainuriyyah

1	Muhammad Yusuf Khanafi	30201700117	1	
2	Muhammad Faris Mahasin	30201700122	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Ir. H. Sumirin, MS	
2	Ir. M Faiqun Ni'am, MT, Ph.D	
3	Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D	

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahya, ST, M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp: (024) 6581584 (8 Sal) Fax: (024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web: www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari : Rabu, 28 Juli 2021
Tanggal : 28 Juli 2021
Tempat :

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1	Irsan Aldi	30201700086	1
2	M. Fadli R.	30201700105	2
3	Khoulid Anwar	30201700093	3
4			4
5			5
6			6
7			7
8			8
9			9
10			10
11			11
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20

MENGETAHUI

DOSEN PENGUJI

DOSEN PENGUJI

D.R. J.R. H. Sumir, M.S.

J.R. M. Fathun Nisow, MT, Ph.D.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (H. Sat) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : M. Yusuf Khonofi (30201700117) / M. Farid Mahosin (30201700122)
Hari / Tanggal : 28 Juli 2021
Judul TA :
:

NO	
1	- Perbaiki Dimensi balok dan kolom - Perbaiki Penulisan
2	Kasih Sumber yang sesuai
3	
4	
5	

DOSEN PENGUJI

Dr. H. Samirin, MS



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kalipare Km 4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584-85 Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
15.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Redesain Struktur Atas Bangunan Tahan Gempa Gedung Pondok Pesantren Addainuriyyah

0

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

1	Muhammad Yusuf Khanafi	30201700117	1	
2	Muhammad Faris Mahasin	30201700122	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Ir. H. Sumirin, MS	
2	Ir. M Faiqun Ni'am, MT, Ph.D	

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyan, ST, M, Eng
NIK. 210216089



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 : 45 /A.3 / SA - T / VII / 2021
Lampiran :
Perihal : **Undangan**

Kepada Yth : Bapak Dr. Ir. H. Sumirin,MS
Di - Tempat

Assalamu'alaikum Wr Wb

Mengharap dengan sangat atas kehadiran Bapak / Ibu pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 28 Juli 2021

Jam : 15.30 WIB

Tempat : Ruang Seminar Lantai 2 Fakultas Teknik

Acara : Menguji Seminar Tugas Akhir

Muhammad Yusuf Khanafi

Muhammad Faris Mahasin

Demikian disampaikan atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 28 Juli 2021

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

NIK. 210216089



LEMBAR ASISTENSI



TUGAS : Tugas Akhir

NAMA :Muhamad Yusuf Khanafi (30201700117)

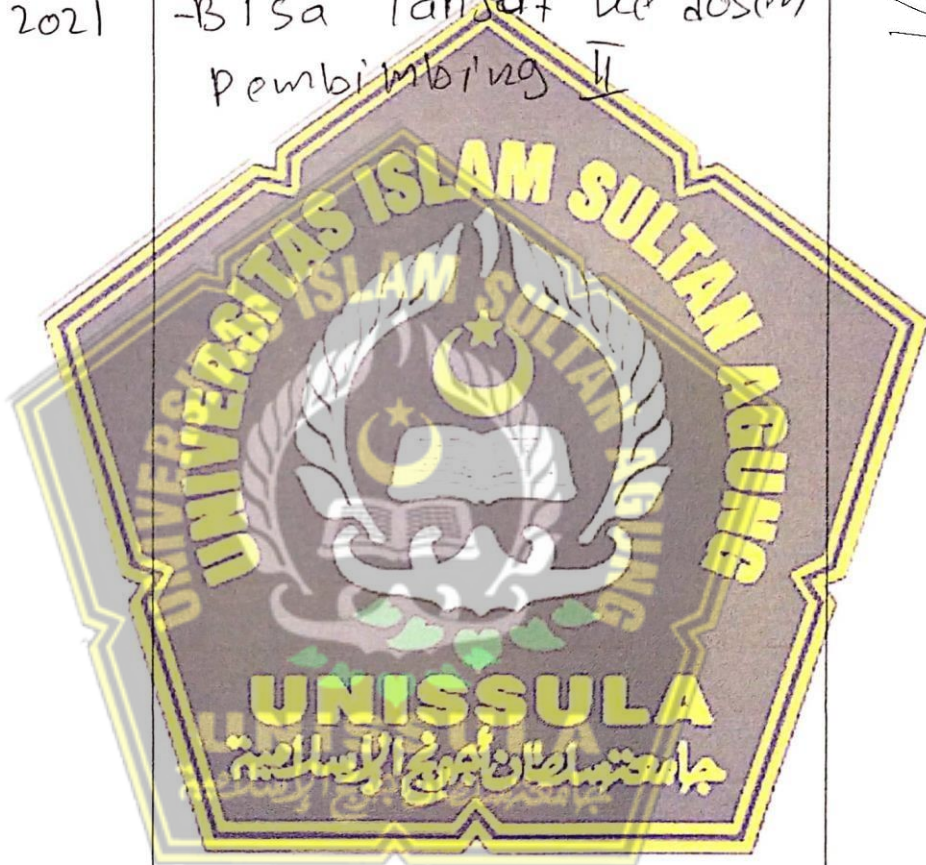
Muhammad Farid Mahasin (30201700122)

DOSEN : 1.Dr.Ir.H.Sumirin,Ms

2.Ir.Moh Faiqun Ni'am,Mt.,Ph.D

NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1	15/03 2021	- Pengarahan untuk mengerjakan laporan tugas akhir	
2	31/03 2021	- Pengarahan per modelan etab untuk proses pengesahan dan revisi	
3	22/04 2021	- Pengarahan excel dan per modelan etab - Pengarahan bab	
4	27/05 2021	- Melanjutkan laporan dengan perhitungan di ms.word	

NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
5	10/06 2021	- Pengorekuan Permodelan #top - lanjut word	
6.	05/07 2021	- Bisa lanjut ke dosen pembimbing II	



LEMBAR ASISTENSI



Nama : **Muhamad Yusuf Khanafi (30201700117)**
Muhammad Farid Mahasin (30201700122)
 Tugas : Tugas Akhir
 Dosen : 1. Dr. Ir. H. Sumirin, Ms
 2. Ir. Moh Faiqun Ni'am, Mt, Ph.D

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	12/04 2021	- Perbanyak literatur review - Pelajari panduan/pedoman penulisan TA no urut ke prodi TS - Penghap surat administrasi	
2.	15/07 2021	- Check kejuruan dg Daftar Pustaka - Tugaskan dan simpulan hrs sesuai/selaras	
3.	21/07 2021	- Disetujui oleh seminar hasil / TA	