TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BEBAN GEMPA TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT BERDASARKAN SNI 1726-2012 DAN SNI 1726-2019 (*ANALYSIS OF EARTHQUAKE LOADS MODIFICATION EFFECT TO A MULTI-STOREY BUILDING STRUCTURE BEHAVIOR BASED ON SNI 1726-2012 AND SNI 1726-2019*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Muhammad Rif'at Fadhila
14511329

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BEBAN GEMPA TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT BERDASARKAN SNI 1726-2012 DAN SNI 1726-2019 (*ANALYSIS OF EARTHQUAKE LOADS MODIFICATION EFFECT TO A MULTI-STOREY BUILDING STRUCTURE BEHAVIOR BASED ON SNI 1726-2012 AND SNI 1726-2019*)

Disusun oleh

Muhammad Rif'at Fadhila
14511329

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal: 22 Desember 2021

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.	**Hariadi Yulianto, S.T., M.Eng.**	**Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.**
NIK: 165111301	**NIK: 155111305**	**NIK: 185111304**

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 23 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Rif'at Fadhila

(14511329)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alaamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Perilaku Struktur Bangunan Bertingkat Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengalami banyak hambatan, namun berkat saran, kritik, doa, dukungan, dan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih tak terhingga kepada:

1. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan nasihat, dukungan, dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Selaku Dosen Penguji I,
3. Selaku Dosen Penguji II,
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta yang telah memberikan ilmu dan wawasan selama masa perkuliahan penulis,
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis meminta maaf kepada semua pihak yang

merasa kurang berkenan akan Tugas Akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, Desember 2021

Penulis,

Muhammad Rif'at Fadhila

14511329

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvi
ABSTRAK xix
ABSTRACT xx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Penelitian – Penelitian Terdahulu 6
2.2 Posisi Penelitian 8
2.3 Keaslian Penelitian 10
BAB III LANDASAN TEORI 11
3.1 Gempa Bumi 11
3.2 Bangunan Tahan Gempa 12
3.3 Klasifikasi Bangunan Beraturan 12
3.4 Beban Gravitasi 16
3.4.1 Beban Mati 16
3.4.2 Beban Hidup 17
3.5 Perbedaan Analisis Beban Gempa SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 18
3.5.1 Penentuan Gempa Rencana dan Kategori Gedung 18
3.5.2 Penentuan Wilayah Gempa 20

3.5.3 Penentuan Respons Spektrum Gempa Rencana 22
3.5.4 Waktu Getar Alami Fundamental 30
3.5.5 Koefisien Modifikasi Respons 31
3.5.6 Gaya Geser Dasar Gempa dan Beban Lateral Gempa 31
3.5.7 Distribusi Vertikal Gaya Lateral Gempa (F_x) 33
3.6 Perilaku Struktur 33
BAB IV METODE PENELITIAN 36
4.1 Lokasi dan Objek Penelitian 36
4.2 Data Penelitian 36
4.3 Pemodelan Struktur 38
4.4 Program yang Digunakan 39
4.5 Tahapan Penelitian 39
4.6 Bagan Alir Penelitian 41
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 43
5.1 Konfigurasi Bangunan 43
5.2 Perhitungan Beban Gravitasi 43
5.2.1 Beban Mati 43
5.2.2 Beban Hidup 59
5.2.3 Berat Seismik Efektif Bangunan (Wt) 60
5.3 Perhitungan Beban Gempa SNI 1726-2012 61
5.4 Perhitungan Beban Gempa SNI 1726-2019 72
5.5 Perbandingan Parameter Percepatan Respons Spektrum, Gaya Geser, dan Gaya Lateral Vertikal 82
5.6 Analisis Beban Gempa Respons Spektrum 85
5.6.1 Kontrol Jumlah Ragam 86
5.6.2 Kontrol Nilai Gaya Geser Dasar 87
5.7 Klasifikasi Ketidakberaturan Struktur 90
5.7.1 Ketidakberaturan Struktur Berdasarkan SNI 1726-2012 90
5.7.2 Ketidakberaturan Struktur Berdasarkan SNI 1726-2019 95
5.8 Perbandingan Perilaku Struktur 99
5.8.1 Perbandingan Simpangan Akibat Beban Statik Ekuivalen 99
5.8.2 Perbandingan Simpangan Akibat Beban Respons Spektrum 103
5.8.3 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Statik Ekuivalen 107

5.8.4 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 115
5.8.5 Perbandingan *Drift Ratio* Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen 126
5.8.6 Perbandingan *Drift Ratio* Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 127
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 132
6.1 Kesimpulan 132
6.2 Saran 134
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang Akan Dilakukan	8
Tabel 3.1	Ketidakberaturan Horizontal (SNI 1726-2012)	13
Tabel 3.2	Ketidakberaturan Vertikal (SNI 1726-2012)	13
Tabel 3.3	Ketidakberaturan Horizontal (SNI 1726-2019)	15
Tabel 3.4	Ketidakberaturan Vertikal (SNI 1726-2019)	15
Tabel 3.5	Beban Mati Berdasarkan SNI 1727-2013	17
Tabel 3.6	Beban Mati Berdasarkan SNI 1727-2020	17
Tabel 3.7	Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2013	18
Tabel 3.8	Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020	18
Tabel 3.9	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	19
Tabel 3.10	Faktor Keutamaan Gempa	20
Tabel 3.11	Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2012)	23
Tabel 3.12	Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2012)	23
Tabel 3.13	Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2019)	24
Tabel 3.14	Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2019)	24
Tabel 3.15	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	30
Tabel 3.16	Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	31
Tabel 3.17	Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	31
Tabel 3.18	Simpangan antar Tingkat Izin $(\Delta_a)^a$	34
Tabel 4.1	Tipe, Dimensi, dan Tulangan Kolom	37
Tabel 4.2	Tipe, Dimensi, dan Tulangan Balok	38
Tabel 4.3	Tipe dan Dimensi Pelat	38
Tabel 5.1	Tinggi dan Elevasi Lantai Gedung Rusunawa Mahasiswi UII	43
Tabel 5.2	Beban Mati pada Pelat Lantai Tipikal	44
Tabel 5.3	Beban Mati pada Pelat Atap (*Rooftank*)	45
Tabel 5.4	Beban Mati pada Pelat Selasar Atap	45
Tabel 5.5	Berat Pelat Lantai	45
Tabel 5.6	Berat Pelat Atap (*Rooftank*)	46
Tabel 5.7	Rekapitulasi Berat Pelat Lantai dan Atap	46
Tabel 5.8	Berat Kolom pada Tingkat 1 (SNI 1727-2013)	47

Tabel 5.9 Berat Kolom pada Tingkat 1 (SNI 1727-2020) 47
Tabel 5.10 Rekapitulasi Berat Kolom 47
Tabel 5.11 Berat Balok pada Tingkat 1 (SNI 1727-2013) 48
Tabel 5.12 Berat Balok pada Tingkat 1 (SNI 1727-2020) 48
Tabel 5.13 Rekapitulasi Berat Balok 49
Tabel 5.14 Berat Dinding pada Tingkat 1 50
Tabel 5.15 Rekapitulasi Berat Dinding 52
Tabel 5.16 Beban Mati Penutup Atap 53
Tabel 5.17 Beban Mati Plafon 53
Tabel 5.18 Beban Hidup Atap 54
Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Reaksi Tumpuan Atap 55
Tabel 5.20 Beban Mati Pelat Tangga 58
Tabel 5.21 Beban Mati Bordes 58
Tabel 5.22 Beban Mati pada Tangga 58
Tabel 5.23 Beban *Shearwall* 59
Tabel 5.24 Berat Pelat Lantai Akibat Beban Hidup 59
Tabel 5.25 Berat Pelat Atap Rooftank Akibat Beban Hidup 60
Tabel 5.26 Berat Tangga Akibat Beban Hidup 60
Tabel 5.27 Berat Seismik Efektif SNI 1727-2013 60
Tabel 5.28 Berat Seismik Efektif SNI 1727-2020 61
Tabel 5.29 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2012 65
Tabel 5.30 Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2012) 69
Tabel 5.31 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2019 75
Tabel 5.32 Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2019) 80
Tabel 5.33 Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019 84
Tabel 5.34 Rekapitulasi Partisipasi Massa 85
Tabel 5.35 Kontrol Gaya Geser Dasar Respons Spektrum SNI 1726-2012 86
Tabel 5.36 Kontrol Gaya Geser Dasar Akhir Respons Spektrum SNI 1726-2012 87
Tabel 5.37 Kontrol Gaya Geser Dasar Respons Spektrum SNI 1726-2019 87
Tabel 5.38 Kontrol Gaya Geser Dasar Akhir Respons Spektrum SNI 1726-2019 88
Tabel 5.39 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah X (SNI 1726-2012) 90

Tabel 5.40 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah Y (SNI 1726-2012) 91
Tabel 5.41 Rasio Bukaan Struktur Gedung 92
Tabel 5.42 Kontrol Kekakuan Lateral Arah X (SNI 1726-2012) 92
Tabel 5.43 Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2012) 92
Tabel 5.44 Kontrol Berat Bangunan (SNI 1726-2012) 93
Tabel 5.45 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah X (SNI 1726-2019) 95
Tabel 5.46 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah Y (SNI 1726-2019) 96
Tabel 5.47 Kontrol Kekakuan Lateral Arah X (SNI 1726-2019) 96
Tabel 5.48 Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2019) 97
Tabel 5.49 Kontrol Berat Bangunan (SNI 1726-2019) 97
Tabel 5.50 Rekapitulasi Nilai Simpangan Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah X & Y 99
Tabel 5.51 Rekapitulasi Nilai Simpangan Akibat Beban Gempa Respons Spektrum Arah X & Y 103
Tabel 5.52 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Statik Ekuivalen (SNI 1726-2012) 107
Tabel 5.53 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Statik Ekuivalen (SNI 1726-2012) 108
Tabel 5.54 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Statik Ekuivalen (SNI 1726-2019) 110
Tabel 5.55 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Statik Ekuivalen (SNI 1726-2019) 111
Tabel 5.56 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2012) 114
Tabel 5.57 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2012) 115
Tabel 5.58 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2019) 116
Tabel 5.59 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2019) 117
Tabel 5.60 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen pada Arah X 121

Tabel 5.61 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen pada Arah Y 122
Tabel 5.62 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum pada Arah X 123
Tabel 5.63 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum pada Arah Y 124
Tabel 5.64 Perbandingan Drift Ratio Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen 126
Tabel 5.65 Perbandingan Drift Ratio Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 126
Tabel 5.66 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 0,2 Detik, Ss (SNI 1726-2012)	21
Gambar 3.2	Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 1,0 Detik, S_1 (SNI 1726-2012)	21
Gambar 3.3	Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 0,2 Detik, Ss (SNI 1726-2019)	22
Gambar 3.4	Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 1,0 Detik, S_1 (SNI 1726-2019)	22
Gambar 3.5	Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 0,2 Detik, C_{RS} (SNI 1726-2012)	25
Gambar 3.6	Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 1,0 Detik, C_{R1} (SNI 1726-2012)	25
Gambar 3.7	Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 0,2 Detik, C_{RS} (SNI 1726-2019)	26
Gambar 3.8	Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 1,0 Detik, C_{R1} (SNI 1726-2019)	26
Gambar 3.9	Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia, T_L (SNI 1726-2019)	28
Gambar 3.10	Spektrum Respons Desain (SNI 1726-2012)	29
Gambar 3.11	Spektrum Respons Desain (SNI 1726-2019)	29
Gambar 3.12	Penentuan Simpangan antar Tingkat	35
Gambar 4.1	Detail Lokasi Penelitian	36
Gambar 4.2	Pemodelan Struktur 3D Menggunakan Program *SAP2000*	38
Gambar 4.3	Denah Struktur Gedung Rusunawa UII	39
Gambar 4.4	Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 5.1	Pembagian Berat pada Setiap Tingkat	44
Gambar 5.2	Detail Potongan Kuda-kuda	52
Gambar 5.3	Beban Mati Penutup Atap (kN)	54
Gambar 5.4	Beban Mati Plafon (kN)	55
Gambar 5.5	Beban Hidup Atap (kN)	55
Gambar 5.6	Tinggi Vertikal Tangga	57

Gambar 5.7	Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2012	65
Gambar 5.8	Perbandingan Periode Fundamental Struktur (T)	67
Gambar 5.9	Pendefinisian Gaya Gempa Lateral	70
Gambar 5.10	*User Seismic Loads* EQX (SNI 1726-2012)	70
Gambar 5.11	*User Seismic Loads* EQY (SNI 1726-2012)	71
Gambar 5.12	Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2019	76
Gambar 5.13	Perbandingan Periode Fundamental Struktur (T)	77
Gambar 5.14	*User Seismic Loads* EQX (SNI 1726-2019)	80
Gambar 5.15	*User Seismic Loads* EQY (SNI 1726-2019)	81
Gambar 5.16	Perbandingan Percepatan Respons Spektrum 2012 dan 2019	82
Gambar 5.17	Perbandingan Gaya Geser Dasar 2012 dan 2019	83
Gambar 5.18	Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019	84
Gambar 5.19	*Joint* yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi	89
Gambar 5.20	*Joint* yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi	94
Gambar 5.21	Tampak Atas *Joint* yang Ditinjau	98
Gambar 5.22	Perbandingan Simpangan *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Statik	100
Gambar 5.23	Perbandingan Simpangan *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Statik	100
Gambar 5.24	Perbandingan Simpangan *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Statik	101
Gambar 5.25	Perbandingan Simpangan *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Statik	101
Gambar 5.26	Perbandingan Simpangan *Joint* 92/73 Akibat Beban Gempa Statik	102
Gambar 5.27	Perbandingan Simpangan *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum	104
Gambar 5.28	Perbandingan Simpangan *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum	104
Gambar 5.29	Perbandingan Simpangan *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum	105
Gambar 5.30	Perbandingan Simpangan *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum	105
Gambar 5.31	Perbandingan Simpangan *Joint* 92/73 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum	106
Gambar 5.32	Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Statik	112

Gambar 5.33 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Statik 112
Gambar 5.34 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Statik 113
Gambar 5.35 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Statik 113
Gambar 5.36 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 92/73 Akibat Beban Gempa Statik 114
Gambar 5.37 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 119
Gambar 5.38 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 119
Gambar 5.39 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 120
Gambar 5.40 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 120
Gambar 5.41 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Joint 92/73 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum 121

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_m = Koefisien percepatan respons maksimum pada spektrum respons gempa rencana

A_o = Koefisien percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh gempa rencana

A_r = Pembilang dalam persamaan faktor respons gempa C pada spektrum respons gempa rencana

ATC = *Applied Technology Council*

C = Faktor respons gempa yang dinyatakan dalam percepatan gravitasi

C_a = Percepatan tanah puncak

C_d = Faktor amplifikasi defleksi

C_{RS} = Koefisien risiko spesifik situs pada periode pendek

C_{R1} = Koefisien risiko spesifik situs pada periode 1 detik

C_s = Koefisien respons gempa

C_v = Nilai koefisien gempa

C_1 = Nilai faktor respons gempa yang didapat dari spektrum respons gempa rencana untuk waktu getar alami fundamental struktur

D = Beban mati

d_i = Simpangan horizontal tingkat i akibat beban gempa nomina statik ekuivalen

F_a = Koefisien situs untuk periode pendek

FEMA = *Federal Emergency Management Agency*

F_v = Koefisien situs untuk periode 1 detik

F_i = Beban lateral yang didistribusikan pada taraf tingkat ke-i struktur gedung

f'c = Kekuatan tekan beton yang dipakai (MPa)

fy = Kekuatan leleh tulangan yang dipakai (MPa)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

H = Tinggi bangunan

h_n	=	Tinggi total bangunan
h_i	=	Tinggi tingkat ke-i
I	=	Faktor keutamaan gedung
k	=	Eksponen yang terkait dengan periode struktur
L	=	Pengaruh beban hidup
R	=	Faktor reduksi gempa atau koefisien modifikasi respons
S_{DS}	=	Percepatan spektrum respons desain periode pendek
S_{D1}	=	Percepatan spektrum respons desain periode 1 detik
S_{DSr}	=	Percepatan spektrum respons desain periode pendek terkoreksi
S_{D1r}	=	Percepatan spektrum respons desain periode 1 detik terkoreksi
S_{MS}	=	Parameter percepatan respons spektral periode pendek
S_{M1}	=	Parameter percepatan respons spektral periode 1 detik
S_S	=	Parameter percepatan respons spektral dari peta gempa pada periode pendek
S_1	=	Parameter percepatan respons spektral dari peta gempa pada periode 1 detik
T	=	Waktu getar alami struktur (detik) yang menentukan besarnya faktor respons gempa
T_{eff}	=	Waktu getar efektif hasil *pushover*
T_i	=	Waktu getar alami fundamental struktur gedung (detik)
T_c	=	Waktu getar hasil analisis program (detik)
T_s	=	Waktu getar alami sudut, merupakan waktu getar alami pada titik perubahan diagram C dari garis datar menjadi kurva hiperbola pada spektrum respons gempa rencana
T_1	=	Periode fundamental struktur yang dipakai (detik)
V	=	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh gempa rencana yang dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung
V_n	=	Beban gempa pengaruh gempa rencana pada saat struktur terjadi pelelehan pertama

W_i	=	Berat lantai tingkat ke-i struktur gedung, termasuk beban hidup yang sesuai
W_t	=	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai
δ (delta)	=	Simpangan struktur gedung
δ_{avg}	=	Simpangan rata-rata antara dua titik terjauh
δ_{max}	=	Simpangan maksimum yang ditentukan dari dua titik yang ditinjau
δ_m	=	Simpangan maksimum struktur akibat pengaruh gempa rencana saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan
δ_y	=	Simpangan struktur akibat pengaruh gempa rencana saat terjadi pelelehan pertama
β_{eff}	=	Perhitungan redaman viskous efektif
Δ (delta)	=	Simpangan antar tingkat desain
Δ_a	=	Simpangan antar tingkat izin
ζ (zeta)	=	Koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur
ξ (ksi)	=	Faktor pengali simpangan struktur akibat pengaruh gempa rencana

ABSTRAK

Gempa bumi merupakan peristiwa getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Ada banyak akibat yang ditimbulkan oleh gempa bumi salah satunya adalah keruntuhan bangunan yang apabila terdapat manusia di dalam bangunan tersebut maka akan menimbulkan korban jiwa. Salah satu bukti nyata kerusakaan yang ditimbulkan bencana ini adalah peristiwa gempa bumi pada tanggal 27 Mei 2006 yang melanda Daerah Istimewa Yogyakarta. Gempa berkekuatan 5,9 Magnitude ini mengakibatkan banyak korban jiwa dan kerusakaan bangunan tempat tinggal maupun bangunan fasilitas umum. Hingga saat ini, waktu kedatangan gempa sendiri belum dapat ditentukan. Oleh karena itu perlu adanya penelitian dan analisis lebih lanjut mengenai perilaku dinamik struktur bangunan. Hal tersebut menjadi salah satu faktor perbaikan peraturan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non-gedung, dari SNI 1726-2012 menjadi SNI 1726-2019. Umumnya struktur gedung direncanakan sesuai dengan peta gempa yang berlaku pada saat itu. Gedung tersebut diharapkan dapat berdiri kokoh dalam kurun waktu yang cukup lama. Tetapi, nilai percepatan batuan dasar selalu berubah setiap tahunnya sehingga peta gempa akan selalu mengalami pembaruan. Hal ini tentu menjadi kekhawatiran tersendiri bagi penghuni apakah gedung mampu bertahan dari gempa atau tidak di kemudian hari. Berdasarkan uraian tersebut, Gedung Rusunawa Mahasiswi Universitas Islam Indonesia (UII) yang direncanakan menggunakan SNI 1726-2002 perlu dikaji lebih lanjut terkait perilaku strukturnya.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode statik ekuivalen dan respons spektrum sesuai peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Pemodelan struktur bangunan dilakukan dengan bantuan program *SAP2000 v.22*. Tujuannya adalah untuk meneliti perbandingan perilaku struktur berupa simpangan, simpangan antar tingkat, dan rasio simpangan gedung.

Hasil penelitian menunjukkan perilaku struktur berupa simpangan, simpangan antar tingkat, dan rasio simpangan akibat beban gempa statik dan respons spektrum, baik dalam arah x maupun arah y menurut SNI 1726-2019 memiliki nilai yang lebih besar daripada SNI 1726-2012.

Kata kunci: perlikau struktur, simpangan antar tingkat, rasio simpangan

ABSTRACT

An earthquake is a vibration event that occurs on the earth's surface due to the sudden release of energy from within that creates seismic waves. There are many consequences caused by earthquakes, one of which is the collapse of buildings which if there are humans in the building it will cause casualties. One of the clear evidences of the damage caused by this disaster was the earthquake on May 27th 2006 that hit the Special Region of Yogyakarta. This 5.9 magnitude earthquake resulted in many casualties and damage to residential buildings and public facilities. Until now, the time of the earthquake's arrival has not been determined. Therefore, there is a need for further research and analysis on the dynamic behavior of building structures. This has become one of the factors for improving earthquake resistance regulations for building and non-building structures, from SNI 1726-2012 to SNI 1726-2019. A building structure is commonly designed according to the hazard map prevailing at that time. The building is expected to stand strong for a long period of time. However, the value of bedrock acceleration changes every year, so the hazard map will always be updated. This is certainly a concern for residents whether the building can withstand an earthquake or not in the future. Based on this description, the Islamic University of Indonesia (UII) Rusunawa Building which designed using SNI 1726-2002 needs to be studied further regarding its structural behavior.

This research was conducted using static equivalent and response spectrum analysis according to the regulations of SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019. The building structure was modelled using SAP2000 v.22 program. The research purpose are to examine the comparison of structural behavior in the form of displacement, story drift, and drift ratio of the building.

The results showed that the structural behavior in the form of displacement, story drift, and drift ratio due to equicalent static loads and spectrum respons, both in the x direction and in the y direction has greater value according to SNI 1726-2019 compared to SNI 1726-2012.

***Keywords**: structure behavior, story drift, drift ratio*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia memiliki kondisi geologis yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama di dunia yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Selain itu, pada bagian Selatan dan Timur Indonesia terdapat sabuk vulkanik yang memanjang dari pulau Sumatera – Jawa – Nusa Tenggara – Sulawesi. Kondisi ini menyebabkan Indonesia sangat berpotensi sekaligus rawan terhadap bencana salah satunya adalah bencana gempa bumi.

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Ada banyak akibat yang ditimbulkan oleh gempa bumi salah satunya adalah keruntuhan bangunan yang apabila terdapat manusia di dalam bangunan tersebut maka akan menimbulkan korban jiwa. Salah satu bukti nyata kerusakaan yang ditimbulkan bencana ini adalah peristiwa gempa bumi pada tanggal 27 Mei 2006 yang melanda Daerah Istimewa Yogyakarta. Gempa berkekuatan 5,9 *Magnitude* ini mengakibatkan banyak korban jiwa dan kerusakaan bangunan tempat tinggal maupun bangunan fasilitas umum. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat setidaknya 4.710 korban meninggal dan hilang serta 20.288 korban luka-luka. Sebanyak 95.903 unit rumah rusak berat dan 107.019 unit rusak ringan. Selain itu, 265 unit fasilitas kesehatan, 1.180 unit fasilitas peribadatan dan 2.378 unit fasilitas pendidikan juga mengalami kerusakan.

Keruntuhan dan kerusakan bangunan yang terjadi tidak serta merta disebabkan oleh gempa bumi, hal tersebut juga dipicu oleh kekuatan bangunan yang lemah terutama pada bagian struktur sehingga bangunan tidak mampu menahan beban gempa yang terjadi. Hingga saat ini, waktu kedatangan gempa sendiri belum dapat ditentukan. Oleh karena itu perlu adanya penelitian dan analisis lebih lanjut

mengenai perilaku dinamik struktur bangunan, sehingga tidak menimbulkan kerugian yang besar, baik secara materi maupun nonmateri.

Dewobroto (2006) menyatakan bangunan yang berada dalam zona gempa tertentu perlu didesain tahan gempa mengingat kondisi Indonesia yang berada dalam wilayah gempa dengan intensitas kejadian yang cukup tinggi dan teridentifikasinya sesar-sesar aktif dengan jumlah yang cukup signifikan. Oleh karena itu, dalam mendesain bangunan disyaratkan untuk mengikuti peraturan yang sudah ditetapkan. Peraturan yang umumnya digunakan saat ini adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2012 yang mengatur mengenai ketahanan gedung terhadap gempa. Namun pada tahun 2019, Badan Standardisasi Indonesia (BSN) melakukan pembaruan terhadap peraturan ini menjadi SNI 1726-2019. Hampir seluruh bangunan di Indonesia masih didesain dan dibangun menggunakan peraturan yang lama. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap peraturan yang berlaku saat ini (SNI 1726-2019) yang menetapkan prosedur perhitungan gaya geser dasar seismik yang berbeda dengan peraturan lama.

Penelitian ini difokuskan untuk melakukan evaluasi perilaku struktur pada struktur bangunan gedung yang sudah berdiri (kondisi eksisting) dari Gedung Rusunawa Universitas Islam Indonesia (UII). Data terkait ukuran struktur hingga material struktur berdasarkan data yang diperoleh berupa *as built drawing*. Gedung ini perlu dikaji perilakunya karena peraturan beban gempa yang digunakan pada saat perencanaannya masih menggunakan peraturan lama, yaitu SNI 1726-2002. Hal ini tentu menjadi kekhawatiran tersendiri bagi penghuninya, apakah gedung akan mampu bertahan dari gempa atau tidak di kemudian hari. Oleh karena itu, Ramona Fitri (2020) telah melakukan penelitian terhadap perilaku struktur akibat perubahan beban gempa berdasarkan peraturan SNI 1726-2012. Selanjutnya pada penelitian kali ini akan dilakukan pengkajian kembali menggunakan pertauran SNI 1726-2019 untuk membandingkan perilaku struktur akibat perubahan beban gempa. Hal ini penting untuk dilakukan sebagai langkah antisipasi dan mitigasi terhadap gempa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar gedung Rusunawa UII?
2. Bagaimana perbandingan perilaku struktur, seperti simpangan (*displacement*), simpangan antar tingkat (*drift*), dan rasio simpangan antar tingkat (*drift ratio*) akibat beban gempa statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019?
3. Bagaimana perbandingan perilaku struktur, seperti simpangan (*displacement*), simpangan antar tingkat (*drift*), dan rasio simpangan antar tingkat (*drift ratio*) akibat beban gempa dinamik respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan di atas, maka penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut ini.

1. Mengetahui pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar gedung Rusunawa UII.
2. Mengetahui perbandingan perilaku struktur, seperti simpangan (*displacement*), simpangan antar tingkat (*drift*), dan rasio simpangan antar tingkat (*drift ratio*) akibat beban gempa statik ekivalen berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.
3. Mengetahui perbandingan perilaku struktur, seperti simpangan (*displacement*), simpangan antar tingkat (*drift*), dan rasio simpangan antar tingkat (*drift ratio*) akibat beban gempa dinamik respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah disebutkan, penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan wawasan mengenai pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar,
2. Memberikan wawasan mengenai perilaku struktur bangunan beton bertulang terhadap gempa baik menggunakan metode statik ekuivalen maupun respons spektrum, dan
3. Menjadi refrensi perbandingan perilaku struktur berdasarkan batasan dari peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bangunan yang menjadi objek penelitian adalah Gedung Rusunawa Universitas Islam Indonesia,
2. Struktur gedung yang ditinjau hanya *upper structure*, sehingga elemen pondasi tidak diperhitungkan,
3. Fungsi bangunan adalah sebagai Asrama,
4. Jenis tanah diasumsikan sebagai tanah sedang,
5. Struktur gedung dimodelkan portal terbuka (*open frame*),
6. Pemodelan gedung secara 3D menggunakan program *SAP2000 v.22*,
7. Rangka atap dimodelkan terpisah secara 2D dengan beban gravitasi pada atap diteruskan sebagai beban titik pada tumpuan kuda-kuda (ring balok),
8. Beban yang diperhitungkan adalah beban gravitasi dan beban gempa dengan beban angin dan beban hujan diabaikan,
9. Tumpuan dimodelkan sebagai jepit (SNI 1726-2012) dan sendi (SNI 1726-2019) di muka tanah,
10. Balok dan kolom diasumsikan sebagai *frame*,
11. Balok dimodelkan sebagai balok persegi dengan inersia 0,35
12. Pelat lantai dimodelkan sebagai *shell-thin*,
13. *Shearwall* dimodelkan dan dihitung secara sederhana,
14. Beban gempa dinamik yang digunakan adalah beban gempa respons spektrum,
15. Analisis beban yang digunakan adalah analisis beban statik ekuivalen dan analisis respons spektrum,

16. Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019,
17. Peraturan yang digunakan yaitu:
    a. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727-2013
    b. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727-2020
    c. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012
    d. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2019
18. Tidak meninjau aspek ekonomis bangunan.
19. Tugas akhir ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Ramona Fitri dengan judul Perbandingan Perilaku dan Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian – Penelitian Terdahulu

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir, perlu adanya studi banding terhadap penelitian-penelitan sebelumnya, sebab dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Berikut merupakan penelitian – penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan Pustaka.

1. Dwi Kurniati (2018) telah melakukan penelitian yang berjudul Kajian Analisis *Pushover* untuk *Performance Based Design* pada Awana Condotel Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja tahanan gempa Awana Condotel Yogyakarta baik dari arah x maupun dari arah y, serta mengetahui bagaimana pola keruntuhan yang terjadi. Metode yang digunakan peneliti adalah metode *pushover* berdasarkan peraturan *Applied Technology Council* (ATC-40).

   Hasil yang didapat adalah untuk *push* arah x dengan gaya geser dasar sebesar 9948,877 kN diperoleh hasil kinerja struktur (*Performance Point*) dengan gaya geser sebesar 38025,437 kN; *displacement* (D_t) 0,061 m; redaman efektif (β_{eff}) 5,5%; dan waktu efektif (T_{eff}) 0,439 detik. Untuk *push* arah y dengan gaya geser dasar sebesar 9948,877 kN diperoleh hasil kinerja struktur (*Performance Point*) dengan gaya geser sebesar 24999,808 kN; *displacement* (D_t) 0,090 m; redaman efektif (β_{eff}) 6,5%; dan waktu efektif (T_{eff}) 0,700 detik. Hal ini menunjukkan bahwa gedung yang ditinjau termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).
2. Ramona Fitri (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul Kajian Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Lima Lantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan beban gempa terhadap percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar, perilaku struktur (simpangan dan simpangan antar lantai), serta level kinerja gedung.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan nilai percepatan respons spektrum, gaya geser dasar, perilaku struktur berupa simpangan dan simpangan antar lantai akibat beban gempa statik dan respons spektrum, baik dalam arah x maupun y menurut SNI 1726-2012 terhadap SNI 1726-2002. Selain itu, level kinerja gedung dengan SNI 03-1726-2002 arah x dan y adalah *Immediate Occupancy*. Sedangkan level kinerja gedung dengan SNI 03-1726-2012 arah x dan y adalah *Damage Control*.

3. Syahrizal Fahmianto (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul Evaluasi Level Kinerja Gedung SRPMK Bertingkat Menggunakan Metode *Pushover* Sesuai Peraturan Gempa SNI 03 1726 2012 dan Peraturan Gempa SNI 03 1726 2019. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui level kinerja gedung *The Batu Hotel and Villas* di Malang, Jawa Timur.

   Hasil yang didapat adalah nilai *Maximum Total Drift Ratio* pada kedua peraturan SNI (SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019) bernilai sama yaitu 0,004 m untuk arah x dan 0,006 m untuk arah y. Hal ini menunjukkan bahwa gedung dikategorikan pada level kinerja *Immediate Occupancy* (IO).

2.2 Posisi Penelitian

Berdasarkan tinjauan Pustaka dari beberapa penelitian dan Tugas Akhir terdahulu, dapat disimpulkan hasil pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang Akan Dilakukan

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi dan Fungsi Objek	Metode dan Peraturan	Parameter yang Diuji
1.	Kurniati (2018)	Kajian Analisis *Pushover* untuk *Performance Based Design* pada Awana Condotel Yogyakarta	• Mengevaluasi kinerja tahanan gempa • Mengetahui pola keruntuhan yang terjadi	Yogyakarta Hotel Kondisi Tanah Sedang	• Analisis *Pushover* berdasarkan peraturan ATC-40 (1996) • Peta Gempa 2017	Kurva kapasitas, level kinerja, dan sendi plastis elemen struktur
2.	Fitri (2020)	Kajian Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Lima Lantai	• Mengetahui perbandingan parameter gaya gempa, (respons spektrum dan gaya geser dasar) • Mengetahui perbandingan perilaku struktur simpangan antar lantai • Memperoleh hasil kurva kapasitas struktur gedung berdasarkan kedua peraturan ketahanan gempa yang ditinjau • Menentukan level kinerja struktur gedung	Yogyakarta Asrama Kondisi Tanah Sedang	• Metode statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum • Analisis *Pushover* metode *capacity spectrum* prosedur B sesuai ATC-40 • SKBI 1987, SNI 03-1726-2002, SNI 1726-2012, dan SNI 1727-2013 • ATC-40 (1996)	Respons spektrum, gaya geser dasar, kinerja struktur berupa simpangan antar lantai (*drift*), kurva kapasitas, dan level kinerja

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang Akan Dilakukan

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi dan Fungsi Objek	Metode dan Peraturan	Parameter yang Diuji
3.	Fahmianto (2020)	Evaluasi Level Kinerja Gedung SRPMK Bertingkat Menggunakan Metode *Pushover* Sesuai Peraturan Gempa SNI 03-1726-2012 dan Peraturan Gempa SNI 03-1726-2019	• Mengetahui level kinerja gedung	Malang Hotel	• Analisis *Pushover* berdasarkan peraturan ATC-40 (1996) • SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019	Kurva kapasitas dan level kinerja
4.	Penelitian yang akan dilakukan	Analisis Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Perilaku Struktur Bangunan Bertingkat Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019	• Mengetahui pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar • Mengetahui perbandingan perilaku simpangan, simpangan antar tingkat, dan rasio simpangan akibat beban gempa statik dan beban gempa dinamik	Yogyakarta Asrama Kondisi Tanah Sedang	• Metode statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum • SNI 1726-2012, SNI 1726-2019, SNI 1727-2013, dan SNI 1727-2020	Respons spektrum, gaya geser dasar, perilaku struktur berupa simpangan (*displacement*), simpangan antar lantai (*drift*), dan rasio simpangan (*drift ratio*)

Sumber: Kurniati (2018), Fitri (2020), Fahmianto (2020)

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang terangkum dalam Tabel 2.1, terdapat penelitian yang membahas tentang kinerja struktur gedung pada kondisi keruntuhan, kondisi plastis pertama dan kinerja struktur akibat perubahan beban gempa. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu, pengkajian struktur berupa perilaku struktur berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Adapun perbedaan lainnya adalah lokasi, gedung yang menjadi objek penelitian dan fungsinya, serta kondisi tanah objek penelitian.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah suatu getaran ataupun serentetan getaran yang terjadi dari kulit bumi yang memiliki sifat sementara (memiliki waktu awal dan waktu akhir yang jelas) yang kemudian getaran tersebut menyebar ke segala arah (Howel dan Mulyo, 2004).

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi, dimana energi tersebut merambat dari pusat gempa ke segala arah sehingga menyebabkan permukaan tanah menjadi bergetar (Pawirodikromo, 2012).

Berdasarkan penyebab terjadinya, gempa terbagi menjadi empat yaitu:

1. Gempa Tektonik (*Tectonic Earthquake*)

   Gempa tektonik adalah suatu gerakan tiba-tiba atau suatu rentetan gerakan tiba-tiba dari tanah dan bersifat *transient* yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah. Gempa jenis ini erat sekali hubungannya dengan aktivitas lempeng tektonik baik dalam skala regional maupun global.

2. Gempa Vulkanik (*Volcanic Earthquake*)

   Gempa ini terjadi akibat keluarnya magma panas ke atas permukaan tanah secara paksa sehingga menimbulkan ledakan. Getaran tanah yang ditimbulkan oleh proses ini menyerupai gempa bumi walaupun intensitasnya lebih kecil dari gempa tektonik.

3. Gempa Runtuhan (*Collapse Earthquake*)

   Gempa ini disebabkan oleh runtuhnya lapisan tanah baik runtuh di dalam gua ataupun akibat aktivitas pertambangan dalam batas tertentu sehingga mengakibatkan getaran pada tanah.

4. Gempa Ledakan (*Explosion Earthquake*)

   Gempa ini terjadi karena adanya ledakan yang sangat besar di dalam tanah, misalnya akibat percobaan nuklir di bawah tanah. Energi panas dan tekanan yang besar dari pusat ledakan merambat ke segala arah termasuk ke permukaan tanah sehingga menyebabkan kerusakan yang terjadi pada tanah.

3.2 Bangunan Tahan Gempa

Bangunan tahan gempa bukan berarti mencegah semua kerusakan bangunan bila terjadi gempa dengan skala besar, namun tujuan utama dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah mengurangi risiko timbulnya korban jiwa saat terjadi gempa. Selain itu, juga mengurangi semaksimal mungkin biaya yang harus dikeluarkan apabila harus melakukan perbaikan bangunan yang rusak akibat gempa.

Berikut ini merupakan prinsip-prinsip desain bangunan tahan gempa (Pawirodikromo, 2012):

1. Pada gempa kecil (*minor earthquake*) yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil pada elemen non struktur masih dapat ditoleransi.
2. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*) relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/retak ringan tetapi masih dapat diperbaiki. Elemen non struktur dapat saja rusak tetapi masih dapat diganti dengan yang baru.
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*) yang jarang terjadi, maka bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*totally collapse*).

3.3 Klasifikasi Bangunan Beraturan

Pada SNI 1726-2012, struktur gedung diklasifikasikan sebagai beraturan dan tidak beraturan berdasarkan konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung sesuai dengan ketentuan-ketentuan dalam pasal 7.3.2. Apabila gedung mempunyai salah satu atau lebih tipe ketidakberaturan, maka gedung dianggap mempunyai ketidakberaturan struktur. Jika tidak terdapat rasio simpangan antar tingkat akibat gaya gempa lateral desain yang nilainya lebih besar

dari 130% rasio simpangan antar tingkat tingkat diatasnya, maka ketidakberaturan vertikal tipe 1a, 1b, atau 2 dalam Tabel 3.2 tidak berlaku.

Tabel 3.1 Ketidakberaturan Horizontal (SNI 1726-2012)

Tipe	Ketidakberaturan Horizontal	Penjelasan
1a	Ketidakberaturan Torsi	Jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur.
1b	Ketidakberaturan Torsi Berlebihan	Jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung sturuktur.
2	Ketidaberaturan Sudut Dalam	Jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.
3	Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	Jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.
4	Ketidakberaturan Pergeseran Melintang terhadap Bidang	Jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.
5	Ketidakberaturan Sistem Nonparalel	Jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan gaya gempa.

Sumber: SNI 1726-2012 (2012)

Tabel 3.2 Ketidakberaturan Vertikal (SNI 1726-2012)

Tipe	Ketidakberaturan Vertikal	Penjelasan
1a	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	Jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

Lanjutan Tabel 3.2 Ketidakberaturan Vertikal (SNI 1726-2012)

Tipe	Ketidakberaturan Vertikal	Penjelasan
1b	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	Jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.
2	Ketidaberaturan Berat (Massa)	Jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai bawahnya tidak perlu ditinjau.
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal	Jika dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di semua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya.
4	Diskontinuitas Arah Bidang dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal	Jika pergeseran arah bidang elemen penahan gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan di tingkat di bawahnya.
5a	Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat	Jika kuat lateral tingkat kurang dari 80% kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.
5b	Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat yang Berlebihan	Jika kuat lateral tingkat kurang dari 65% kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.

Sumber: SNI 1726-2012 (2012)

Pada SNI 1726-2019, struktur gedung diklasifikasikan sebagai beraturan dan tidak beraturan berdasarkan konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur sesuai dengan ketentuan-ketentuan dalam pasal 7.3.2. Apabila gedung mempunyai salah satu atau lebih tipe ketidakberaturan, maka gedung dianggap mempunyai ketidakberaturan struktur. Jika tidak terdapat rasio simpangan antar tingkat akibat gaya seismik lateral desain yang nilainya lebih besar dari 130% rasio simpangan antar lantai tingkat diatasnya, maka ketidakberaturan vertikal tipe 1a, 1b, atau 2 dalam Tabel 3.4 tidak berlaku.

Tabel 3.3 Ketidakberaturan Horizontal (SNI 1726-2019)

Tipe	Ketidakberaturan Horizontal	Penjelasan
1a	Ketidakberaturan Torsi	Jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan A_x = 1,0, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur.
1b	Ketidakberaturan Torsi Berlebihan	Jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan A_x = 1,0, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur.
2	Ketidaberaturan Sudut Dalam	Jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.
3	Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	Jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.
4	Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus terhadap Bidang	Jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.
5	Ketidakberaturan Sistem Nonparalel	Jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan gaya seismik.

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

Tabel 3.4 Ketidakberaturan Vertikal (SNI 1726-2019)

Tipe	Ketidakberaturan Vertikal	Penjelasan
1a	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	Jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.
1b	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	Jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

Lanjutan Tabel 3.4 Ketidakberaturan Vertikal (SNI 1726-2019)

Tipe	Ketidakberaturan Vertikal	Penjelasan
2	Ketidaberaturan Berat (Massa)	Jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal	Jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat di dekatnya.
4	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral	Jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.
5a	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral tingkat	Jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.
5b	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral tingkat	Jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

3.4 Beban Gravitasi

3.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangungan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material (SNI 1727-2020).

Berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 3.1.2, jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang.

Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini besaran beban mati yang digunakan dalam peraturan SNI 1727-2013 bersumber pada SKBI 1.3.53.1987. Beban mati yang diperhitungkan sesuai dengan SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.5 Beban Mati Berdasarkan SNI 1727-2013

No.	Material Bangunan	Berat Jenis
1.	Beton Bertulang	23,536 kN/m^3
2.	Keramik	0,172 kN/m^2
3.	M/E	0,25 kN/m^2
4.	Pasir	15,691 kN/m^3
5.	Plafon	0,108 kN/m^2
6.	Penutup Atap Genteng	0,49 kN/m^2
7.	Spesi	16,671 kN/m^3
8.	*Waterproofing*	18,633 kN/m^3

Sumber: SKBI 1.3.53.1987 (1987)

Tabel 3.6 Beban Mati Berdasarkan SNI 1727-2020

No.	Material Bangunan	Berat Jenis
1.	Beton Bertulang	23,6 kN/m^3
2.	Keramik	0,172 kN/m^2
3.	M/E	0,25 kN/m^2
4.	Pasir	15,7 kN/m^3
5.	Plafon	0,19 kN/m^2
6.	Penutup Atap Genteng	0,57 kN/m^2
7.	Spesi	20,4 kN/m^3
8.	*Waterproofing*	18,633 kN/m^3

Sumber: SNI 1727-2020 (2020)

3.4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727-2020). Beban hidup yang diperhitungkan sesuai dengan SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.7 Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2013

No.	Fungsi	Beban
1.	Rumah Tinggal (ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka)	1,92 kN/m^2
2.	Koridor	4,79 kN/m^2
3.	Atap (atap datar, berbubung,dan lengkung)^n	0,96 kN/m^2
4.	Beban Pekerja Pemeliharaan	1,33 kN
5.	Tangga Tetap dengan Anak Tangga	1,33 kN

Sumber: SNI 1727-2013 (2013)

Tabel 3.8 Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020

No.	Fungsi	Beban
1.	Rumah Tinggal (ruang pribadi dan koridornya)	1,92 kN/m^2
2.	Koridor	4,79 kN/m^2
3.	Atap (atap datar, berbubung,dan lengkung)	0,96 kN/m^2
4.	Beban Pekerja Pemeliharaan	1,33 kN
5.	Tangga Tetap dengan Anak Tangga	1,33 kN

Sumber: SNI 1727-2020 (2020)

3.5 Perbedaan Analisis Beban Gempa SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

Secara umum, perubahan mendasar pada pertaruran ketahanan gempa SNI 1726-2019 terletak pada wilayah gempa, pembuatan respons spektra, dan penambahan peraturan mengenai periode panjang (T_L). Adapun perbedaan secara lebih mendetail sebagai berikut ini.

3.5.1 Penentuan Gempa Rencana dan Kategori Gedung

Tidak ada perbedaan antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 dalam menentukan gempa rencana dan kategori gedung. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarannya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan I_e. Nilai faktor keutamaan ditentukan berdasarkan kategori risiko bangunan, sedangkan kategori risiko bangunan

ditentukan oleh jenis pemanfaatan gedung itu sendiri. Kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan Tabel 3.10 berikut.

Tabel 3.9 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kagagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: – 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 risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: – Perumahan – Rumah toko dan rumah kantor – Pasar – Gedung perkantoran – Gedungapartemen/ rumah susun – Pusat perbelanjaan/ mall – Bangunan industri – Fasilitas manufaktur – Pabrik	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: – Bioskop – Gedung pertemuan – Stadion – Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat – Fasilitas penitipan anak – Penjara – Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: – Pusat pembangkit listrik biasa – Fasilitas penanganan air – Fasilitas penanganan limbah – Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Lanjutan Tabel 3.9 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedng 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 daarurat lainnya	IV
– 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

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

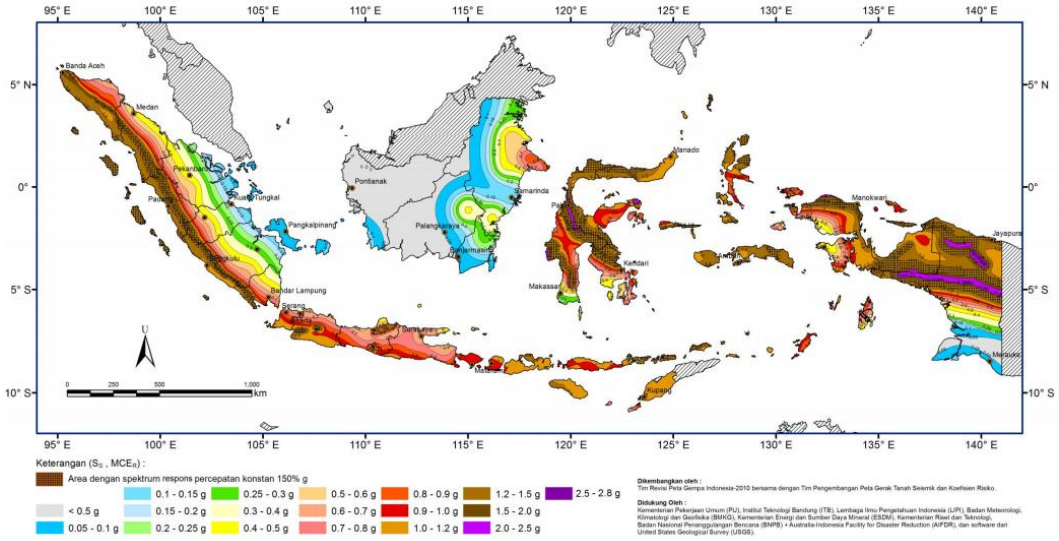
Tabel 3.10 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

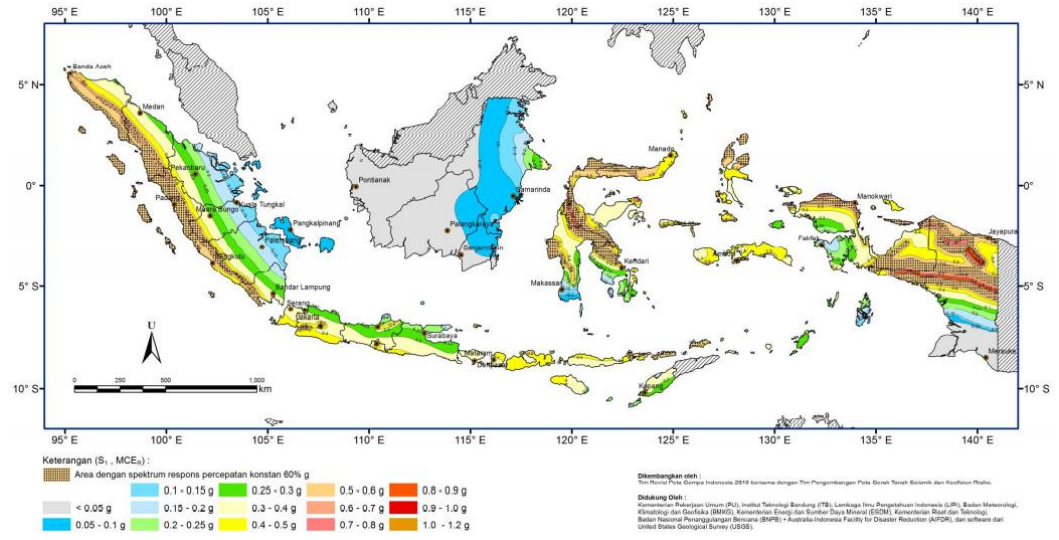
3.5.2 Penentuan Wilayah Gempa

Pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 peta gempa sama-sama disajikan dalam format peta kontur percepatan gempa rencana maksimum dari batuan dasar untuk periode 0,2 detik (S_s) dan 1 detik (S_1). Kekuatan dan frekuensi gempa yang berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya menyebabkan setiap daerah memiliki nilai respons spektra yang berbeda-beda. Peta respons spektrum percepatan periode 0,2 detik (S_s) dan 1 detik (S_1) masing-masing peraturann dapat dilihat pada Gambar 3.1 hingga Gambar 3.4 berikut.



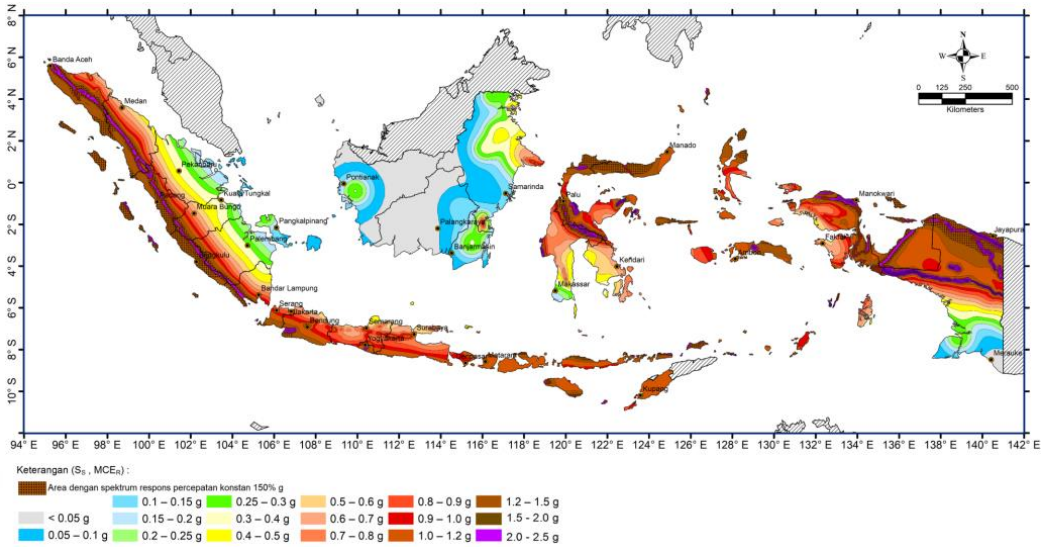
Gambar 3.1 Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 0,2 Detik, Ss (SNI 1726-2012)

(Sumber: SNI 1726-2012, 2012)



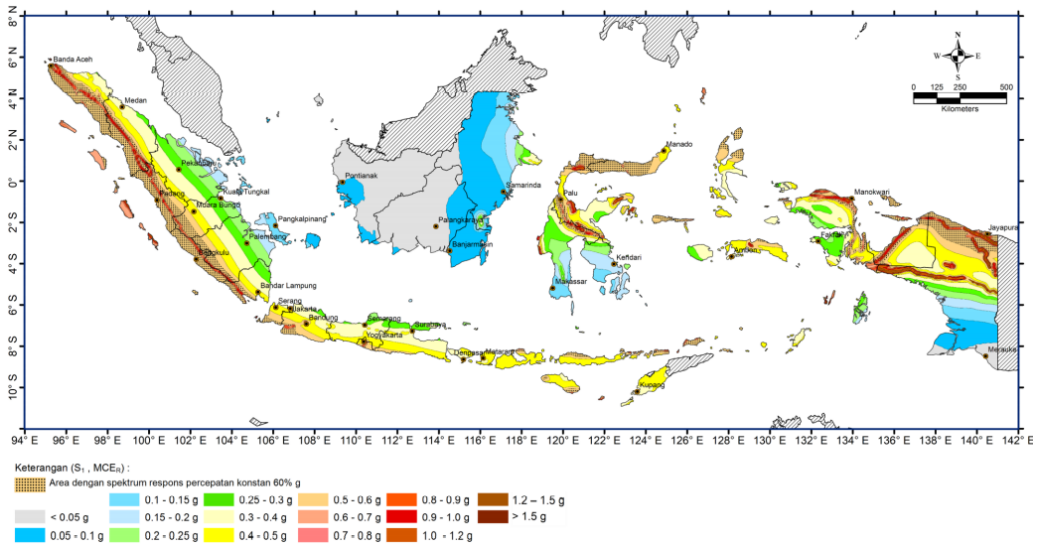
Gambar 3.2 Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 1,0 Detik, S_1 (SNI 1726-2012)

(Sumber: SNI 1726-2012, 2012)



Gambar 3.3 Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 0,2 Detik, Ss (SNI 1726-2019)

(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)



Gambar 3.4 Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 1,0 Detik, S_1 (SNI 1726-2019)

(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)

3.5.3 Penentuan Respons Spektrum Gempa Rencana

Desain respons spektrum pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 ditentukan berdasarkan prosedur yang sama sebagai berikut.

1. Penentuan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik (F_a) dan periode 1 detik (F_v).

Faktor amplifikasi F_a dan F_v ditentukan berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs (kelas situs). Nilai faktor amplifikasi F_a dan F_v masing-masing peraturan dapat dilihat pada Tabel 3.11 hingga Tabel 3.14.

Tabel 3.11 Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2012)

Kelas Situs	**Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Periode Pendek, T = 0,2 detik (S_s)**				
	$S_s \leq 0{,}25$	$S_s = 0{,}5$	$S_s = 0{,}75$	$S_s = 1{,}0$	$S_s \geq 1{,}25$
Batuan Keras (*SA*)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (*SB*)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras, Sangat Padat dan Batuan Lunak (*SC*)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah Sedang (*SD*)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah Lunak (*SE*)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah Khusus (*SF*)	SS[b]				

Sumber: SNI 1726-2012 (2012)

Catatan:

(a) Untuk nilai-nilai antara Ss dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik (Pasal 6.10.1 SNI 1726-2012)

Tabel 3.12 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2012)

Kelas Situs	**Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Periode 1 detik, T = 1 detik (S_1)**				
	$S_1 \leq 0{,}1$	$S_1 = 0{,}2$	$S_1 = 0{,}3$	$S_1 = 0{,}4$	$S_1 \geq 0{,}5$
Batuan Keras (*SA*)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (*SB*)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras, Sangat Padat dan Batuan Lunak (*SC*)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah Sedang (*SD*)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah Lunak (*SE*)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah Khusus (*SF*)	SS[b]				

Sumber: SNI 1726-2012 (2012)

Catatan:

(a) Untuk nilai-nilai antara Ss dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik (Pasal 6.10.1 SNI 1726-2012)

Tabel 3.13 Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2019)

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R) Terpetakan pada Periode Pendek, T = 0,2 detik (S_s)					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
Batuan Keras (*SA*)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (*SB*)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Tanah Keras, Sangat Padat dan Batuan Lunak (*SC*)	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
Tanah Sedang (*SD*)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah Lunak (*SE*)	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
Tanah Khusus (*SF*)	SS[a]					

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

Catatan:

(a) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik (Pasal 6.10.1 SNI 1726-2019)

Tabel 3.14 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2019)

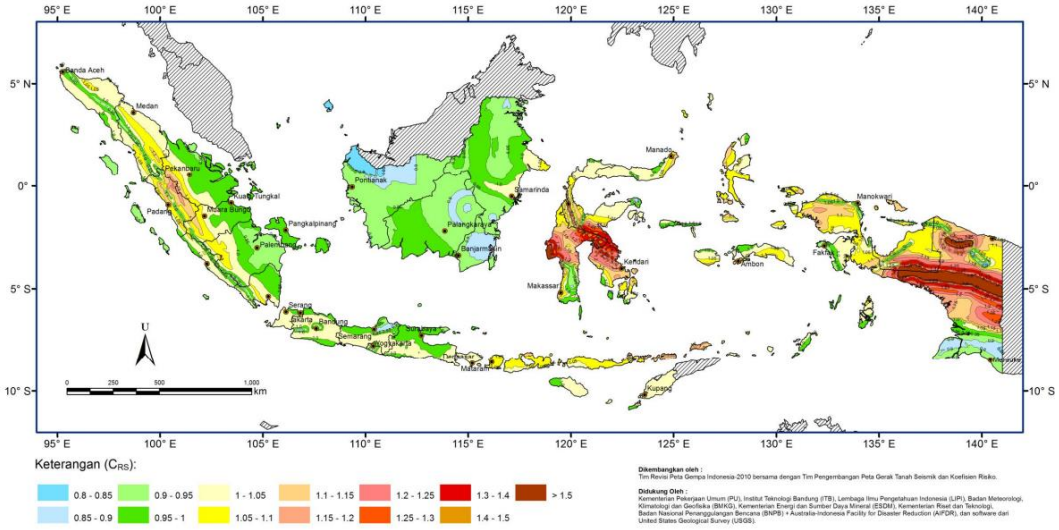
Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R) Terpetakan pada Periode 1 detik, T = 0,1 detik (S_1)					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
Batuan Keras (*SA*)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (*SB*)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Tanah Keras, Sangat Padat dan Batuan Lunak (*SC*)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
Tanah Sedang (*SD*)	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
Tanah Lunak (*SE*)	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
Tanah Khusus (*SF*)	SS[a]					

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

Catatan:

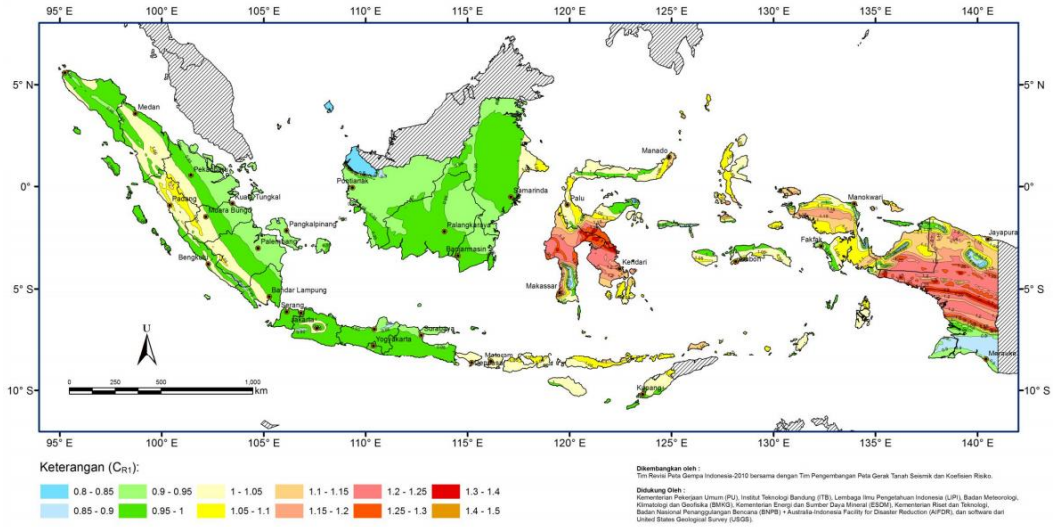
(a) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik (Pasal 6.10.1 SNI 1726-2019)

2. Penentuan nilai koefisien risiko terpetakan periode pendek 0,2 detik (C_{RS}) dan periode 1 detik (C_{R1}) dengan melihat pada Gambar 3.5 hingga Gambar 3.8 berikut.



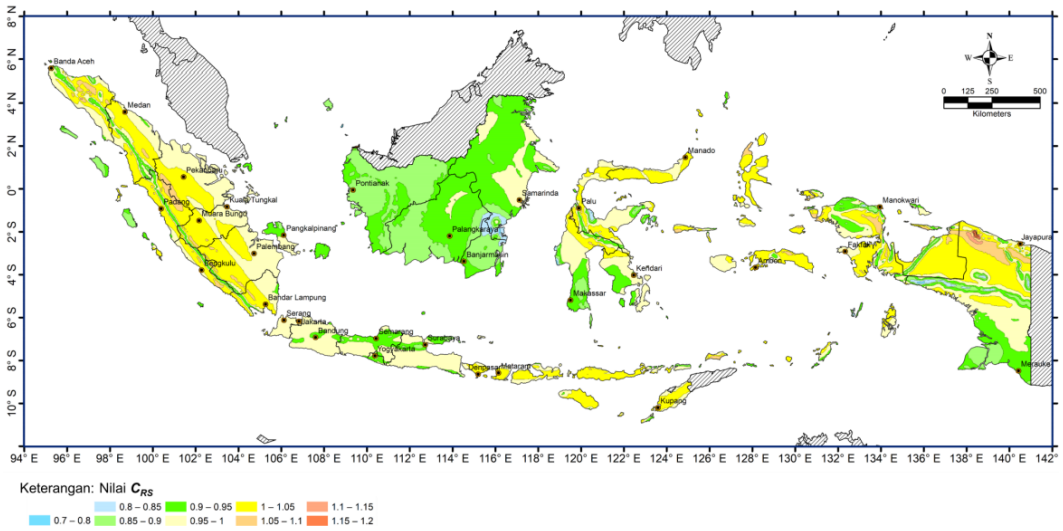
Gambar 3.5 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 0,2 Detik, C_{RS} (SNI 1726-2012)

(Sumber: SNI 1726-2012, 2012)



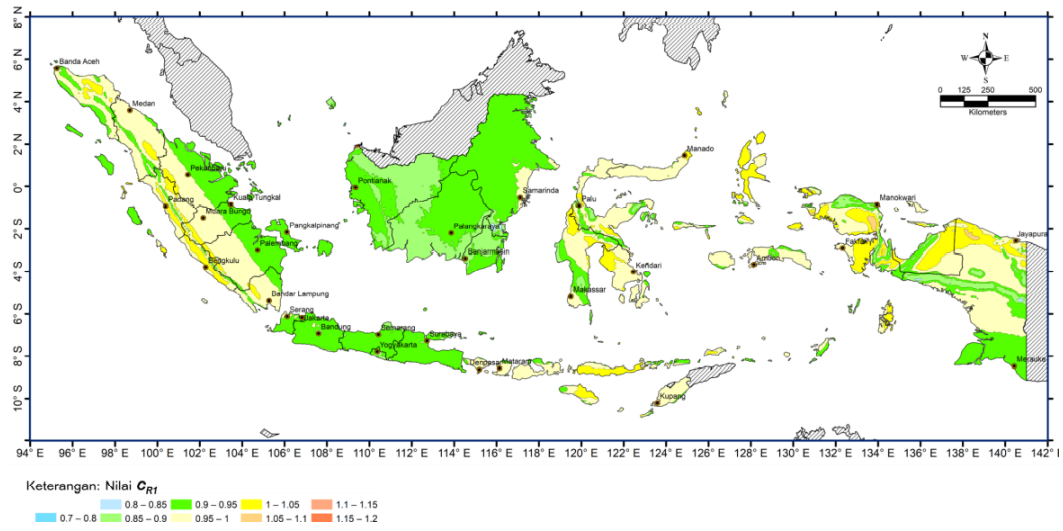
Gambar 3.6 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 1,0 Detik, C_{R1} (SNI 1726-2012)

(Sumber: SNI 1726-2012, 2012)



Gambar 3.7 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 0,2 Detik, C_{RS} (SNI 1726-2019)

(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)



Gambar 3.8 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 1,0 Detik, C_{R1} (SNI 1726-2019)

(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)

3. Penentuan nilai parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R).

   Parameter respons spektrum percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1,0 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs ditentukan dengan perumusan berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.2)$$

4. Penentuan percepatan spektral desain.

   Percepatan spektral desain periode pendek (S_{DS}) dan periode 1,0 detik (S_{D1}) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (3.4)$$

$$S_{DSR} = C_{RS} \times S_{DS} \quad (3.5)$$

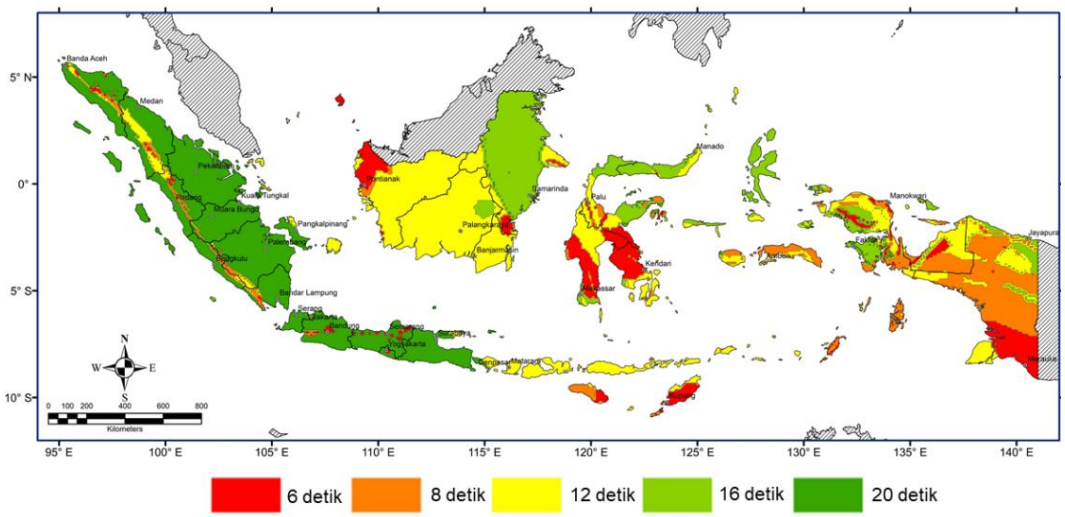
$$S_{D1R} = C_{R1} \times S_{D1} \quad (3.6)$$

5. Penentuan periode spektrum respons desain.

$$T_0 = 0{,}2 \times T_S \quad (3.7)$$

$$T_S = \frac{S_{D1R}}{S_{DSR}} \quad (3.8)$$

   Pada SNI 1726-2019 ditambah peraturan baru mengenai T_L yaitu peta transisi periode panjang yang nilainya dapat diambil dari Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia, T_L (SNI 1726-2019)

(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)

6. Penentuan spektrum respons desain.

   Bila prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 3.10 (SNI 1726-2012) dan ketentuan berikut.

   a. Periode yang lebih kecil dari T_0 ($T < T_0$), spektrum respons percepatan desain (S_a) diambil dari persamaan berikut.

$$S_a = S_{DS}\left(0{,}4 + 0{,}6\,\frac{T}{T_0}\right) \tag{3.9}$$

   b. Periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_S, spektrum respons percepatan desain (S_a) sama dengan S_{DS}.

   c. Periode yang lebih besar dari T_S, spektrum respons percepatan desain (S_a) diambil dari persamaan berikut.

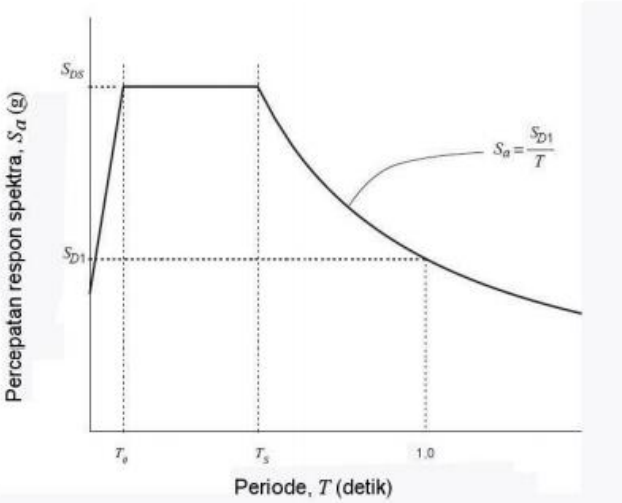
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \tag{3.10}$$

   Dengan:

   S_{DS} = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

   S_{D1} = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur (detik)

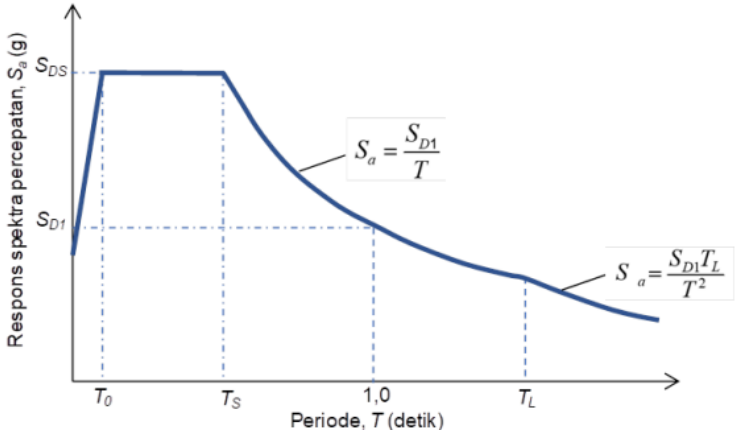


Gambar 3.10 Spektrum Respons Desain (SNI 1726-2012)
(Sumber: SNI 1726-2012, 2012)

Dengan adanya penambahan peraturan mengenai peta transisi periode panjang (T_L) dalam SNI 1726-2019, maka kurva spektrum respons desain mengacu pada Gambar 3.11 dan penambahan ketentuan sebagai berikut.

d. Periode yang lebih besar dari T_L, spektrum respons percepatan desain (S_a) diambil berdasarkan persamaan.

$$S_a = \frac{S_{D1} R T_L}{T^2} \quad (3.11)$$



Gambar 3.11 Spektrum Respons Desain (SNI 1726-2019)
(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)

3.5.4 Waktu Getar Alami Fundamental

Periode fundamental struktur (T) tidak mengalami perubahan peraturan pada SNI 1726-2019. Nilai ini harus dibatasi terhadap periode fundamental pendekatan (T_a) yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.12)$$

Nilai T_a dan T disyaratkan tidak melebihi $T_{ma}x$ yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$T_{max} = C_u \times T_a \quad (3.13)$$

Dengan:

T_a = Periode fundamental pendekatan (detik),

h_n = Ketinggian struktur (m),

C_t dan x = Koefisien parameter periode pendekatan (lihat Tabel 3.15), dan

C_u = Koefisien batas atas periode yang dihitung (lihat Tabel 3.16).

Adapun syarat untuk menentukan periode getar alami yang dipakai yaitu:

1. Jika $T > T_{max}$ maka digunakan nilai T_{max}
2. Jika $T_a < T < T_{max}$ maka digunakan nilai T
3. Jika $T < T_a$ maka digunakan nilai T_a

Tabel 3.15 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan *x*

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

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

Tabel 3.16 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

3.5.5 Koefisien Modifikasi Respons

Tidak ada perubahan pada SNI 1726-2019 mengenai peraturan koefisien modifikasi respons. Sistem struktur yang dipakai harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan tinggi struktur. Koefisien modifikasi respons (R) digunakan dalam penentuan gaya geser dan faktor pembesaran defleksi (C_d) digunakan pada perhitungan simpangan antar tingkat dapat dilihat pada Tabel 3.17 berikut.

Tabel 3.17 Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem Penahan Gaya Seismik	R	Ω_0	C_d	Batasan Sistem dan Tinggi Struktur, h_n (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem rangka pemikul momen								
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5^1/_2$	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4^1/_2$	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2^1/_2$	TB	TI	TI	TI	TI

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

Keterangan:

TB = Tidak dibatasi, dan

TI = Tidak diizinkan.

3.5.6 Gaya Geser Dasar Gempa dan Beban Lateral Gempa

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

$$V = C_s \times W \quad (3.14)$$

Dengan:

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif

Koefisien respons seismik (C_s) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.15)$$

Karena dalam SNI 1726-2019 ditambah peraturan mengenai peta transisi periode panjang (T_L), maka nilai C_s yang telah dihitung sesuai persamaan (3.15) harus memenuhi persyaratan berikut.

1. Nilai C_s tidak perlu melebihi berikut ini:

   Untuk $T \leq T_L$

   $$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.16)$$

   Untuk $T > T_L$

   $$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.17)$$

2. Nilai C_s harus tidak kurang dari persamaan berikut.

   $$C_s = 0{,}044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0{,}01 \quad (3.18)$$

3. Untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g; maka C_s harus tidak kurang dari.

   $$C_s = \frac{0{,}5\ S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.19)$$

Dengan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek,

S_{D1} = Parameter percepatan spektrum respons desain pada periode 1 detik,

S_1 = Parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

R = Faktor modifikasi respons,

I_e = Faktor keutamaan gempa, dan

T = Periode fundamental struktur yang ditentukan (detik).

3.5.7 Distribusi Vertikal Gaya Lateral Gempa (F_x)

Berdasarkan SNI 1726-2019, gaya seismik lateral (F_x) yang didistribusikan di sebarang tingkat ditentukan dari persamaan berikut.

$$F_x = C_{vx} \text{ x } V \quad (3.20)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i^k} \quad (3.21)$$

Dengan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya geser di dasar struktur (kN)

w_i dan w_x = Berat seismik efektif total struktur pada tingkat *i* atau *x*

h_i dan hx = Tinggi dari dasar sampai tingkat *i* atau *x* (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:

untuk struktur dengan T ≤ 0,5 detik, *k* = 1

untuk struktur dengan T ≥ 2,5 detik, *k* = 2

untuk struktur dengan 0,5 < T < 2,5 detik, *k* = 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

3.6 Perilaku Struktur

Perilaku struktur ditentukan dari nilai simpangan antar tingkat, apakah sudah sesuai dengan persyaratan dari SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Namun

berdasarkan dokumen SNI 1726-2019, tidak ada perubahan mengenai persyaratan perilaku struktur dari SNI 1726-2012.

3.6.1 Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Simpangan pusat massa di tingkat-*x* (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \tag{3.22}$$

Dengan:

C_d = Faktor pembesaran defleksi

δ_{xe} = Defleksi pada join yang ditinjau hasil analisis linier (mm)

I_e = Faktor keutamaan gempa

3.6.2 Batasan simpangan antar tingkat

Simpangan antar tingkat desain (Δ) yang telah ditentukan tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a). Penentuan nilai Δ_a dipengaruhi oleh kategori risiko dan jenis struktur yang digunakan sesuai Tabel 3.18 berikut.

Tabel 3.18 Simpangan antar Tingkat Izin (Δ_a)[a]

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior,	$0{,}025h_{sx}$	$0{,}020h_{sx}$	$0{,}015h_{sx}$
partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat			
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0{,}010h_{sx}$	$0{,}010h_{sx}$	$0{,}010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0{,}007h_{sx}$	$0{,}007h_{sx}$	$0{,}007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0{,}020h_{sx}$	$0{,}015h_{sx}$	$0{,}010h_{sx}$

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

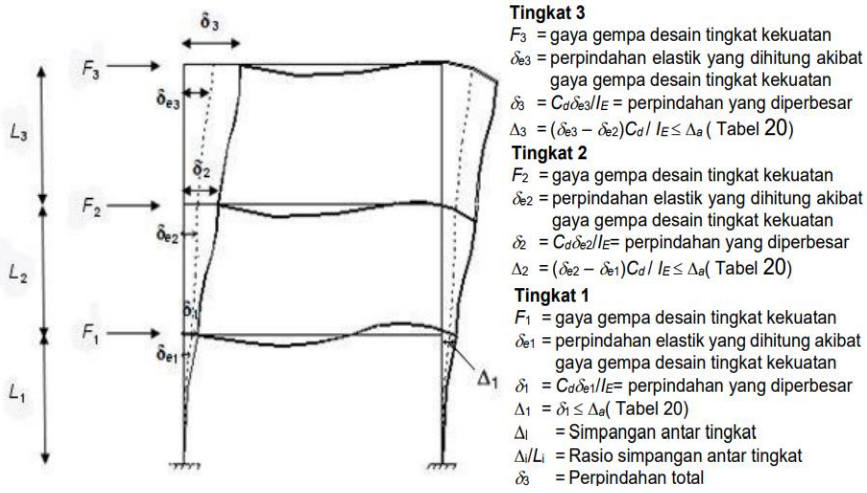
Catatan:

(a) h_{sx} adalah tinggi tingkat dibawah tingkat-*x*

(b) Gedung dengan sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari rangka momen dengan kategori desai seismik D, E, dan F, nilai simpangan antar tingkat (Δ) tidak boleh melebihi Δ_a/ρ untuk semua tingkat.

3.6.3 Simpangan, Simpangan Antar Tingkat dan Rasio Simpangan

Simpangan (*displacement*) merupakan perpindahan horizontal yang terjadi relatif pada lantai paling dasar, simpangan antar tingkat (*story drift*) merupakan perpindahan horizontal di bagian atas tingkat yang ditinjau relatif terhadap bagian bawahnya, sedangkan rasio simpangan antar tingkat (*drift ratio*) merupakan pembagian antara simpangan antar tingkat dengan tinggi lantai yang ditinjau. Untuk penjelasan lebih detail mengenai simpangann dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Penentuan Simpangan antar Tingkat
(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah Gedung Rusunawa Universitas Islam Indonesia yang berlokasi di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII), Jalan Kaliurang KM 14,5, Sleman, Yogyakarta seperti pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Detail Lokasi Penelitian
(Sumber: *Google Earth*, 2020)

4.2 Data Penelitian

Menurut KBBI, data adalah keterangan atau bahan nyata yang dapat dijadikan dasar kajian (analisis atau kesimpulan). Arikunto (2002) mengatakan data penelitian adalah segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi.

Berdasarkan sumbernya, data diklasifikasikan menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari objek penelitian, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau pengumpulan informasi berdasarkan data yang sudah ada. Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder. Data ini diperoleh

dari pihak Pengelola Fasilitas Kampus (PFK) Yayasan Badan Wakaf UII berupa data *as built drawing* sebagai berikut.

1. Mutu beton
   a. F'c = 290 kg/cm^2
      = 28,4393 MPa
   b. Berat jenis beton (γ) = 2400 kg/m3
   c. Modulus elastisitas beton = 4700 x $\sqrt{f'c}$
      = 25064,3998 MPa
2. Mutu baja tulangan
   a. Baja tulangan utama diameter < 10 mm dipakai baja tulangan jenis ulir dengan tegangan leleh (fy) = 240 MPa
   b. Baja tulangan utama diameter > 10 mm dipakai baja tulangan jenis ulir dengan tegangan leleh (fy) = 390 MPa
   c. Baja tulangan sengkang diameter < 12 mm dipakai baja tulangan jenis ulir dengan tegangan leleh (fy) = 240 MPa
   d. Baja tulangan sengkang diameter > 13 mm dipakai baja tulangan jenis ulir dengan tegangan leleh (fy) = 390 MPa
3. Dimensi elemen struktur
   a. Kolom

      Dimensi dan tipe kolom dapat dilihat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tipe, Dimensi, dan Tulangan Kolom

Tipe	Dimensi (mm)	Tul. Utama		Tul. Sengkang	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
K1	300 x 500	14D25	14D25	2Ø10-125	2Ø10-150
K2	300 x 500	12D19	12D19	2Ø10-125	2Ø10-150
K3	300 x 500	8D16	8D16	2Ø10-125	2Ø10-150
K4	300 x 500	10D25	10D25	2Ø10-125	2Ø10-150

Sumber: Data *As Built Drawing* (2008)

   b. Balok

      Dimensi dan tipe balok dapat dilihat dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tipe, Dimensi, dan Tulangan Balok

Tipe	Dimensi (mm)	Tul. Daerah Tumpuan			Tul. Daerah Lapangan		
		Atas	Bawah	Sengkang	Atas	Bawah	Sengkang
B4	250 x 450	3D19	2D19	D10-75	2D19	3D19	D10-135
B5	250 x 450	6D19	4D19	D10-100	4D19	6D19	D10-100
CG	250 x 450	3D19	3D19	D10-100	3D19	3D19	D10-100
RB1	250 x 400	3D16	2D16	D8-150	2D16	3D16	D8-200
RB2	250 x 400	2D16	2D16	D8-150	2D16	2D16	D8-200

Sumber: Data *As Built Drawing* (2008)

c. Pelat

Dimensi dan tipe pelat dapat dilihat dalam Tabel 4.3.

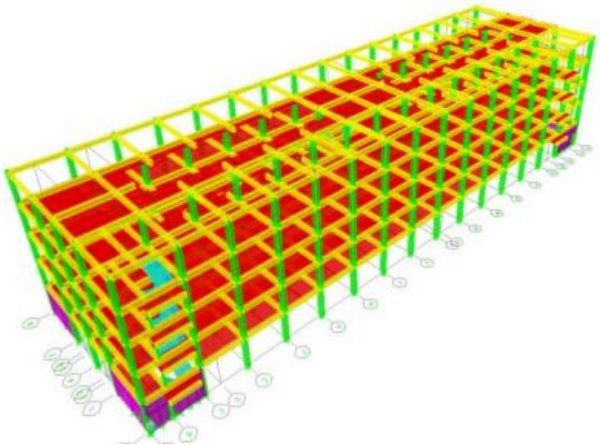
Tabel 4.3 Tipe dan Dimensi Pelat

No.	Tipe Pelat	Tebal (mm)
1	P1 (Tipikal Lantai)	120
2	P2 (*Roof Tank*)	150
3	P3 (Selasar *Roof Tank*)	100

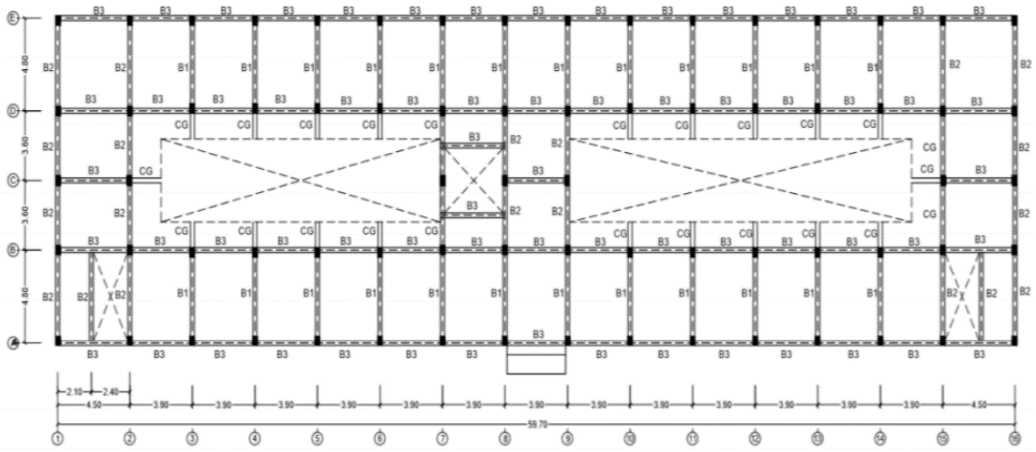
Sumber: Data *As Built Drawing* (2008)

4.3 Pemodelan Struktur

Struktur Gedung Rusunawa Universitas Islam Indonesia memiliki 5 tingkat dengan tinggi total bangunan dari dasar bangunan hingga ke tingkat 5 adalah 14,4 meter. Struktur gedung secara 3D yang dimodelkan dengan bantuan program *SAP2000 v.22* dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan denah struktur dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Pemodelan Struktur 3D Menggunakan Program *SAP2000*
(Sumber: *SAP2000*. 2020)



Gambar 4.3 Denah Struktur Gedung Rusunawa UII
(Sumber: Data *As Built Drawing*, 2008)

4.4 Program yang Digunakan

Program yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Autocad v.16*, program ini digunakan untuk menggambar denah bangunan dan tampak gedung yang diteliti.
2. *SAP2000 v.22*, program ini digunakan untuk memodelkan dan menganalisis struktur.
3. *Microsoft Excel 2019*, program ini digunakan untuk membuat *Time Schedule*, menghitung, menganalisis data hasil *output* dari program *SAP2000*.

4.5 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan data

   Data yang didapatkan berupa data *as built drawing* yang kemudian digunakan untuk membuat model struktur 3D pada program *SAP2000*.

2. Studi literatur

   Studi literatur adalah tahapan dalam mencari refrensi teori dan peraturan yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Refrensi yang dipakai berupa buku acuan “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” SNI 1726-2012 dan SNI 1726-

2019, jurnal penelitian terdahulu, tugas akhir, majalah geologi dan buku-buku yang berkaitan dengan perilaku struktur dengan analisis statik ekuivalen dan respons spektrum.

3. Perhitungan pembebanan

   Beban-beban yang dihitung berupa beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa. Peraturan yang digunakan dalam menentukan beban gravitasi adalah SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020, sedangkan untuk beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

4. Pemodelan 3D

   Pemodelan 3D dibuat dengan bantuan program *SAP2000 v.22* dan dibuat dua model struktur, yaitu model struktur dengan peraturan SNI 1726-2012 dan model struktur dengan peraturan SNI 1726-2019. Adapun bagian struktur atap dibuat terpisah dalam bentuk 2D.

   a. Pelat

      Pelat yang digunakan dalam pemodelan pelat lantai dan atap adalah tipe *shell-thin*.

   b. Balok

      Balok dimodelkan sebagai elemen *frame*.

   c. Kolom

      Kolom dimodelkan sebagai elemen *frame*.

   d. Pondasi

      Pondasi dimodelkan dengan elemen *constrain* berbentuk jepit untuk SNI 1726-2012 dan sendi untuk SNI 1726-2019.

5. Input pembebanan

   Hasil pembebanan (beban mati, beban hidup, dan beban gempa) yang didapatkan dari perhitungan yang telah dilakukan pada langkah 2 dimasukkan pada model struktur.

6. Analisis statik linier

   Analisis statik linier dilakukan untuk mendapatkan nilai gaya geser dasar statik ekuivalen (V_s) yang dihitung sesuai peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-

2019. Gaya geser kemudian didistribusikan secara vertikal menjadi beban gempa statik tiap lantai (F_i).

7. Analisis dinamik respons spektrum

   Beban gempa yang digunakan berupa beban gempa respons spektrum sesuai SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 dengan menyesuaikan beberapa parameter menurut masing-masing peraturan. Analisis dinamik respons spektrum dilakukan dengan menggunakan model struktur 3 dimensi. Pada tahap ini, fungsi respons spektrum perlu didefinisikan terlebih dahulu. Adapun fungsi respons spektrum yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berdasarkan perhitungan manual.

   Untuk mensimulasikan arah pembebanan gempa rencana yang sembarang terhadap struktur, pengaruh pembebanan gempa pada arah utama yang efektif sebesar 100% dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh dalam arah tegak lurus arah utama, tetapi dengan keefektifan hanya sebesar 30%.

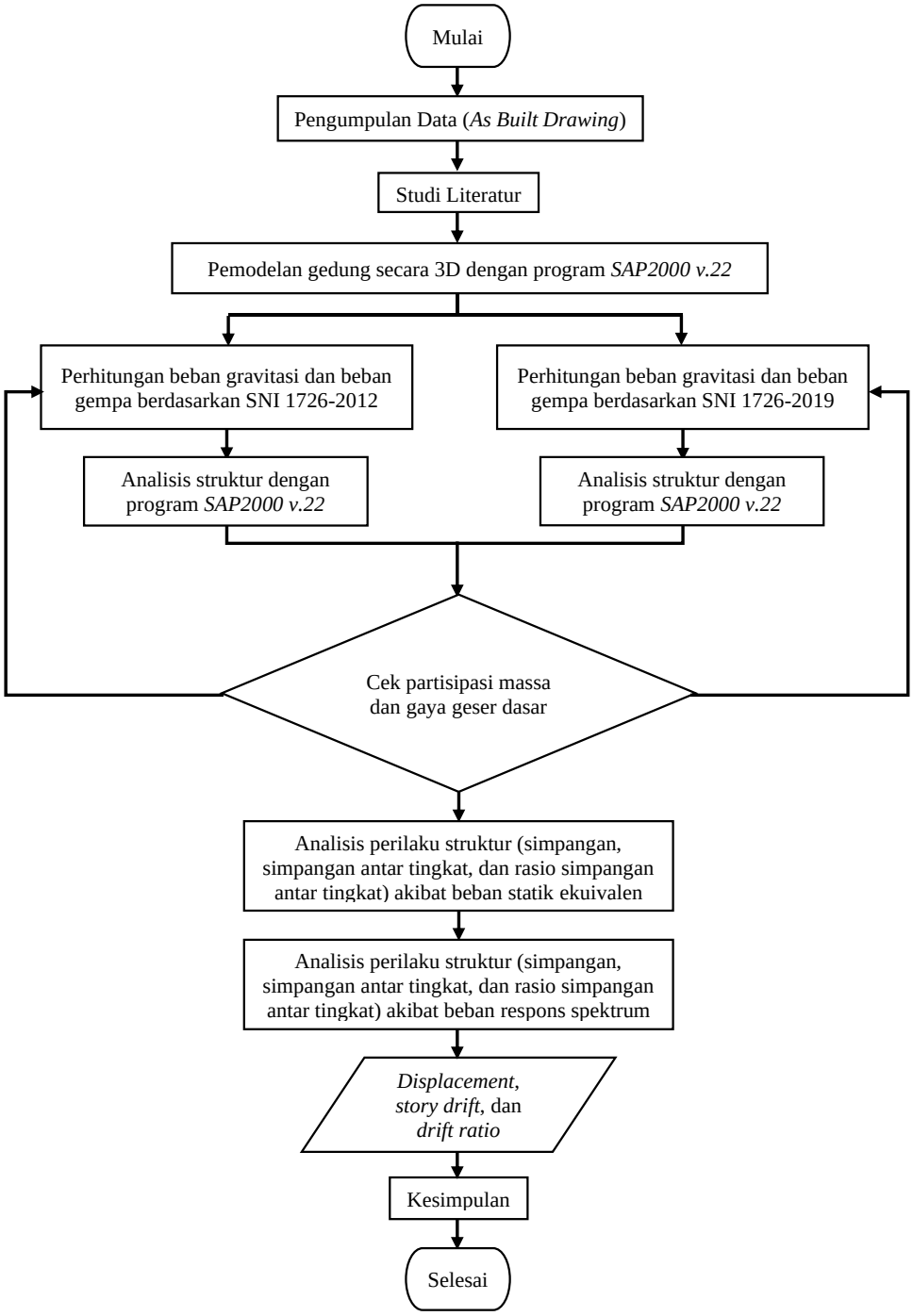
8. *Running analysis*

   Melakukan *running analysis* untuk masing-masing model.

9. Cek syarat $V_{dinamik} \leq 0{,}85\ V_{statik}$ untuk SNI 1726-2012 dan syarat $V_{dinamik} = V_{statik}$ untuk SNI 1726-2019.
10. Cek rasio partisipasi massa ≥ 90% untuk SNI 1726-2012 dan 100% untuk SNI 1726-2019.
11. Cek ketidakberaturan struktur sesuai SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.
12. Analisis respons struktur (simpangan, simpangan antar tingkat, dan rasio simpangan antar tingkat) sesuai SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.
13. Membandingkan perilaku model struktur dengan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.
14. Menyimpulkan hasil dari analisis yang telah dilakukan.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Adapun tahapan penelitian secara umum dapat dilihat dengan urutan pada bagan alir seperti Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Konfigurasi Bangunan

Bangunan Rusunawa Mahasiswi Universitas Islam Indonesia Yogyakarta memiliki 5 tingkat yang terdiri dari tingkat 1 hingga tingkat 4 merupakan lantai tipikal serta lantai atap. Tinggi bangunan dari taraf penjepitan lateral adalah 14,4 m. Tinggi antar lantai dan elevasi lantai gedung Rusunawa Mahasiswi UII dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Tinggi dan Elevasi Lantai Gedung Rusunawa Mahasiswi UII

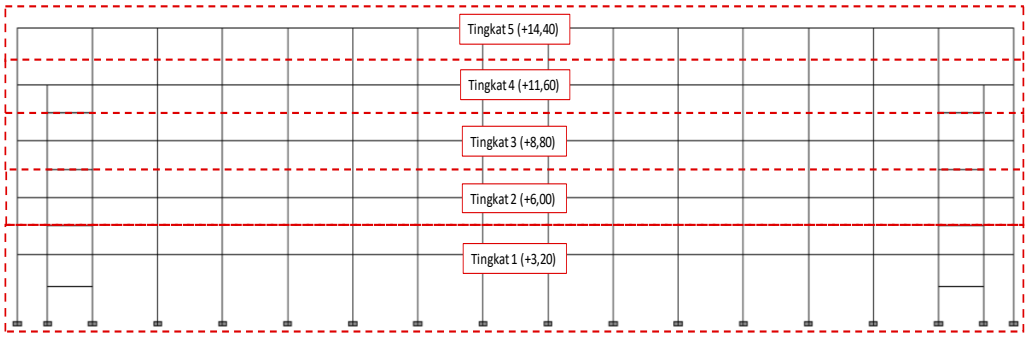
Lantai	Tinggi Lantai (m)	Elevasi Lantai (m)
1	3,2	3,2
2	2,8	6,0
3	2,8	8,8
4	2,8	11,6
5	2,8	14,4

5.2 Perhitungan Beban Gravitasi

Pembebanan struktur terdiri dari tiga jenis beban yaitu beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Untuk beban mati dan beban hidup didistribusikan pada bangunan berdasarkan SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020, sementara beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

5.2.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat material bangunan yang digunakan dalam elemen struktur disebut sebagai berat sendiri bangunan seperti balok, kolom, pelat, dinding geser dan beban mati tambahan seperti dinding partisi. Perhitungan beban mati dihitung secara manual menggunakan peraturan SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020. Pembagian beban mati di setiap tingkat dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Pembagian Berat pada Setiap Tingkat

1. Beban mati pelat

   Pelat adalah elemen horizontal struktur yang dimensinya lebih kecil dari elemen lain. Pada Gedung Rusunawa UII ini terdapat dua tipe pelat, yaitu pelat atap dan pelat lantai. Perhitungan beban pelat dilakukan dengan cara mengalikan berat jenis dengan tebal masing-masing material sehingga didapatkan berat beban mati tambahan total per satuan meter persegi untuk pelat lantai maupun pelat atap.

   a. Pelat lantai

      Perhitungan beban mati pada pelat lantai tipikal dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Beban Mati pada Pelat Lantai Tipikal

Elemen	SNI 1727-2013			SNI 1727-2020		
	Tebal (m)	**Berat Jenis (kN/m^3)**	**Beban (kN/m^2)**	**Tebal (m)**	**Berat Jenis (kN/m^3)**	**Beban (kN/m^2)**
Pelat Lantai	0,12	23,536	2,824	0,12	23,600	2,832
Pasir	0,03	15,691	0,471	0,03	15,700	0,471
Spesi	0,02	16,671	0,333	0,02	20,400	0,408
Keramik			0,172			0,172
Plafon			0,108			0,190
ME			0,250			0,250
Qd_{Lantai}			4,158			4,323

b. Pelat atap (*rooftank*)

Perhitungan beban pada pelat *rooftank* dan selasar atap dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.3 Beban Mati pada Pelat Atap (*Rooftank*)

Elemen	SNI 1727-2013			SNI 1727-2020		
	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m^3)	Beban (kN/m^2)	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m^3)	Beban (kN/m^2)
Pelat *Rooftank*	0,15	23,536	3,530	0,15	23,600	3,540
Waterproofing	0,03	18,633	0,559	0,03	18,633	0,559
Plafon			0,108			0,190
$Qd_{Rooftank}$			4,197			4,289

Tabel 5.4 Beban Mati pada Pelat Selasar Atap

Elemen	SNI 1727-2013			SNI 1727-2020		
	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m^3)	Beban (kN/m^2)	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m^3)	Beban (kN/m^2)
Pelat *Rooftank*	0,10	23,536	2,354	0,10	23,600	2,360
Waterproofing	0,03	18,633	0,559	0,03	18,633	0,559
Plafon			0,108			0,190
$Qd_{Selasar\ Atap}$			3,020			3,109

Beban mati pada pelat didistribusikan pada pelat lantai di setiap tingkat, sedangkan beban mati pada pelat *rooftank* didistribusikan pada lantai atap, sehingga didapatkan berat beban pelat setiap tingkat. Perhitungan berat pelat tipikal untuk tingkat 1-4 dan berat pelat atap dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.5 Berat Pelat Lantai

No.	Elemen Pelat	Ukuran (m)		Luas (m^2)	Jumlah	SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
		P	L			Qd (kN/m^2)	Berat Pelat (kN)	Qd (kN/m^2)	Berat Pelat (kN)
1	PL 1	3,9	4,8	18,72	26	4,158	2023,757	4,323	2104,091
2	PL 2	3,9	3,6	14,04	2	4,158	116,755	4,323	121,390
3	PL 3	4,5	3,6	16,20	4	4,158	269,435	4,323	280,130
4	PL 4	4,5	4,8	21,60	2	4,158	179,623	4,323	186,754
5	PL 5	1,8	4,8	8,64	2	4,158	71,849	4,323	74,701

Lanjutan Tabel 5.5 Berat Pelat Lantai

No.	Elemen Pelat	Ukuran (m)		Luas (m^2)	Jumlah	SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
		P	L			Qd (kN/m^2)	Berat Pelat (kN)	Qd (kN/m^2)	Berat Pelat (kN)
6	PL 6	3,9	2,0	7,80	2	4,158	64,864	4,323	67,439
7	Selasar 1			64,38	1	4,158	278,167	4,323	278,315
8	Selasar 2			81,23	1	4,158	340,786	4,323	351,136
Jumlah					40		3345,237		3463,955

Tabel 5.6 Berat Pelat Atap (*Rooftank*)

No.	Elemen Pelat	Ukuran (m)		Luas (m^2)	Jumlah	SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
		P	L			Qd (kN/m^2)	Berat Pelat (kN)	Qd (kN/m^2)	Berat Pelat (kN)
1	PA 1	3,9	3,6	14,04	4	4,197	235,717	4,289	240,869
2	PA 2	4,5	3,6	16,20	4	4,197	271,982	4,289	277,926
3	Selasar 1			64,38	1	3,020	202,068	3,109	200,156
4	Selasar 2			81,23	1	3,020	247,556	3,109	252,527
Jumlah					40		957,323		971,478

Rekapitulasi perhitungan berat pelat untuk setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai dan Atap

No.	Tingkat	SNI 1727-2013	SNI 1727-2020
		Berat Pelat (kN)	Berat Pelat (kN)
1	1	3345,237	3463,955
2	2	3345,237	3463,955
3	3	3345,237	3463,955
4	4	3345,237	3463,955
5	5	957,323	971,478

2. Beban mati kolom

Dari Gambar 5.1 dapat dilihat pembagian beban mati kolom per tingkat. Pada tingkat 1, kolom yang bekerja adalah setengah kolom tingkat 1 ditambah kolom tingkat dasar yang berada di bawahnya. Berat kolom pada tingkat 1 berdasarkan SNI 1727-2013 dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan berdasarkan SNI 1727-2020 pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.8 Berat Kolom pada Tingkat 1 (SNI 1727-2013)

Kodefikasi	Dimensi (m)			Volume (m^3)	Jumlah	Bj (kN/m^3)	Berat (kN)
	b	h	T				
Kolom lantai 1 +0,00							
K1	0,3	0,5	3,2	0,48	7	23,536	79,081
K2	0,3	0,5	3,2	0,48	16	23,536	180,756
K3	0,3	0,5	3,2	0,48	48	23,536	542,269
KT	0,15	0,15	3,2	0,072	4	23,536	6,778
Jumlah					75		808,884
Kolom lantai 2 +3,20							
K1	0,3	0,5	1,4	0,21	7	23,536	34,598
K2	0,3	0,5	1,4	0,21	16	23,536	79,081
K3	0,3	0,5	1,4	0,21	48	23,536	237,242
KT	0,15	0,15	1,4	0,0315	4	23,536	2,966
Jumlah					75		353,887
Berat kolom lantai 1 + setengah kolom lantai 2							1162,771

Tabel 5.9 Berat Kolom pada Tingkat 1 (SNI 1727-2020)

Kodefikasi	Dimensi (m)			Volume (m^3)	Jumlah	Bj (kN/m^3)	Berat (kN)
	b	h	T				
Kolom lantai 1 +0,00							
K1	0,3	0,5	3,2	0,48	7	23,600	79,296
K2	0,3	0,5	3,2	0,48	16	23,600	181,248
K3	0,3	0,5	3,2	0,48	48	23,600	543,744
KT	0,15	0,15	3,2	0,072	4	23,600	6,797
Jumlah					75		811,085
Kolom lantai 2 +3,20							
K1	0,3	0,5	1,4	0,21	7	23,600	34,692
K2	0,3	0,5	1,4	0,21	16	23,600	79,296
K3	0,3	0,5	1,4	0,21	48	23,600	237,888
KT	0,15	0,15	1,4	0,0315	4	23,600	2,974
Jumlah					75		354,850
Berat kolom lantai 1 + setengah kolom lantai 2							1165,934

Langkah perhitungan berat kolom pada tingkat 2, 3, 4 dan 5 sama seperti pada Tabel 5.8 untuk SNI 1727-2013 dan Tabel 5.9 untuk SNI 1727-2020. Hasil rekapitulasi berat kolom pada setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Berat Kolom

Tingkat	SNI 1727-2013	SNI 1727-2020
	Berat (kN)	Berat (kN)
1	1162,771	1165,934

Lanjutan Tabel 5.10 Rekapitulasi Berat Kolom

Tingkat	SNI 1727-2013	SNI 1727-2020
	Berat (kN)	Berat (kN)
2	707,773	709,699
3	707,773	709,699
4	704,808	706,726
5	350,921	351,876

3. Beban mati balok

   Pembagian berat balok untuk setiap tingkat dapat dilihat pada Gambar 5.1. Rekapitulasi perhitungan berat balok pada tingkat 1 berdasarkan SNI 1727-2013 dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan berdasarkan SNI 1727-2020 pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.11 Berat Balok pada Tingkat 1 (SNI 1727-2013)

Kodefikasi	Dimensi (m)			Volume (m^3)	Jumlah	Bj (kN/m^3)	Berat (kN)
	L	B	H				
B1	4,3	0,25	0,45	0,484	24	23,536	273,252
B2	4,3	0,25	0,45	0,484	8	23,536	91,084
	3,1	0,25	0,45	0,349	14	23,536	114,914
B2a	4,55	0,25	0,45	0,512	2	23,536	24,095
B3	3,6	0,25	0,45	0,405	53	23,536	505,199
	4,2	0,25	0,45	0,473	10	23,536	111,207
B3a	3,65	0,25	0,45	0,411	2	23,536	19,329
CG	1,25	0,25	0,45	0,141	19	23,536	66,195
	0,55	0,25	0,45	0,062	1	23,536	1,456
	1,75	0,25	0,45	0,197	1	23,536	4,634
BT	3,1	0,25	0,35	0,271	1	23,536	6,384
BT	2,55	0,25	0,35	0,223	2	23,536	10,503
Jumlah					137		1228,253

Tabel 5.12 Berat Balok pada Tingkat 1 (SNI 1727-2020)

Kodefikasi	Dimensi (m)			Volume (m^3)	Jumlah	Bj (kN/m^3)	Berat (kN)
	L	B	H				
B1	4,3	0,25	0,45	0,484	24	23,600	273,996
B2	4,3	0,25	0,45	0,484	8	23,600	91,332
	3,1	0,25	0,45	0,349	14	23,600	115,227
B2a	4,55	0,25	0,45	0,512	2	23,600	24,161
B3	3,6	0,25	0,45	0,405	53	23,600	506,574
	4,2	0,25	0,45	0,473	10	23,600	111,510
B3a	3,65	0,25	0,45	0,411	2	23,600	19,382

Lanjutan Tabel 5.12 Berat Balok pada Tingkat 1 (SNI 1727-2020)

Kodefikasi	Dimensi (m)			Volume (m^3)	Jumlah	Bj (kN/m^3)	Berat (kN)
	L	B	H				
CG	1,25	0,25	0,45	0,141	19	23,600	63,056
	0,575	0,25	0,45	0,065	1	23,600	1,527
	1,75	0,25	0,45	0,197	1	23,600	4,646
BT	3,1	0,25	0,35	0,271	1	23,600	6,402
BT	2,55	0,25	0,35	0,223	2	23,600	10,532
Jumlah					137		1228,343

Langkah perhitungan berat balok pada tingkat 2, 3, 4 dan 5 sama seperti pada Tabel 5.11 untuk SNI 1727-2013 dan Tabel 5.12 untuk SNI 1727-2020. Hasil rekapitulasi berat balok pada setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Berat Balok

Tingkat	SNI 1727-2013	SNI 1727-2020
	Berat (kN)	Berat (kN)
1	1228,253	1228,343
2	1228,253	1228,343
3	1228,253	1228,343
4	1211,366	1211,410
5	1106,249	1115,830

4. Beban mati dinding

Beban dinding dikategorikan sebagai beban mati tambahan yang dibebankan pada balok di setiap tingkat. Beban dinding terdiri dari dinding penuh dan dinding tidak penuh. Dinding diasumsikan berupa dinding pasangan bata merah setengah batu dengan berat jenis 2,452 kN/m^2. Perhitungan berat dinding pada tingkat 1 dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Berat Dinding pada Tingkat 1

No.	Jenis Dinding	Kode Balok	Panjang Balok (m)	Panjang Dinding (m)	Tinggi Dinding (m)	Koefisien (%)	Bj Dinding (kN/m^2)	Jumlah	Berat (kN)
Dinding pada lantai dasar									
1	Dinding + Jendela	B3	3,9	3,6	2,63	77,82	2,452	17	307,085
2	Dinding + Jend. Ganda	B3	3,9	3,6	2,63	55,64	2,452	2	25,831
3	Dinding + 4 Ventilasi	B3	3,9	3,6	2,63	89,86	2,452	1	20,859
4	Dinding + 2 Ventilasi	B2	3,6	3,1	2,63	94,11	2,452	2	37,623
5	Dinding + 3 Ventilasi	B2	4,8	4,3	2,63	95,76	2,452	4	106,196
6	Bukaan	B2	3,6	3,1	2,63	0,00	2,452	2	0,000
7	Dinding + Pintu	B3	4,5	4,2	2,63	68,13	2,452	2	36,902
8	Dinding + Jend. Panjang	B3	3,9	3,6	2,63	67,47	2,452	2	31,322
9	Dinding + Jend. Teralis 1	B3	3,9	3,6	2,63	73,38	2,452	1	17,034
10	Dinding + Jend. Teralis 2	B3	3,9	3,6	2,63	42,33	2,452	1	9,826
11	Dinding Penuh	B1B2a	4,8	4,3	2,63	100,00	2,452	10	277,259
12	Dinding Penuh	B3	3,9	3,6	2,63	100,00	2,452	4	92,849
13	Dinding Penuh	B2	3,6	3,1	2,63	100,00	2,452	2	39,977
14	Dinding 60%	B1	4,8	4,3	2,63	60,00	2,452	4	66,542
15	Dinding 60%	B3	3,9	3,6	2,63	60,00	2,452	6	83,564
Jumlah								60	1152,871

Lanjutan Tabel 5.14 Berat Dinding pada Tingkat 1

No.	Jenis Dinding	Kode Balok	Panjang Balok (m)	Panjang Dinding (m)	Tinggi Dinding (m)	Koefisien (%)	Bj Dinding (kN/m^2)	Jumlah	Berat (kN)
½ Dinding pada lantai 2									
1	Dinding Penuh	B1	4,8	4,3	1,12	100,00	2,452	24	282,108
2	Dinding Penuh	B2	4,8	4,3	1,12	100,00	2,452	4	47,018
3	Dinding Penuh	B2	4,8	4,55	1,12	100,00	2,452	2	24,876
4	Dinding Penuh	B2	3,6	3,1	1,12	100,00	2,452	2	16,948
5	Dinding + Jendela	B3	3,9	3,6	1,12	61,63	2,452	26	157,701
6	Dinding + Jend. Ganda	B3	4,5	4,2	1,12	69,89	2,452	2	16,049
7	Dinding + Ventilasi	B3	4,5	4,2	1,12	88,90	2,452	2	20,413
8	Dinding + 4 Ventilasi	B2	4,8	4,3	1,12	89,99	2,452	2	21,155
9	Dinding + 3 Ventilasi	B2	4,8	4,3	1,12	92,49	2,452	2	21,744
10	Dinding + Pintu	B3	3,9	3,6	1,12	78,08	2,452	24	184,404
11	Setengah Dinding	B2	3,6	3,1	1,12	46,19	2,452	2	7,828
Jumlah								92	800,243
Berat Total Dinding (dinding lantai dasar + ½ lantai 2)									1953,114

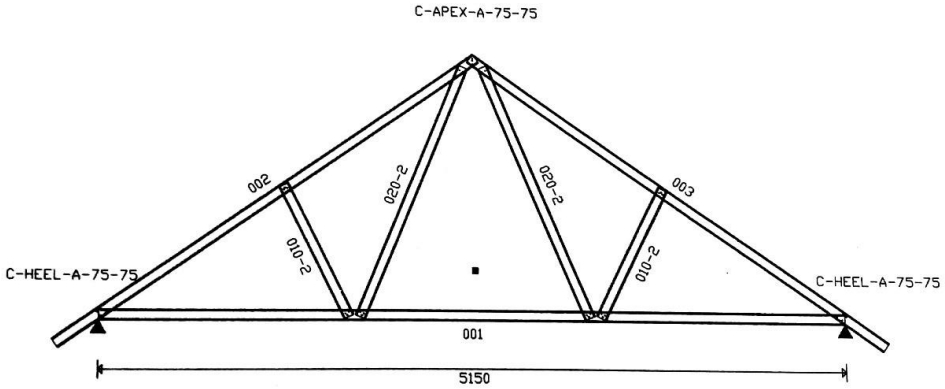
Perhitungan berat dinding untuk tingkat selanjutnya dilakukan sama seperti pada Tabel 5.14 dengan jenis dinding sama seperti pada tingkat 1. Hasil rekapitulasi perhitungan berat dinding pada setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Berat Dinding

Tingkat	Berat Dinding (kN)
1	1953,114
2	1600,487
3	1600,487
4	1600,487
5	800,989

5. Beban rangka atap

Beban rangka atap dihitung tersendiri sesuai dengan struktur kuda-kuda pada *as built drawing*. Hasil reaksi pada perletakan struktur kuda-kuda dimodelkan sebagai beban titik pada ring balok RB 2. Material yang digunakan pada struktur kuda-kuda adalah baja ringan. Gambar potongan kuda-kuda dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Detail Potongan Kuda-kuda

a. Detail kuda-kuda

Jumlah kuda-kuda = 44

Bentang kuda-kuda = 5,15 m

Panjang atap bangunan = 59,7 m

Jarak antar kuda-kuda = 1,36 m

Jumlah reng = 12

Panjang sisi miring atap = 3,197 m

Jenis profil = C 75.75

Jarak antar web = 1,717 m

b. Beban mati penutup atap

Beban mati tambahan penutup atap didistribusikan sebagai beban merata pada kuda-kuda. Perhitungan beban mati penutup atap dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Beban Mati Penutup Atap

Elemen	**Panjang (m)**	**Q (kN/m^2)**		**q (kN/m)**	
		SNI 1727-2013	**SNI 1727-2020**	**SNI 1727-2013**	**SNI 1727-2020**
Penutup atap genteng		0,49	0,48		
Sisi penutup atap	3,197				
Q_D Penutup Atap				1,568	1,535

c. Beban mati plafon

Beban mati tambahan plafon didistribusikan sebagai beban titik pada kuda-kuda. Perhitungan beban mati plafon dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Beban Mati Plafon

Elemen	**Panjang (m)**	**Q (kN/m^2)**		**q (kN/m)**	
		SNI 1727-2013	**SNI 1727-2020**	**SNI 1727-2013**	**SNI 1727-2020**
Plafon		0,108	0,19		
Jarak antar kuda-kuda	1,36				
Jarak antar web	1,717				
Q_D Palfon				0,251	0,443

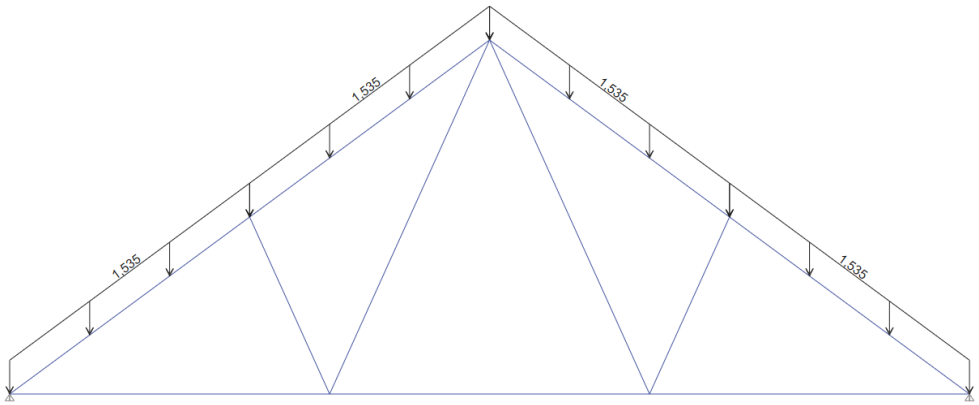
d. Beban hidup

Beban hidup yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah beban pekerja. Beban tersebut didistribusikan sebagai beban terpusat dan ditempatkan pada join dan web kuda-kuda. Perhitungan beban hidup dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

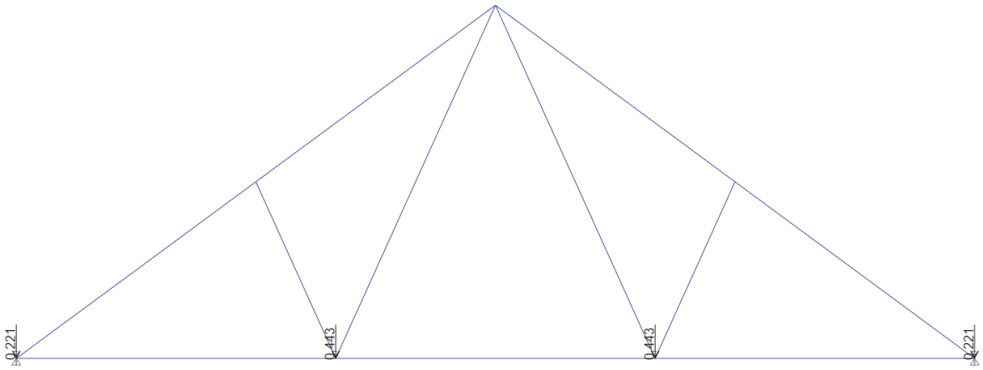
Tabel 5.18 Beban Hidup Atap

Elemen	Panjang (m)	Q (kN/m^2)	q (kN/m)
Beban pekerja			1,33
Q_L Atap			1,33

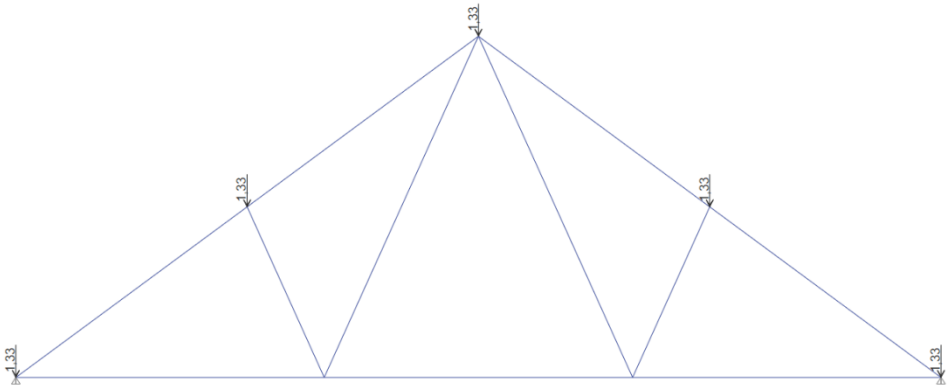
Setelah dilakukan perhitungan beban tiap elemen, selanjutnya dilakukan pemodelan struktur kuda-kuda menggunakan *SAP2000 v.22*. Struktur kuda-kuda dimodelkan secara 2D dengan tumpuan sendi pada *base-plate* yang diasumsikan sesuai dengan *as built drawing*. Pendistribusian beban pada rangka atap dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai Gambar 5.5



Gambar 5.3 Beban Mati Penutup Atap (kN)



Gambar 5.4 Beban Mati Plafon (kN)



Gambar 5.5 Beban Hidup Atap (kN)

Hasil reaksi tumpuan atap terhadap beban mati dan beban yang telah didistribusikan dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Reaksi Tumpuan Atap

Join	Beban	Reaksi			
		SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
		F_1 (kN)	F_3 (kN)	F_1 (kN)	F_3 (kN)
1	*Dead*	4,927	5,473	5,064	5,655
	Live	2,410	3,325	2,410	3,325
2	*Dead*	-4,927	5,473	-5,064	5,655
	Live	-2,410	3,325	-2,410	3,325

Hasil reaksi tumpuan atap kemudian dimasukkan ke dalam program *SAP2000 v.22* sebagai beban merata yang diletakkan pada ring balok dengan perhitungan sebagai berikut.

Beban mati atap SNI 2013 $= \frac{Reaksi\ di\ join}{Jarak\ antar\ kuda-kuda}$

$= \frac{5,473}{1,36}$

= 4,034 kN/m

Berat atap akibat beban mati SNI 2013 = 2 x jumlah kuda-kuda x reaksi di join

= 2 x 44 x 5,473

= 481,642 kN

Beban mati atap SNI 2020 = 4,168 kN/m

Berat atap akibat beban mati SNI 2020 = 497,614 kN

Beban hidup = 2,451 kN/m

Berat atap akibat beban hidup = 292,600 kN

6. Beban tandon air

Beban tandon air dikategorikan sebagai beban mati tambahan yang membebani pelat *rooftank*. Perhitungan berat tandon dilakukan sebagai berikut.

Kebutuhan air asrama = 120 *l*/penghuni/hari

(berdasarkan Pergub DKI Jakarta No: 122/2005)

Jumlah kamar penghuni = 96 kamar

Luas pelat terdistribusi tandon air = 56,16 m^2

Kebutuhan air total = kebutuhan air x jumlah kamar

= 120 x 96

= 11520 liter/ hari

Jumlah tandon yang digunakan = 3 buah

Kapasitas tandon yang diperlukan $= \frac{\text{kebuthan air total}}{\text{jumlah tandon}}$

$= \frac{11520}{3}$

= 3840 liter

Asumsi jenis tandon yang dipakai = TB400

Berat kosong tandon = 100 kg

Kapasitas tandon = 4100 liter

Berat air $= \frac{\text{volume air}}{\text{massa jenis}} = \frac{4100\ liter}{1\ kg/liter}$ = 4100 kg

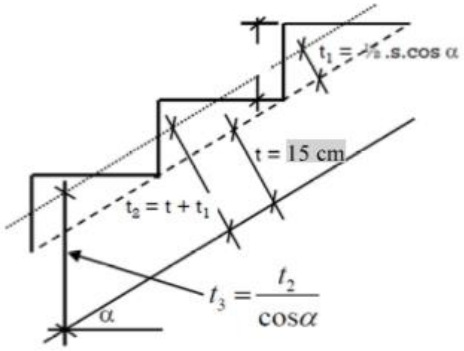
Berat 1 tandon + air = 100 + 4100 = 4200 kg

Berat total tandon air = 3 x 4200 x 0,0098 = 123,606 kN

Berat tandon air/m^2 = $\frac{123,606}{56,16}$ = 2,201 kN/m^2

7. Beban tangga

Pada penelitian ini, tangga dimodelkan sebagai pelat datar pada struktur. Tebal pelat tangga (t) diketahui sebesar 150 mm. Tebal tersebut merupakan tebal miring, sehingga untuk menghitung beban tangga perlu dihitung tebal vertikalnya. Perhitungan tebal vertikal tangga dilakukan sebagai berikut.



Gambar 5.6 Tinggi Vertikal Tangga

t_1 = $\frac{1}{2}$ s x cos a

= $\frac{1}{2}$ x 150 x cos $\left(tan^{-1}\frac{optrede}{antrede}\right)$

= $\frac{1}{2}$ x 150 x cos $\left(tan^{-1}\frac{175}{280}\right)$

= 62,343 mm

t_2 = t + t_1

= 150 + 62,343

= 212,343 mm

t_3 = $\frac{t_2}{\cos\alpha}$

= $\frac{212,343}{\cos(32,005)}$

= 255,452 mm

Perhitungan beban mati pelat tangga dan pelat bordes masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan Tabel 5.21, sedangkan perhitungan total beban tangga tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.20 Beban Mati Pelat Tangga

		SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
Elemen	**Tebal (m)**	**BJ (kN/m^3)**	**q (kN/m^2)**	**BJ (kN/m^3)**	**q (kN/m^2)**
Pelat Tangga	0,255	23,536	6,012	23,600	6,029
Pasir	0,03	15,691	0,471	15,700	0,471
Spesi	0,02	16,671	0,333	20,400	0,408
Keramik			0,172		0,172
Q_D Pelat Tangga			6,988		7,080

Tabel 5.21 Beban Mati Bordes

		SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
Elemen	**Tebal (m)**	**BJ (kN/m^3)**	**q (kN/m^2)**	**BJ (kN/m^3)**	**q (kN/m^2)**
Pelat Bordes	0,15	23,536	3,530	23,600	3,540
Pasir	0,03	15,691	0,471	15,700	0,471
Spesi	0,02	16,671	0,333	20,400	0,408
Keramik			0,172		0,172
Q_D Bordes			4,506		4,591

Tabel 5.22 Beban Mati pada Tangga

				SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
Elemen	**Panjang (m)**	**Lebar (m)**	**Jumlah**	**QD (kN/m^2)**	**Berat (kN)**	**QD (kN/m^2)**	**Berat (kN)**
Tangga utama							
Pelat Tangga	2,696	1,4	2	6,988	52,749	7,080	53,440
Bordes	3,25	1,68	1	4,506	24,604	4,591	25,067
Tangga Servis							
Pelat Tangga	2,696	1,2	4	6,988	90,426	7,080	91,612
Bordes 1	2,7	1,45	2	4,506	35,283	4,591	35,948
Bordes 2	2,7	1,11	2	4,506	27,010	4,591	27,518

8. Beban *shearwall*

Pada penelitian ini, *shearwall* hanya dimodelkan dan diperhitungkan secara sederhana. Perhitungan beban *shearwall* dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Beban *Shearwall*

Jenis *Shearwall*	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah	SNI 1727-2013		SNI 1727-2020	
					BJ (kN/m3)	Berat (kN)	BJ (kN/m3)	Berat (kN)
SW 250	4,5	0,25	3,2	4	23,536	338,918	23,600	339,840
	4,8	0,25	3,2	4	23,536	361,512	23,600	362,496
SW 200	3,9	0,2	3,2	2	23,536	117,492	23,600	117,811
	4,5	0,2	3,2	1	23,536	67,784	23,600	67,968
	4,8	0,2	3,2	2	23,536	144,605	23,600	144,998
Berat total						1030,3010		1033,114

5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan pada penelitian ini ditentukan berdasarkan peraturan SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020, namun tidak ada perbedaan dalam aturan tersebut. Beban hidup didisitribusikan sesuai dengan fungsi lantai yang digunakan pada pelat lantai.

Nilai beban hidup yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Beban hidup pada pelat lantai
   a. Ruang pribadi dan koridornya, Q_L = 1,92 kN/m^2
   b. Kamar mandi, Q_L = 1,92 kN/m^2
   c. Koridor, Q_L = 4,79 kN/m^2
2. Beban hidup pada pelat atap *rooftank*
   Beban yang digunakan berdasarkan bentuk atap yaitu atap datar, Q_L = 0,96 kN/m^2
3. Beban hidup pada kuda-kuda atap
   Beban hidup terpusat berupa beban pekerja pemelihataan, Q_L = 1,33 kN
4. Beban hidup pada tangga
   Beban hidup terpusat pada tangga tetap, Q_L = 1,33 kN

Nilai beban hidup didistribusikan pada masing-masing elemen sehingga didaptkan beratnya. Perhitungan berat pelat akibat beban hidup untuk pelat lantai, pelat rooftank dan tangga dapat dilihat pada Tabel 5.24, Tabel 5.25 dan Tabel 5.26.

Tabel 5.24 Berat Pelat Lantai Akibat Beban Hidup

Elemen Pelat	Ukuran		Jumlah	Q_L (kN/m2)	Berat (kN)
	P (m)	L (m)			
PL 1	3,9	4,8	24	1,92	862,618
			2	4,79	179,338

Lanjutan Tabel 5.24 Berat Pelat Lantai Akibat Beban Hidup

Elemen Pelat	Ukuran		Jumlah	Q_L (kN/m2)	Berat (kN)
	P (m)	L (m)			
PL 2	3,9	3,6	2	4,79	134,503
PL 3	4,5	3,6	4	1,92	124,416
PL 4	4,5	4,8	2	1,92	82,944
PL 5	1,8	4,8	2	1,92	33,178
PL 6	3,9	2	2	1,92	29,952
Selasar 1	64,38		1	1,92	123,610
Selasar 2	81,23		1	1,92	155,952
Jumlah			40		1726,510

Tabel 5.25 Berat Pelat Atap *Rooftank* Akibat Beban Hidup

Elemen Pelat	Ukuran		Jumlah	Q_L (kN/m2)	Berat (kN)
	P (m)	L (m)			
PA 1	3,9	3,6	4	0,96	53,914
PA 2	4,5	3,6	4	0,96	62,208
Selasar 1	64,38		1	0,96	61,805
Selasar 2	81,23		1	0,96	77,976
Jumlah			10		255,902

Tabel 5.26 Berat Tangga Akibat Beban Hidup

Elemen Pelat	Ukuran		Jumlah	Q_L (kN/m2)	Berat (kN)
	P (m)	L (m)			
Tangga Utama					
Pelat Tangga	2,696	1,4	2	0,352	2,660
Bordes	3,25	1,68	1	0,244	1,330
Tangga Servis					
Pelat Tangga	2,696	1,2	4	0,411	5,320
Bordes 1	2,7	1,45	2	0,340	2,660
Bordes 2	2,7	1,11	2	0,444	2,660

5.2.3 Berat Seismik Efektif Bangunan (Wt)

Hasil perhitungan berat bangungan seismik efektif berdasarkan peraturan SNI 1727-2013 dan SNI 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 5.27 dan Tabel 5.28.

Tabel 5.27 Berat Seismik Efektif SNI 1727-2013

Elemen	Berat (kN)				
	Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3	Tingkat 4	Tingkat 5
Pelat	3345,237	3345,237	3345,237	3345,237	957,323
Balok	1228,253	1228,253	1228,253	1211,366	1106,249
Kolom	1162,771	707,773	707,773	704,808	350,921

Lanjutan Tabel 5.27 Berat Seismik Efektif SNI 1727-2013

Elemen	Berat (kN)				
	Tingkat 1	**Tingkat 2**	**Tingkat 3**	**Tingkat 4**	**Tingkat 5**
Dinding	1953,114	1600,487	1600,487	1600,487	800,989
Tangga	230,072	230,072	230,072	230,072	
Shearwall	1059,683				
Atap					481,624
Tandon Air					123,606
Total Beban Mati	8979,130	7111,823	7111,823	7091,970	3820,729
Beban hidup	1747,389	1747,389	1747,389	1747,389	551,627
$1Q_D + 0,3Q_L$	9503,347	7636,039	7636,039	7616,187	3986,217
Berat Total	36377,813				
Berat Total (*SAP2000*)	38005,720				

Tabel 5.28 Berat Seismik Efektif SNI 1727-2020

Elemen	Berat (kN)				
	Tingkat 1	**Tingkat 2**	**Tingkat 3**	**Tingkat 4**	**Tingkat 5**
Pelat	3463,955	3463,955	3463,955	3463,955	971,478
Balok	1228,343	1228,343	1228,343	1211,410	1115,830
Kolom	1165,934	709,699	709,699	706,726	351,876
Dinding	1953,114	1600,487	1600,487	1600,487	800,989
Tangga	236,324	229,750	229,750	229,750	
Shearwall	1033,114				
Atap					497,614
Tandon Air					123,606
Total Beban Mati	9080,784	7232,234	7232,234	7212,327	3861,392
Beban hidup	1741,140	1741,140	1741,140	1741,140	548,502
$1Q_D + 0,3Q_L$	9603,126	7754,576	7754,576	7734,669	4025,943
Berat Total	36872,890				
Berat Total (*SAP2000*)	38598,917				

Berdasarkan Tabel 5.27 dan Tabel 5.28, perbandingan berat total gedung hasil perhitungan dan hasil analisis program *SAP2000 v.22* yaitu sebesar 4,48% untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 4,68% untuk peraturan SNI 1726-2019. Kedua hasil tersebut masih memenuhi batas kelayakan ratio berat total gedung sebesar 5%.

5.3 Perhitungan Beban Gempa SNI 1726-2012

Tahapan perhitungan beban gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut.

1. Penentuan kategori risiko, faktor keutamaan gempa (I_e) dan kelas situs

   Faktor keutamaan gempa (I_e) ditentukan berdasarkan kategori risiko, sementara kategori risiko ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan gedung

sesuai Tabel 3.8. Pada penelitian ini, gedung diperuntukan sebagai gedung asrama maka gedung termasuk dalam kategori risiko II dan faktor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan Tabel 3.9 adalah 1,0. Gedung Rusunawa Mahasiswi Universitas Islam Indonesia ini berlokasi di Jalan Kaliurang, Sleman, Yogyakarta dengan asumsi jenis tanah sedang. Berdasarkan Tabel 3 SNI 1726-2012, kelas situs gedung ini adalah SD.

2. Penentuan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) dan periode 1 setik (S_1)

   Nilai S_s dan S_1 ditentukan berdasarkan letak bangunan. Penentuan nilai S_s menggunakan peta respons spektra percepatan 0,2 detik pada Gambar 3.1 dan S_1 ditentukan dengan peta respons spektra percepatan 1 detik pada Gambar 3.2. Kisaran nilai S_s dan S_1 tergantung dari warna pada daerah letak bangunan berada. Untuk mendapatkan nilai S_s dan S_1 yang lebih akurat dan sesuai dengan koordinat lokasi, maka pada penelitian ini digunakan *website http://puskim.pu.go.id*. Pada *website* tersebut, peneliti perlu menginput koordinat lokasi bangunan dan akan muncul nilai S_s sebesar 0,967 g dan nilai S_1 sebesar 0,370 g.

3. Penentuan nilai koefisien situs (F_a dan F_v)

   Faktor amplifikasi F_a dan F_v ditentukan berdasarkan kelas situs SD, nilai S_s dan nilai S_1. Dikarenakan nilai S_s berada pada rentang 0,75 – 1,0, maka nilai F_a berkisar antara 1,2 – 1,1. Untuk mendapatkan nilai F_a yang lebih akurat, maka digunakan metode interpolasi. Nilai F_a yang didapatkan adalah sebesar 1,113. Cara yang sama berlaku untuk mencari nilai F_v, karena nilai S_1 berada pada rentang 0,3 – 0,4, maka nilai F_v berkisar antara 1,8 – 1,6. Nilai F_v yang didapatkan adalah sebesar 1,66.

4. Parameter respons spektrum percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1})

   Nilai S_{MS} dan S_{M1} ditentukan sesuai persamaan 3.1 dan 3.2. Berikut merupakan perhitungan nilai S_{MS} dan S_{M1}.

   $$S_{MS} = F_a \times S_s$$

= 1,113 x 0,967

= 1,076 g

S_{M1} = F_v x S_1

= 1,66 x 0,37

= 0,614 g

5. Parameter percepatan spektral desain periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1})

   Nilai S_{DS} dan S_{D1} ditentukan sesuai dengan persamaan 3.3 dan 3.4. Berikut merupakan perhitungan nilai S_{DS} dan S_{D1}.

S_{DS} = $\frac{2}{3}$ x S_{MS}

= $\frac{2}{3}$ x 1,076

= 0,718 g

S_{D1} = $\frac{2}{3}$ x S_{M1}

= $\frac{2}{3}$ x 0,614

= 0,409 g

6. Penentuan koefisien risiko terpetakan C_{RS} dan C_{R1}

   Nilai C_{RS} dan C_{R1} ditentukan berdasarkan peta lokasi bangunan sesuai Gambar 3.5 dan Gambar 3.6. Untuk mendapatkan nilai C_{RS} dan C_{R1} yang lebih akurat dan sesuai dengan koordinat lokasi, maka pada penelitian ini digunakan *website http://puskim.pu.go.id*. Nilai C_{RS} dan C_{R1} yang didapat adalah sebesar 0,946 dan 1,0.

7. Penentuan faktor risiko terpetakan S_{DSR} dan S_{D1R}

   Nilai S_{DSR} dan S_{D1R} ditentukan sesuai dengan persamaan 3.5 dan 3.6. Berikut merupakan perhitungan nilai S_{DSR} dan S_{D1R}.

S_{DSR} = C_{RS} x S_{DS}

= 0,946 x 0,718

= 0,679 g

S_{D1R} = C_{R1} x S_{D1}

= 1,0 x 0,409

= 0,409 g

8. Pembuatan kurva spektrum respons desain

Langkah-langkah dalam pembuatan kurva spektrum respons adalah sebagai berikut.

a. Penentuan periode T_0 dan T_S

$$T_0 = 0{,}2 \times \frac{S_{D1R}}{S_{DSR}}$$

$$= 0{,}2 \times \frac{0{,}409}{0{,}679}$$

= 0,121 detik

$$T_S = \frac{S_{D1R}}{S_{DSR}}$$

$$= \frac{0{,}409}{0{,}679}$$

= 0,603 detik

b. Penentuan nilai S_a untuk $T < T_0$

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

$$= 0{,}679\left(0{,}4 + 0{,}6\frac{0}{0{,}121}\right)$$

= 0,272 g

c. Penentuan nilai Sa untuk $T=T_0$

S_a = S_{DSR}

= 0,679 g

d. Penentuan nilai S_a untuk $T>T_S$

$$S_a = \frac{S_{D1R}}{T}$$

$$= \frac{0{,}409}{0{,}61}$$

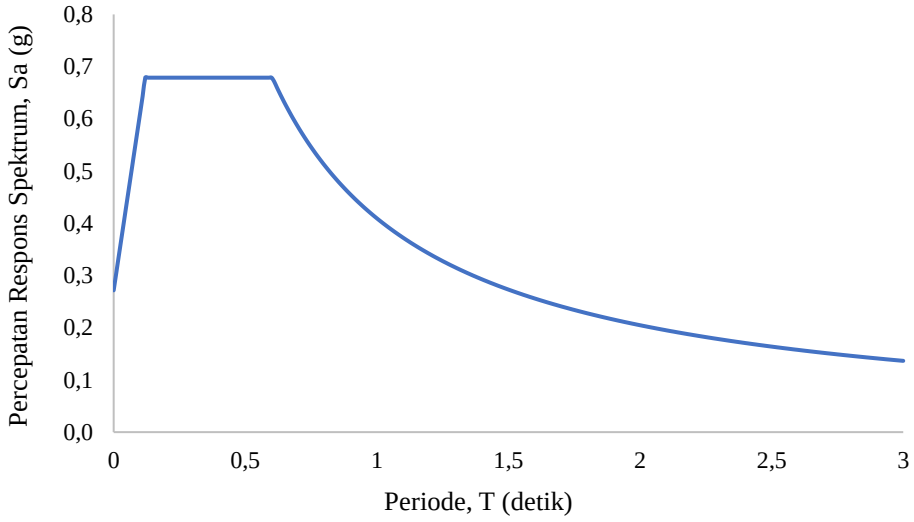
$$= 0{,}671 \text{ g}$$

Untuk selanjutnya, spektrum respons desain struktur dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2012

T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)
0	0,272	1,1	0,372	2,2	0,186
0,1	0,609	1,2	0,341	2,3	0,178
0,2	0,679	1,3	0,315	2,4	0,171
0,3	0,679	1,4	0,292	2,5	0,164
0,4	0,679	1,5	0,273	2,6	0,157
0,5	0,679	1,6	0,256	2,7	0,152
0,6	0,679	1,7	0,241	2,8	0,146
0,7	0,577	1,8	0,227	2,9	0,141
0,8	0,512	1,9	0,216	3,0	0,136
0,9	0,455	2,0	0,205		
1,0	0,409	2,1	0,195		

Dari hubungan antara periode getar (T) dan percepatan respons spektra (S_a), diperoleh kurva respons spektrum yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2012

9. Penentuan kategori desain seismik

   Kategori desain seismik ditentukan oleh nilai S_{DSR} dan S_{D1R} serta kategori risiko bangunan. Dari perhitungan sebelumnya, diketahui nilai S_{DSR} lebih dari 0,5 dan S_{D1R} lebih dari 0,2 serta memiliki kategori risiko II, sehingga gedung ini memliki kategori desain seismik D.

10. Penentuan koefisien modifikasi respon (R) dan faktor pembesaran defleksi (C_d)

    Sesuai SNI 1726-2012, gedung pada penelitian ini memiliki sistem penahan gaya seismik berupa rangka beton bertulang pemikul momen khusus. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 3.17 nilai koefisien modifikasi respon (R) adalah 8 dan faktor pembesaran defleksi (C_d) adalah 5,5.

11. Pendekatan periode fundamental struktur (T)

    Periode fundamental ditentukan dengan cara membandingkat T hasil perhitungan sesuai SNI 1726-2012 dengan T hasil analisis program *SAP2000 v.22*.

    a. Menentukan nilai periode minimum (T_a)

       Dari persamaan 3.12 diketahui bahwa untuk menghitung nilai T_a, perlu tinggi bangunan (h_n), koefisien C_t dan *x*. Dari Tabel 5.1 diketahui tinggi bangunan (h_n) sebesar 14,4 m. Koefisien C_t dan *x* ditentukan berdasarkan

tipe struktur yang digunakan (dapat dilihat pada Tabel 3.14). Untuk tipe struktur rangka beton pemikul momen, nilai C_t dan *x* adalah 0,0466 dan 0,9. Selanjutnya, nilai T_a dapat dihitung sebagai berikut.

$T_a = C_t \times h_n^{x}$

$= 0{,}0466 \times 14{,}4^{0{,}9}$

$= 0{,}514$ detik

b. Menentukan nilai periode maksimum (T_{max})

Periode maksimum bangunan ditentukan berdasarkan nilai C_u. Nilai C_u adalah koefisien batas atas pada periode yang dihitung berdasarkan nilai S_{D1R} (dapat dilihat pada Tabel 3.15). Dikarenakan nilai S_{D1R} lebih besar dari 0,4, maka diperoleh nilai C_u sebesar 1,4. Lalu, nilai T_{max} dapat dihitung sebagai berikut.

$T_{max} = C_u \times T_a$

$= 1{,}4 \times 0{,}514$

$= 0{,}720$ detik

c. Nilai periode hasil analisis *SAP2000 v.22* (T_c)

Setelah analisis dilakukan pada program *SAP2000 v.22*, maka didapatkan nilai periode struktur (T_c) sebesar 0,694 detik.

d. Nilai periode struktur yang digunakan

Dari ketiga nilai periode (T_a, T_{max} dan T_{crack}) dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Perbandingan Periode Fundamental Struktur (T)

Berdasarkan hasil perbandingan pada Gambar 5.8, periode struktur yang akan digunakan disesuaikan dengan syarat-syarat berikut:

1) Jika $T_c > T_{max}$, maka $T = T_{max}$,
2) Jika $T_a < T_c < T_{max}$, maka $T = T_c$, dan
3) Jika $T_c < T_a$, maka $T = T_a$.

Dari ketiga syarat di atas dapat disimpulkan T yang digunakan adalah T_c = 0,694 detik.

12. Penentuan koefisien respons seismik (C_s)

Langkah-langkah perhitungan koefisien respons seismik (C_s) adalah sebagai berikut.

a. Nilai C_s dihitung dengan persamaan 3.15.

$$C_s = \frac{S_{DSR}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$
$$= \frac{0{,}679}{\left(\frac{8}{1}\right)}$$
$$= 0{,}0849 \text{ g}$$

b. Nilai C_s maksimum dihitung dengan persamaan 3.16.

$$C_{s\,max} = \frac{S_{D1R}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$
$$= \frac{0{,}409}{0{,}694\left(\frac{8}{1}\right)}$$
$$= 0{,}0737 \text{ g}$$

c. Nilai Cs minimum dihitung dengan persamaan 3.18.

$$C_{s\,min} = 0{,}044 \times S_{DSR} \times I_e \geq 0{,}01$$
$$= 0{,}044 \times 0{,}679 \times 1$$
$$= 0{,}0299 > 0{,}01$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi $C_{s\ max}$ dan tidak kurang dari $C_{s\ min}$, sehingga nilai C_s yang dipakai adalah 0,0737 g.

13. Perhitungan gaya geser dasar

    Gaya geser dasar dihitung dengan persamaan 3.14 berikut.

$$V = C_s \times W_t$$
$$= 0{,}0737 \times 36377{,}813$$
$$= 2681{,}984 \text{ kN}$$

14. Distribusi vertikal gaya gempa

    Untuk menghitung gaya gempa lateral (F_i) pada setiap tingkat, perlu diketahui terlebih dahulu nilai faktor distribusi vertikal (C_v) yang dihitung sebagai berikut.

    a. Nilai *k*

    Nilai *k* merupakan suatu eksponen yang akan digunakan sebagai suatu pangkat pada perhitungan C_v. Dikarenakan nilai periode berada di antara 0,5 – 2,5 s yaitu 0,694, maka nilai *k* harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier agar nilai *k* yang dipakai lebih akurat.

$$k = \left[\frac{(2-1) \times (0{,}694-0{,}5)}{(2{,}5-0{,}5)}\right] + 1$$
$$= 1{,}097$$

    b. Nilai C_v

    Nilai C_v dihitung menggunakan persamaan 3.21. Contoh perhitungan C_v pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

$$C_{v\ \text{tingkat 1}} = \frac{W_i \times h_i^{\,k}}{\sum_{i=1}^{n} W_i \times h_i^{\,k}}$$
$$= \frac{34047{,}598}{358038{,}508}$$
$$= 0{,}0951$$

c. Gaya gempa lateral (F_i)

Setelah mendapatkan nilai *k* dan C_v, maka gaya gempa lateral dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.20. Contoh perhitungan F_i pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

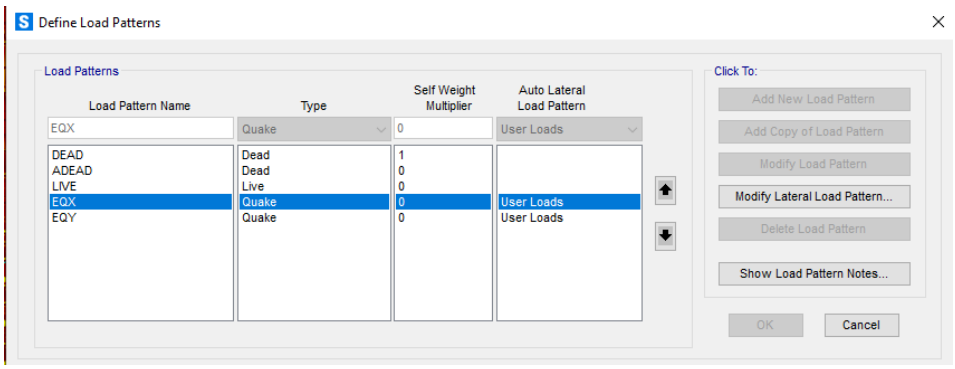
$$F_{tingkat\ 1} = C_{v\ tingkat\ 1} \times V$$
$$= 0{,}0951 \times 2681{,}984$$
$$= 255{,}043\ kN$$

Rekapitulasi perhitungan gaya gempa lateral di setiap tingkat (F_i) dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut ini.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2012)

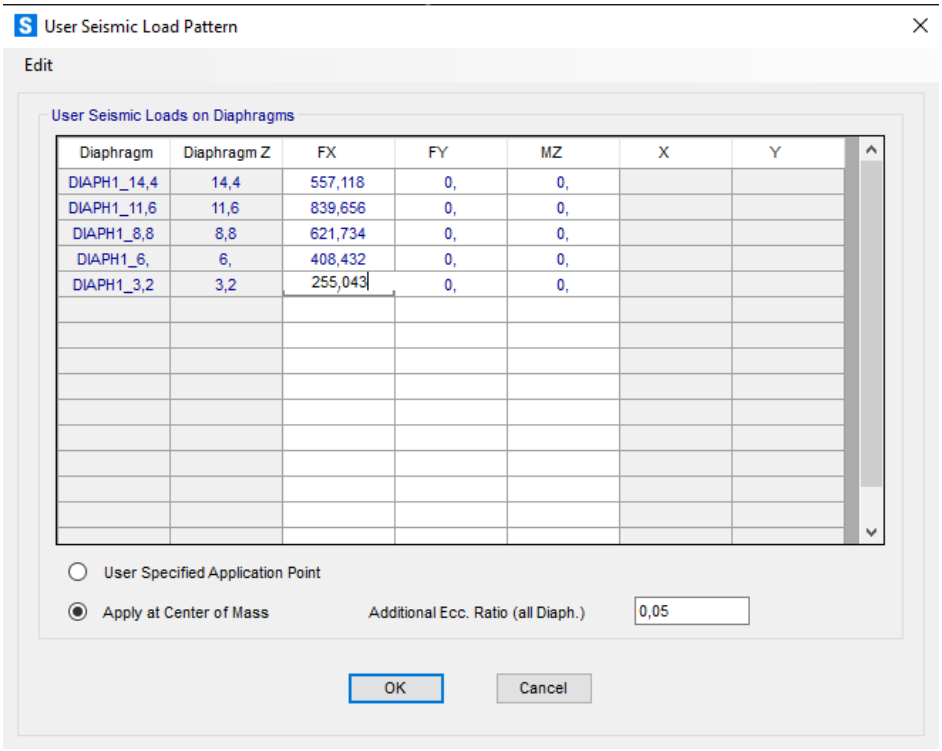
Tingkat	W_i (kN)	H_i (m)	H_i^k (m)	$W_iH_i^k$	C_{vi}	F_i (kN)
1	9503,347	3,2	255,043	34047,598	0,0951	255,043
2	7636,039	6	408,432	54524,674	0,1523	408,432
3	7636,039	8,8	621,734	83000,082	0,2318	621,734
4	7616,187	11,6	839,656	112092,152	0,3131	839,656
5	3986,200	14,4	557,118	74374,002	0,2077	557,118
Jumlah				358038,508		2681,984

Gaya lateral F_i pada Tabel 5.30 kemudian dimasukan ke dalam *SAP2000* berupa beban EQX dan EQY dengan cara memilih menu *Define – Load Patterns* – mengisi EQX dan EQY pada kotak isian *Load* dengan tipe *Quake* – pada *Auto Lateral Load* dipilih *User Loads*. Detail pendefinisian EQX dan EQY dapat dilihat pada Gambar 5.9.



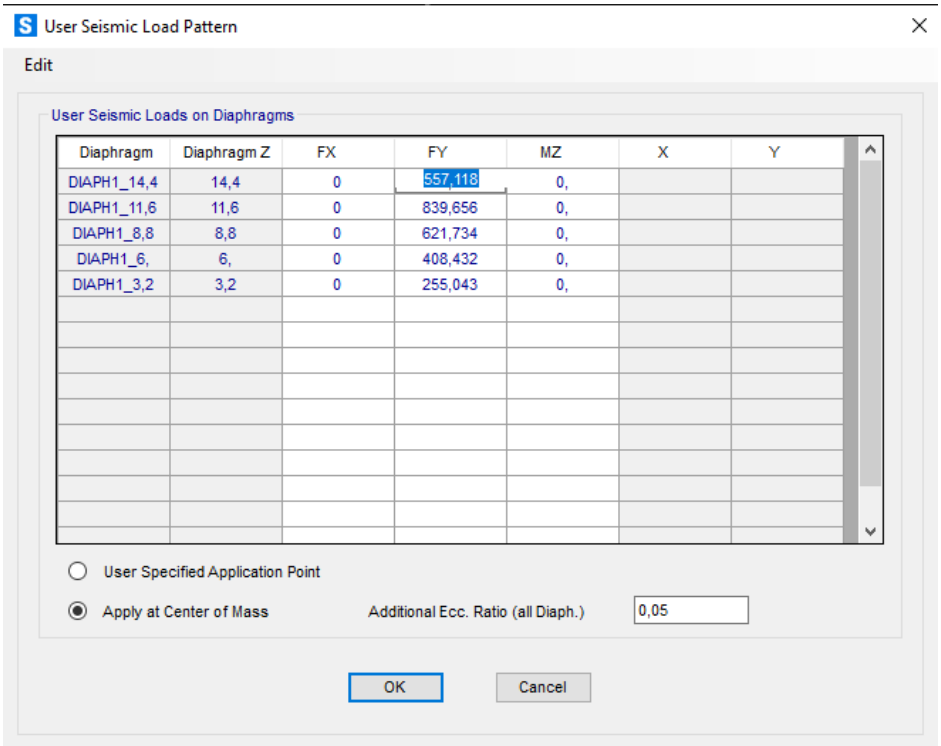
Gambar 5.9 Pendefinisian Gaya Gempa Lateral

Selanjutnya mengklik EQX dan *Modify Lateral Load Pattern*. Kemudian mengisi kotak *User Seismic Loads* dengan gaya F_i pada Tabel 5.30 pada kolom FX seperti pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 *User Seismic Loads* EQX (SNI 1726-2012)

Pendefinisian beban gempa EQY dilakukan dengan cara yang sama seperti pada EQX. Pada kotak *User Seismic Loads*, beban gempa F_i diisikan pada kolom FY seperti pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 *User Seismic Loads* EQY (SNI 1726-2012)

Beban gempa EQX dan EQY secara otomatis akan didistribusikan di pusat massa pada setiap tingkat gedung.

5.4 Perhitungan Beban Gempa SNI 1726-2019

Tahapan perhitungan beban gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut.

1. Penentuan kategori risiko, faktor keutamaan gempa (I_e) dan kelas situs

   Faktor keutamaan gempa (I_e) ditentukan berdasarkan kategori risiko, sementara kategori risiko ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan gedung sesuai Tabel 3.8. Pada penelitian ini, gedung diperuntukan sebagai gedung asrama maka gedung termasuk dalam kategori risiko II dan faktor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan Tabel 3.9 adalah 1,0. Gedung Rusunawa Mahasiswi Universitas Islam Indonesia ini berlokasi di Jalan Kaliurang, Sleman, Yogyakarta dengan asumsi jenis tanah sedang. Berdasarkan Tabel 5 SNI 1726-2019, kelas situs gedung ini adalah SD.

2. Penentuan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) dan periode 1 setik (S_1)

   Nilai S_s dan S_1 ditentukan berdasarkan letak bangunan. Penentuan nilai S_s menggunakan peta respons spektra percepatan 0,2 detik pada Gambar 3.3 dan S_1 ditentukan dengan peta respons spektra percepatan 1 detik pada Gambar 3.4. Kisaran nilai S_s dan S_1 tergantung dari warna pada daerah letak bangunan berada. Untuk mendapatkan nilai S_s dan S_1 yang lebih akurat dan sesuai dengan koordinat lokasi, maka pada penelitian ini digunakan *website* http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/. Pada *website* tersebut, peneliti perlu menginput koordinat lokasi bangunan dan akan muncul nilai S_s sebesar 1,009 g dan nilai S_1 sebesar 0,465 g.

3. Penentuan nilai koefisien situs (F_a dan F_v)

   Faktor amplifikasi F_a dan F_v ditentukan berdasarkan kelas situs SD, nilai S_s dan nilai S_1. Dikarenakan nilai S_s berada pada rentang 1,0 – 1,25, maka nilai F_a berkisar antara 1,1 – 1,0. Untuk mendapatkan nilai F_a yang lebih akurat, maka digunakan metode interpolasi. Nilai F_a yang didapatkan adalah sebesar 1,096. Cara yang sama berlaku untuk mencari nilai F_v, karena nilai S_1 berada pada rentang 0,4 – 0,5, maka nilai F_v berkisar antara 1,9 – 1,8. Nilai F_v yang didapatkan adalah sebesar 1,835.

4. Parameter respons spektrum percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1})

   Nilai S_{MS} dan S_{M1} ditentukan sesuai persamaan 3.1 dan 3.2. Berikut merupakan perhitungan nilai S_{MS} dan S_{M1}.

   $S_{MS} = F_a \times S_s$
   $= 1{,}096 \times 1{,}009$
   $= 1{,}106$ g

   $S_{M1} = F_v \times S_1$
   $= 1{,}835 \times 0{,}465$
   $= 0{,}853$ g

5. Parameter percepatan spektral desain periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1})

   Nilai S_{DS} dan S_{D1} ditentukan sesuai dengan persamaan 3.3 dan 3.4. Berikut merupakan perhitungan nilai S_{DS} dan S_{D1}.

   $S_{DS} = \frac{2}{3}$ x S_{MS}

   $= \frac{2}{3}$ x 1,106

   = 0,738 g

   $S_{D1} = \frac{2}{3}$ x S_{M1}

   $= \frac{2}{3}$ x 0,853

   = 0,569 g

6. Penentuan koefisien risiko terpetakan C_{RS} dan C_{R1}

   Nilai C_{RS} dan C_{R1} ditentukan berdasarkan peta lokasi bangunan sesuai Gambar 3.7 dan Gambar 3.8. Nilai C_{RS} dan C_{R1} yang didapat adalah sebesar 0,95 dan 0,95.

7. Penentuan faktor risiko terpetakan S_{DSR} dan S_{D1R}

   Nilai S_{DSR} dan S_{D1R} ditentukan sesuai dengan persamaan 3.5 dan 3.6. Berikut merupakan perhitungan nilai S_{DSR} dan S_{D1R}.

   S_{DSR} = C_{RS} x S_{DS}

   = 0,95 x 0,738

   = 0,701 g

   S_{D1R} = C_{R1} x S_{D1}

   = 0,95 x 0,569

   = 0,540 g

8. Pembuatan kurva spektrum respons desain

   Langkah-langkah dalam pembuatan kurva spektrum respons adalah sebagai berikut.

   a. Penentuan periode T_0, T_S, dan T_L

T_0 $= 0{,}2 \text{ x } \frac{S_{D1R}}{S_{DSR}}$

$= 0{,}2 \text{ x } \frac{0{,}540}{0{,}701}$

$= 0{,}154$ detik

T_S $= \frac{S_{D1R}}{S_{DSR}}$

$= \frac{0{,}540}{0{,}701}$

$= 0{,}771$ detik

Penentuan nilai T_L menggunakan peta transisi periode panjang pada Gambar 3.9. Untuk mendapatkan nilai T_L yang lebih akurat dan sesuai dengan koordinat lokasi, maka pada penelitian ini digunakan *website* http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/. Pada *website* tersebut, peneliti perlu menginput koordinat lokasi bangunan dan akan muncul nilai T_L sebesar 18 detik.

b. Penentuan nilai S_a untuk $T < T_0$

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

$= 0{,}701\left(0{,}4 + 0{,}6\frac{0}{0{,}154}\right)$

$= 0{,}280$ g

c. Penentuan nilai Sa untuk $T = T_0$

S_a $= S_{DSR}$

$= 0{,}701$ g

d. Penentuan nilai S_a untuk $T_S \geq T > T_0$

S_a $= \frac{S_{D1R}}{T}$

$$= \frac{0,540}{0,78}$$

$$= 0,693 \text{ g}$$

e. Penentuan nilai S_a untuk $T_S > T_L$

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2}$$

$$= \frac{0,540 \text{ x } 18}{19}$$

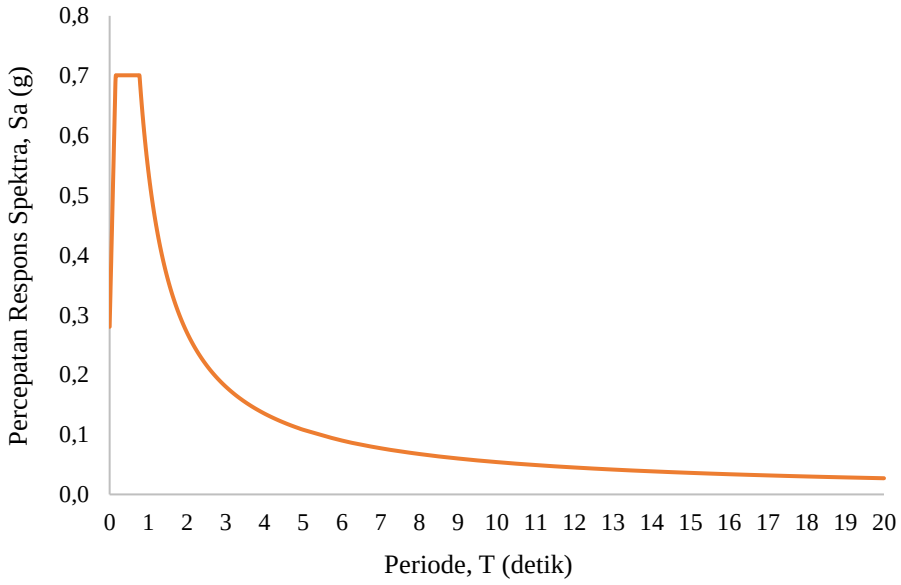
$$= 0,027 \text{ g}$$

Untuk selanjutnya, spektrum respons desain struktur dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2019

T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)
0	0,280	1,6	0,338	5,0	0,108
0,1	0,553	1,7	0,318	6,0	0,090
0,2	0,701	1,8	0,300	7,0	0,077
0,3	0,701	1,9	0,284	8,0	0,068
0,4	0,701	2,0	0,270	9,0	0,060
0,5	0,701	2,1	0,257	10,0	0,054
0,6	0,701	2,2	0,246	11,0	0,049
0,7	0,701	2,3	0,235	12,0	0,045
0,8	0,675	2,4	0,225	13,0	0,042
0,9	0,600	2,5	0,216	14,0	0,039
1,0	0,540	2,6	0,208	15,0	0,036
1,1	0,491	2,7	0,200	16,0	0,034
1,2	0,450	2,8	0,193	17,0	0,032
1,3	0,416	2,9	0,186	18,0	0,030
1,4	0,386	3,0	0,180	19,0	0,028
1,5	0,360	4,0	0,135	20,0	0,027

Dari hubungan antara periode getar (T) dan percepatan respons spektra (S_a), diperoleh kurva respons spektrum yang ditunjukkan pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.12 Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2019

9. Penentuan kategori desain seismik

   Kategori desain seismik ditentukan oleh nilai S_{DSR} dan S_{D1R} serta kategori risiko bangunan. Dari perhitungan sebelumnya, diketahui nilai S_{DSR} lebih dari 0,5 dan S_{D1R} lebih dari 0,2 serta memiliki kategori risiko II, sehingga gedung ini memliki kategori desain seismik D.

10. Penentuan koefisien modifikasi respon (R) dan faktor pembesaran defleksi (C_d)

    Tidak ada perubahan pada SNI 1726-2019 mengenai peraturan koefisien modifikasi respons dan faktor pembesaran defleksi. Maka nilai koefisien modifikasi respon dan faktor pembesaran defleksi yang digunakan sama dengan perarturan SNI 1726-2012 yaitu 8 dan 5,5.

11. Pendekatan periode fundamental struktur (T)

    Periode fundamental ditentukan dengan cara membandingkat T hasil perhitungan sesuai SNI 1726-2019 dengan T hasil analisis program *SAP2000 v.22*.

    a. Menentukan nilai periode minimum (T_a)

       Karena tidak ada perubahan peraturan pada SNI 1726-2019, maka nilai T_a yang digunakan sama dengan peraturan pada SNI 1726-2012 yaitu sebesar 0,514 detik.

b. Menentukan nilai periode maksimum (T_{max})

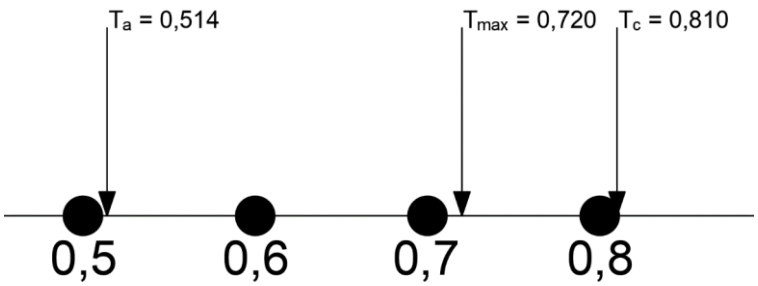
Karena tidak ada perubahan peraturan pada SNI 1726-2019, maka nilai T_{max} yang digunakan sama dengan peraturan pada SNI 1726-2012 yaitu sebesar 0,720 detik.

c. Nilai periode hasil analisis *SAP2000 v.22* (T_c)

Setelah analisis dilakukan pada program *SAP2000 v.22*, maka didapatkan nilai periode struktur (T_c) sebesar 0,810 detik.

d. Nilai periode struktur yang digunakan

Dari ketiga nilai periode (T_a, T_{max} dan T_{crack}) dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Perbandingan Periode Fundamental Struktur (T)

Berdasarkan hasil perbandingan pada Gambar 5.13, periode struktur yang akan digunakan disesuaikan dengan syarat-syarat berikut:

1) Jika $T_c > T_{max}$, maka $T = T_{max}$,
2) Jika $T_a < T_c < T_{max}$, maka $T = T_c$, dan
3) Jika $T_c < T_a$, maka $T = T_a$.

Dari ketiga syarat di atas dapat disimpulkan T yang digunakan adalah T_{max} = 0,720 detik.

12. Penentuan koefisien respons seismik (C_s)

Langkah-langkah perhitungan koefisien respons seismik (C_s) adalah sebagai berikut.

a. Nilai C_s dihitung dengan persamaan 3.15.

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

$$= \frac{0{,}701}{\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0{,}0876 \text{ g}$$

b. Karena nilai $T \leq T_L$, maka nilai C_s maksimum dihitung dengan persamaan 3.16.

$$C_{s\,max} = \frac{S_{D1R}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$= \frac{0{,}540}{0{,}720\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0{,}0939 \text{ g}$$

c. Nilai C_s minimum dihitung dengan persamaan 3.18.

$$C_{s\,min} = 0{,}044 \times S_{DSR} \times I_e \geq 0{,}01$$

$$= 0{,}044 \times 0{,}701 \times 1$$

$$= 0{,}0308 > 0{,}01$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi $C_{s\,max}$ dan tidak kurang dari $C_{s\,min}$, sehingga nilai C_s yang dipakai adalah 0,0876 g.

13. Perhitungan gaya geser dasar

Gaya geser dasar dihitung dengan persamaan 3.14 berikut.

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0{,}0876 \times 36872{,}890$$

$$= 3229{,}261 \text{ kN}$$

14. Distribusi vertikal gaya gempa

Untuk menghitung gaya gempa lateral (F_i) pada setiap tingkat, perlu diketahui terlebih dahulu nilai faktor distribusi vertikal (C_v) yang dihitung sebagai berikut.

a. Nilai *k*

Nilai *k* merupakan suatu eksponen yang akan digunakan sebagai suatu pangkat pada perhitungan C_v. Dikarenakan nilai periode berada di antara 0,5 – 2,5 s yaitu 0,720, maka nilai *k* harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier agar nilai *k* yang dipakai lebih akurat.

$$k = \left[\frac{(2-1)\ x\ (0{,}720-0{,}5)}{(2{,}5-0{,}5)}\right] + 1$$
$$= 1{,}110$$

b. Nilai C_v

Nilai C_v dihitung menggunakan persamaan 3.21. Contoh perhitungan C_v pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

$$C_{v\ tingkat\ 1} = \frac{W_i\ x\ {h_i}^k}{\sum_{i=1}^{n} W_i\ x\ {h_i}^k}$$
$$= \frac{34914{,}574}{373299{,}271}$$
$$= 0{,}0935$$

c. Gaya gempa lateral (F_i)

Setelah mendapatkan nilai *k* dan C_v, maka gaya gempa lateral dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.20. Contoh perhitungan F_i pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

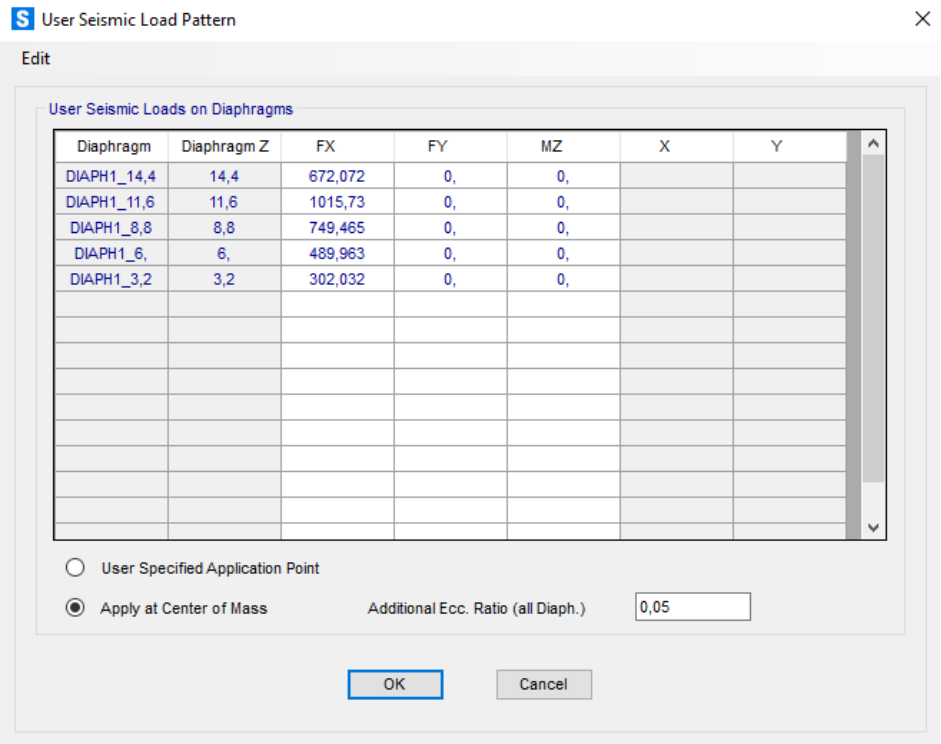
$$F_{tingkat\ 1} = C_{v\ tingkat\ 1}\ x\ V$$
$$= 0{,}0935\ x\ 3229{,}261$$
$$= 302{,}032\ kN$$

Rekapitulasi perhitungan gaya gempa lateral di setiap tingkat (F_i) dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut ini.

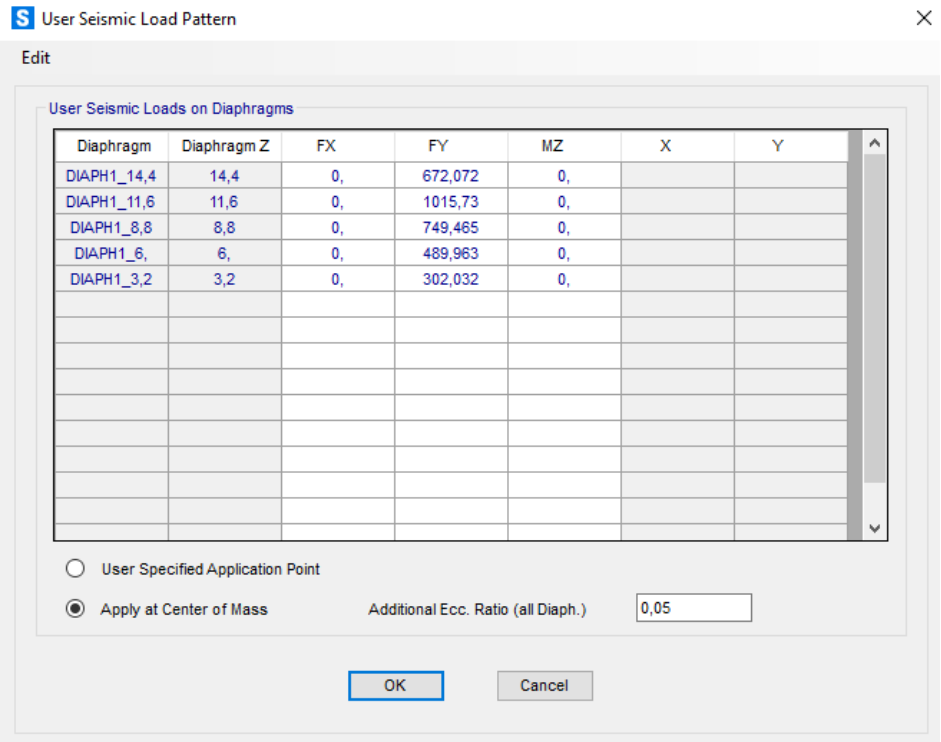
Tabel 5.32 Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2019)

Tingkat	W_i (kN)	H_i (m)	H_i^k (m)	$W_iH_i^k$	C_{vi}	F_i (kN)
1	9603,126	3,2	3,636	34914,574	0,0935	302,032
2	7754,576	6	7,304	56639,246	0,1517	489,963
3	7754,576	8,8	11,172	86637,328	0,2321	749,465
4	7734,669	11,6	15,181	117417,355	0,3145	1015,730
5	4025,943	14,4	19,298	77690,769	0,2081	672,072
Jumlah				373299,271		3229,261

Gaya lateral F_i pada Tabel 5.32 kemudian dimasukan ke dalam *SAP2000* berupa beban EQX dan EQY dengan cara yang sama pada peraturan SNI 1726-2012. *Input* beban EQX dan EQY dalam *SAP2000* dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.14 *User Seismic Loads* EQX (SNI 1726-2019)

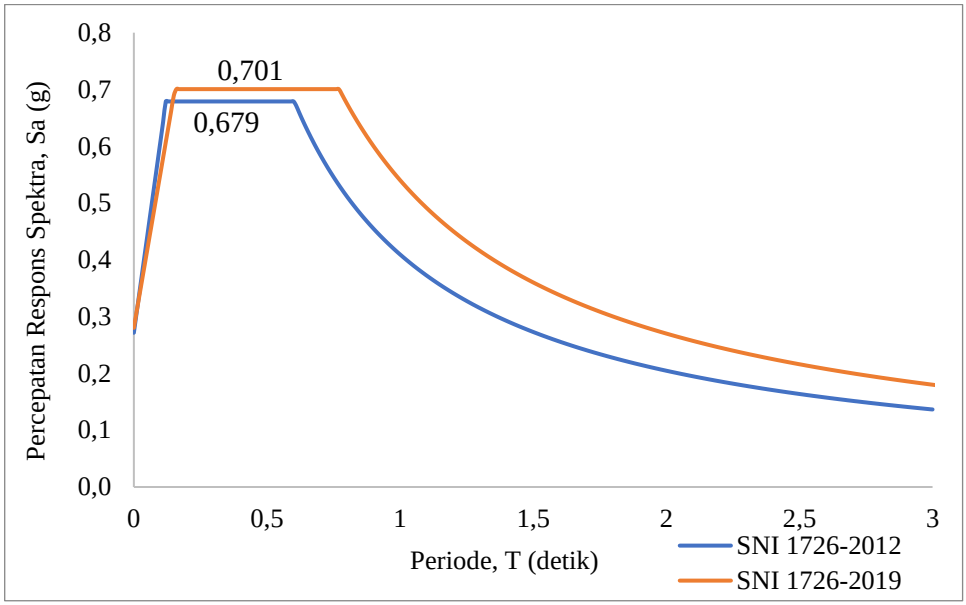


Gambar 5.15 *User Seismic Loads* EQY (SNI 1726-2019)

Beban gempa EQX dan EQY secara otomatis akan didistribusikan di pusat massa pada setiap tingkat gedung.

5.5 Perbandingan Parameter Percepatan Respons Spektrum, Gaya Geser, dan Gaya Lateral Vertikal

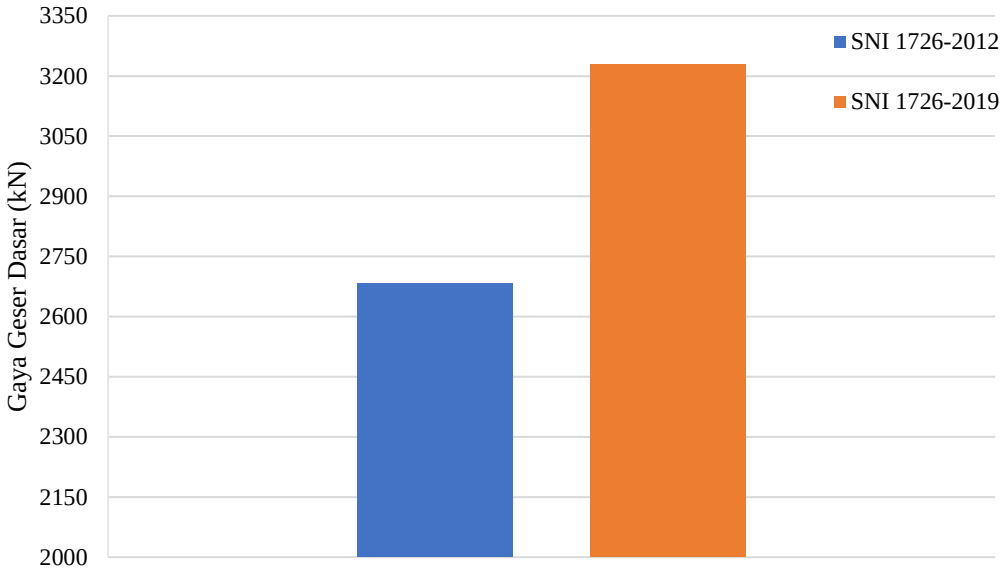
Respons spektrum merupakan kurva hubungan periode getar struktur (T) dengan spektrum respons percepatan desain (S_a). Gambar 5.16 memperlihatkan perbandingan antara respons spektrum SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.



Gambar 5.16 Perbandingan Percepatan Respons Spektrum 2012 dan 2019

Pada Gambar 5.16 terlihat nilai S_a maksimum kurva respons spektrum tahun 2012 adalah 0,679 g, sedangkan pada tahun 2019 adalah 0,701 g dengan selisih diantara keduanya sebesar 0,022 g. Faktor yang mempengaruhi perubahan respons spektrum adalah perbedaan percepatan batuan dasar. Semakin besar angka percepatan batuan dasar, maka semakin besar daya rusaknya terhadap struktur gedung. Adapaun nilai percepatan batuan dasar pada SNI 1726-2012 yaitu 0,967 g (S_s) dan 0,370 g (S_1) menjadi 1,009 g (S_s) dan 0,465 g (S_1) pada peraturan SNI 1726-2019.

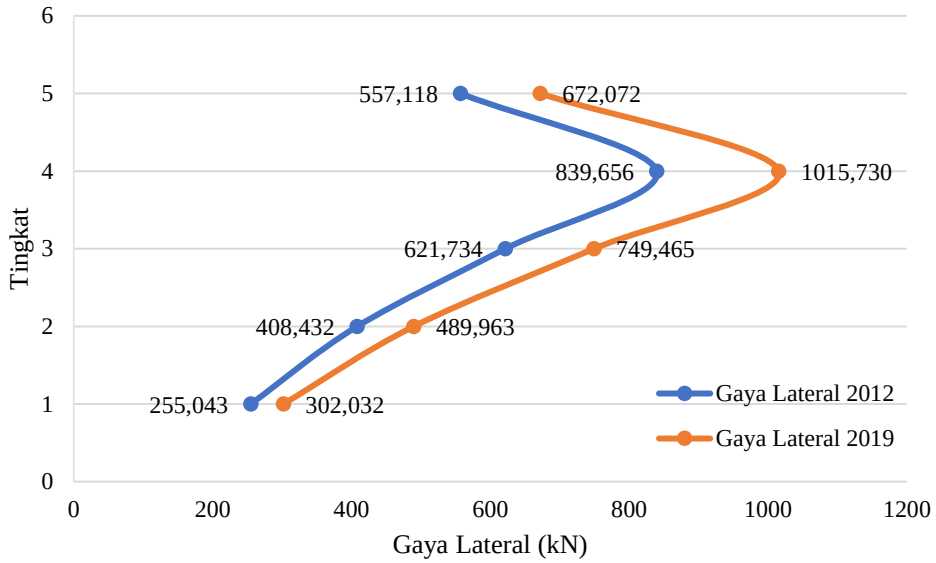
Gaya geser dasar mempresentasikan respons ragam pertama akibat pengaruh gempa rencana. Gaya geser dasar merupakan hasil perkalian antara faktor respons gempa (C) atau koefisien respons seismik (C_s) dengan berat efektif bangunan (W_t). Grafik perbandingan gaya geser dasar antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5.17 Perbandingan Gaya Geser Dasar 2012 dan 2019

Pada Gambar 5.17 terlihat bahwa gaya geser dasar dari tahun 2012 ke tahun 2019 mengalami peningkatan dari 2681,984 kN menjadi 3229,261 kN (dengan persentase peningkatan sebesar 20,41%). Peningkatan tersebut dipengaruhi oleh faktor respons gempa atau koefisien respons seismik (Cs) dan berat efektif bangunan tersebut. Nilai Cs itu sendiri dipengaruhi oleh periode fundamental (T) yang digunakan.

Dengan meningkatnya gaya geser dasar struktur, maka gaya lateral gedung juga akan mengalami peningkatan. Hal tersebut dikarenakan gaya gempa lateral adalah gaya geser dasar yang didistribusikan di setiap tingkat. Perbandingan gaya lateral SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan persentase peningkatan gaya lateral (F_i) setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.33.



Gambar 5.18 Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019

Tabel 5.33 Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019

Tingkat	Gaya Lateral 2012 (kN)	Gaya Lateral 2019 (kN)	Selisih	
			kN	Persentase
1	255,043	302,032	46,989	18,42%
2	408,432	489,963	81,532	19,96%
3	621,734	749,465	127,730	20,54%
4	839,656	1015,730	176,074	20,97%
5	557,118	672,072	114,953	20,63%

5.6 Analisis Beban Gempa Respons Spektrum

Perhitungan respons dinamik struktur terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dapat dilakukan dengan metode analisis ragam respons spektrum. Analisis ini memakai spektrum respons gempa rencana sesuai pada Gambar 5.7 untuk model dengan peraturan SNI 1726-2012 dan Gambar 5.12 untuk model dengan peraturan SNI 1726-2019 yang dimasukkan ke dalam program *SAP2000 v.22*. Spektrum respons desain harus direduksi dengan mengalikan $\frac{gI}{R}$ pada skala faktor dalam program *SAP2000 v.22*, dengan nilai g sebagai percepatan gravitasi yaitu 9,81 m/s^2, I adalah faktor keutamaan bangungan sebesar 1 dan R adalah koefisien modifikasi respons sebesar 8.

5.6.1 Kontrol Jumlah Ragam

Peraturan SNI 1726-2012 menyatakan jumlah ragam yang cukup harus disertakan dalam analisis untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Pada peratruan SNI 1726-2019, jumlah ragam yang disertakan harus cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100%. Nilai partisipasi massa yang diperoleh dari program *SAP2000 v.22* berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Partisipasi Massa

Mode	Partisipasi Massa (%)			
	SNI 1726-2012		SNI 1726-2019	
	SumUX	SumUY	SumUX	SumUY
1	68,611	0,018	70,699	0,136
2	68,630	68,028	70,827	73,120
3	68,776	68,101	70,935	73,140
4	77,154	68,101	70,936	73,198
5	77,154	79,433	80,190	73,202
6	77,158	79,434	80,192	84,412
7	77,803	79,434	80,193	84,413
8	77,809	79,435	80,193	84,417
9	81,427	79,435	80,194	84,417
10	81,429	86,610	81,034	84,417
11	81,502	86,634	81,034	84,424
12	83,218	86,634	81,034	84,618
13	83,218	86,634	81,035	84,618
14	83,218	86,634	81,040	84,716
15	83,442	93,367	85,530	84,719
16	99,077	93,491	85,537	85,652
17			85,537	89,359
18			85,547	89,361
19			85,553	89,366
20			85,553	89,375
25			89,237	89,415
30			92,959	91,544
35			96,309	92,802
40			96,797	95,371
45			98,136	99,105
50			100,000	100,000

Pada Tabel 5.34 dapat dilihat bahwa untuk mencapai partisipasi massa 90%, model gedung dengan peraturan SNI 1726-2012 membutuhkan 16 mode dengan nilai sebesar 99,077% untuk arah x dan 93,491% untuk arah y. Untuk model gedung dengan peraturan SNI 1726-2019, dibutuhkan 30 mode agar mencapai partisipasi massa 90% dengan nilai sebesar 92,959% untuk arah x dan 91,544% untuk arah y, serta 50 mode untuk mencapai partisipasi massa 100% baik arah x maupun arah y.

5.6.2 Kontrol Nilai Gaya Geser Dasar

1. SNI 1726-2012

   SNI 1726-2012 menyatakan nilai gaya geser dasar dinamik respons spektrum (V_D) harus lebih besar atau sama dengan 85% gaya geser dasar statik ekuivalen (V_S). Apabila nilai V_D lebih kecil, maka perlu dikalikan dengan suatu faktor skala. Nilai V_D diperoleh dari hasil analisis dengan program *SAP2000 v.22* dan nilai V_S dari hitungan pada subbab 5.3 dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Kontrol Gaya Geser Dasar Respons Spektrum SNI 1726-2012

Arah	Faktor Skala		Gaya Geser Dasar			Keterangan
	U_1	U_2	V_S	85% V_S	V_D	
X	1,226	0,368	2681,984	2279,686	2230,020	Koreksi SF
Y	0,368	1,226	2681,984	2279,686	2866,450	OK

Berdasarkan Tabel 5.35, kontrol gaya geser dasar untuk arah x tidak memenuhi syarat $V_D \geq 0{,}85\ V_S$. Sehingga, nilai faktor skala respons spektrum perlu dikalikan dengan faktor skala koreksi sebagai berikut.

$$SF_{koreksi} = \frac{85\%\ V_S}{V_D}$$

$$= \frac{2279{,}686}{2230{,}020}$$

$$= 1{,}022$$

$$U_1 = \frac{1}{R} \text{ x } g \text{ x } SF_{koreksi}$$

$$= \frac{1}{8{,}5} \text{ x } 9{,}81 \text{ x } 1{,}022$$

$$= 1{,}254$$

U_2 = 30% x 1,254

= 0,376

Setelah didapatkan nilai faktor skala baru, selanjutnya nilai tersebut dimasukkan pada *SAP2000 v.22* dan dilakukan analisis ulang. Pada model dengan peraturan SNI 1726-2012, faktor skala dikoreksi sebanyak dua kali, karena pada trial pertama V_D yang dihasilkan belum memenuhi syarat $V_D \geq 0{,}85\ V_S$. Perbandingan nilai gaya geser dasar akhir dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.36 Kontrol Gaya Geser Dasar Akhir Respons Spektrum SNI 1726-2012

Arah	Faktor Skala		Gaya Geser Dasar			Keterangan
	U_1	U_2	V_S	85% V_S	V_D	
X	1,254	0,376	2681,984	2279,686	2279,710	OK
Y	0,368	1,226	2681,984	2279,686	2866,450	OK

2. SNI 1726-2019

SNI 1726-2019 menyatakan nilai gaya geser dasar dinamik respons spektrum (V_D) harus sama dengan 100% gaya geser dasar statik ekuivalen (V_S). Apabila nilai V_D lebih kecil, maka perlu dikalikan dengan suatu faktor skala. Nilai V_D diperoleh dari hasil analisis dengan program *SAP2000 v.22* dan nilai V_S dari hitungan pada subbab 5.4 dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.37 Kontrol Gaya Geser Dasar Respons Spektrum SNI 1726-2019

Arah	Faktor Skala		Gaya Geser Dasar		Keterangan
	U_1	U_2	V_S	V_D	
X	1,226	0,368	3229,261	2438,597	Koreksi SF
Y	0,368	1,226	3229,261	2590,604	Koreksi SF

Berdasarkan Tabel 5.37, kontrol gaya geser dasar untuk arah x dan arah y tidak memenuhi syarat $V_D = V_S$. Sehingga, nilai faktor skala respons spektrum perlu dikalikan dengan faktor skala koreksi sebagai berikut.

a. Arah X

$$SF_{koreksi} = \frac{V_S}{V_D}$$

$$= \frac{3229,261}{2438,597}$$

$$= 1,324$$

U_1 $= \frac{1}{R}$ x g x $SF_{koreksi}$

$= \frac{1}{8,5}$ x 9,81 x 1,324

$= 1,624$

U_2 $= 30\%$ x 1,624

$= 0,487$

b. Arah Y

$SF_{koreksi}$ $= \frac{V_S}{V_D}$

$$= \frac{3229,261}{2590,604}$$

$= 1,247$

U_1 $= \frac{1}{R}$ x g x $SF_{koreksi}$

$= \frac{1}{8,5}$ x 9,81 x 1,247

$= 1,529$

U_2 $= 30\%$ x 1,529

$= 0,459$

Setelah didapatkan nilai faktor skala baru, selanjutnya nilai tersebut dimasukkan pada *SAP2000 v.22* dan dilakukan analisis ulang. Perbandingan nilai gaya geser dasar akhir dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Kontrol Gaya Geser Dasar Akhir Respons Spektrum SNI 1726-2019

Arah	Faktor Skala		Gaya Geser Dasar		Keterangan
	U_1	U_2	V_S	V_D	
X	1,624	0,487	3229,261	3229,261	OK
Y	0,459	1,529	3229,261	3229,261	OK

5.7 Klasifikasi Ketidakberaturan Struktur

Ketidakberaturan horizontal sering menyebabkan terjadinya perbedaan titik pusat massa dan kekakuan pada satu atau beberapa tingkat struktur, sedangkan ketidakberaturan vertikal yang disebabkan oleh perubahan halus seperti perbedaan dimensi kolom, ukuran dan jumlah tulangan pokok atau jarak sengkang kolom sulit untuk dilihat secara kasat mata. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengecekan secara khusus berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

5.7.1 Ketidakberaturan Struktur Berdasarkan SNI 1726-2012

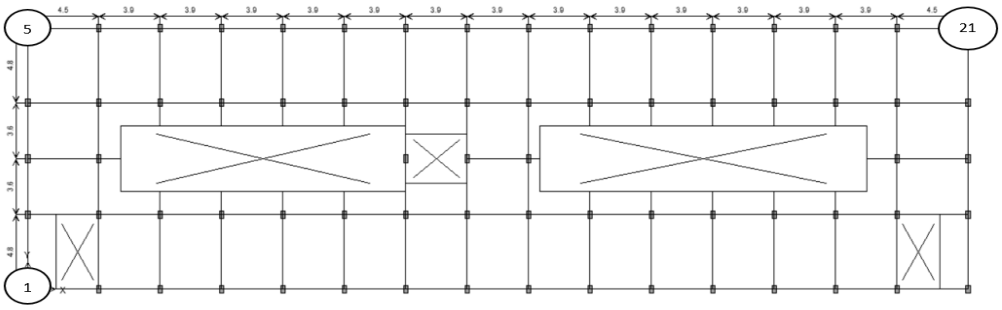
Ketentuan-ketentuan menurut SNI 1726-2012 yang ditinjau adalah sebagai berikut.

1. Ketidakberaturan torsi

   Torsi adalah putaran bangunan yang terjadi akibat gaya gempa yang mengenainya. Pengecekan ketidakberaturan torsi pada struktur bangunan dapat dilakukan dengan melihat simpangan maksimum (Δ_{max}) dan simpangan rata-rata (Δ_{avg}) setiap tingkat dengan ketentuan sebagai berikut.

   a. Jika $\Delta_{max} < 1{,}2\ \Delta_{avg}$, maka struktur didefinisikan tanpa ketidakberaturan torsi
   b. Jika $1{,}2\ \Delta_{avg} < \Delta_{max} < 1{,}4\ \Delta_{avg}$, maka struktur didefinisikan memiliki ketidakberaturan torsi 1a
   c. Jika $\Delta_{max} > 1{,}4\ \Delta_{max}$, maka struktur didefinisikan memiliki ketidakberaturan torsi 1b

   Pengecekan torsi dilakukan terhadap joint-joint yang diberi simbol lingkaran pada Gambar 5.19



Gambar 5.19 Joint yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi

Perhitungan pengecekan torsi arah gempa x pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

U_{x1} = 0,5 mm

U_{x5} = 0,5 mm

$\Delta_{avg} = \frac{U_{x1} + U_{x5}}{2}$

$= \frac{0,5+0,5}{2}$

= 0,5 mm

Δ_{max} = 0,5 mm

1,2 Δ_{avg} = 1,2 x 0,5

= 0,6 mm

1,4 Δ_{avg} = 1,4 x 0,5

= 0,7 mm

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa $\Delta_{max} < 1,2\ \Delta_{avg}$, maka struktur tidak memiliki ketidakberaturan torsi. Torsi tak terduga (5%) dari bentang arah yang ditinjau sudah diperhitungkan. Rekapitulasi perhitungan eksentrisitas dan torsi dari tingkat 1 hingga tingkat 5 arah gempa x dapat dilihat pad Tabel 5.39 berikut.

Tabel 5.39 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah X (SNI 1726-2012)

Tingkat	δ Joint 1 (mm)	δ Joint 5 (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	1,2 Δ_{avg} (mm)	1,4 Δ_{avg} (mm)	Keterangan
1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	Tidak Ada Torsi
2	5,0	5,1	5,05	5,1	6,06	7,07	Tidak Ada Torsi
3	9,6	9,9	9,75	9,9	11,70	13,65	Tidak Ada Torsi
4	12,9	13,4	13,15	13,4	15,78	18,41	Tidak Ada Torsi
5	14,0	14,4	14,20	14,4	17,40	19,88	Tidak Ada Torsi

Perhitungan pengecekan torsi arah gempa y pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

U_{y5} = 0,7 mm

U_{y21} = 0,6 mm

$\Delta_{avg} = \frac{U_{y5} + U_{y21}}{2}$

$= \frac{0,7+0,6}{2}$

= 0,65 mm

Δ_{max} = 0,7 mm

1,2 Δ_{avg} = 1,2 x 0,65

= 0,8 mm

1,4 Δ_{avg} = 1,4 x 0,65

= 0,91 mm

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa $\Delta_{max} < 1,2\ \Delta_{avg}$, maka struktur tidak memiliki ketidakberaturan torsi. Rekapitulasi perhitungan eksentrisitas dan torsi dari tingkat 1 hingga tingkat 5 arah gempa y dapat dilihat pad Tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.40 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah Y (SNI 1726-2012)

Tingkat	δ Joint 5 (mm)	δ Joint 21 (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	1,2 Δ_{avg} (mm)	1,4 Δ_{avg} (mm)	Keterangan
1	0,7	0,6	0,65	0,70	0,78	0,91	Tidak Ada Torsi
2	3,5	4,8	4,15	4,80	4,98	5,81	Tidak Ada Torsi
3	6,6	10,0	8,30	10,00	9,96	11,62	Torsi 1a
4	9,1	14,1	11,60	14,10	13,92	16,24	Torsi 1a
5	10,8	16,9	13,85	16,90	16,62	19,39	Torsi 1a

Berdasarkan Tabel 5.40 diketahui bahwa torsi 1a terjadi pada tingkat 3,4, dan 5 arah y dengan selisih antara nilai 1,2 Δ_{avg} dan Δ_{max} masing-masing sebesar 0,04 mm, 0,2 mm, dan 0,3 mm.

2. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

   Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk

yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya. Rasio bukaan struktur dapat dilihat pada Tabel 5.41 berikut.

Tabel 5.41 Rasio Bukaan Struktur Gedung

Tingkat	Luas Lantai (m^2)	Luas Bukaan (m^2)	Rasio Bukaan (%)
1	1002,960	163,275	16,279
2	1002,960	163,275	16,279
3	1002,960	163,275	16,279
4	1002,960	163,275	16,279
5	429,840	163,275	37,985

Dari Tabel 5.41, dapat diketahui nilai rasio bukaan masing-masing tingkat tidak melebihi 50% dari luas seluruh lantai tingkat.

3. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan tingkat lunak berlebihan

   Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (1a) dan tingkat lunak berlebihan (1b) dihitung sesuai Tabel 3.2. Hasil pengecekan kekakuan tingkat lunak 1a dan 1b arah x dan arah y masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.42 dan Tabel 5.43

Tabel 5.42 Kontrol Kekakuan Lateral Arah X (SNI 1726-2012)

Tingkat	*Shear* (kN)	*Story Drift* (mm)	Kekakuan (kN/mm)	1a		1b	
				Cek 70%	Cek 80%	Cek 60%	Cek 70%
1	2681,980	0,378	7095,185	OK	OK	OK	OK
2	2426,940	1,644	1476,241	OK	OK	OK	OK
3	2018,510	1,714	1177,660	OK		OK	
4	1396,770	1,639	852,209	OK		OK	
5	557,120	1,076	517,770				

Tabel 5.43 Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2012)

Tingkat	*Shear* (kN)	*Story Drift* (m)	Kekakuan (kN/m)	1a		1b	
				Cek 70%	Cek 80%	Cek 60%	Cek 70%
1	2681,980	0,223	12026,816	OK	OK	OK	OK
2	2426,940	1,516	1600,884	OK	OK	OK	OK
3	2018,510	1,851	1090,497	OK		OK	

Lanjutan Tabel 5.43 Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2012)

Tingkat	*Shear* (kN)	*Story Drift* (m)	Kekakuan (kN/m)	1a		1b	
				Cek 70%	Cek 80%	Cek 60%	Cek 70%
4	1396,770	1,791	779,883	OK		OK	
5	557,120	1,000	557,120				

Dari Tabel 5.42 dan Tabel 5.43 diperoleh hasil pengecekan nilai kekakuan lateral arah x dan arah y pada tingkat yang ditinjau tidak kurang dari 70% tingkat di atasnya dan tidak kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

4. Ketidakberaturan berat (massa)

   Hasil pemeriksaan ketidakberaturan berat sesuai Tabel 3.2 dapat dilihat pada Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Kontrol Berat Bangunan (SNI 1726-2012)

Tingkat	Berat Tingkat (kN)	Persentase Terhadap Tingkat di Atasnya (%)	Persentase Terhadap Tingkat di Bawahnya (%)
1	9503,347	124,45	
2	7636,039	100,00	80,35
3	7636,039	100,26	100,00
4	7616,187		99,74
5	3986,200		

Dari Tabel 5.44 diperoleh nilai persentase berat tiap tingkat tidak lebih dari 150% tingkat di atasnya ataupun tingkat di bawahnya. Sesuai ketentuan SNI 1726-2012 pada Tabel 3.2, tingkat 5 (atap) yang lebih ringan dari tingkat di bawahnya (tingkat 4) tidak perlu ditinjau.

5. Ketidakberaturan geometri vertikal

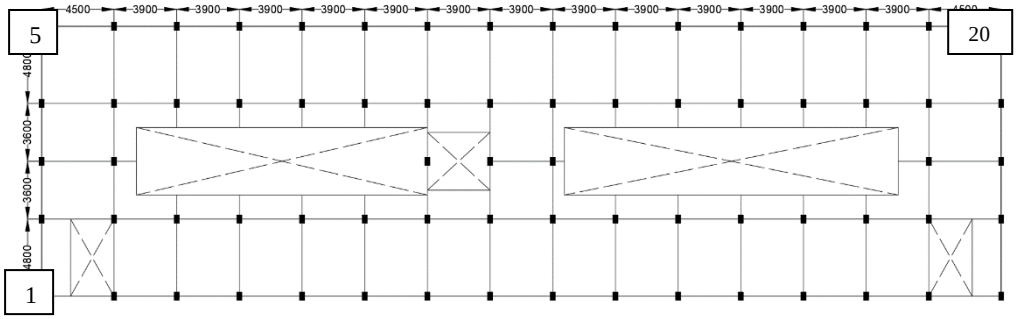
   Sesuai Tabel 3.2, struktur gedung ditetapkan sebagai gedung tidak beraturan apabila dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa (dinding geser) di semua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di dekatnya. Struktur gedung Asrama UII tidak menggunakan dinding geser yang menerus hingga lantai teratas.

5.7.2 Ketidakberaturan Struktur Berdasarkan SNI 1726-2019

Ketentuan-ketentuan menurut SNI 1726-2019 yang ditinjau adalah sebagai berikut.

1. Ketidakberaturan torsi

   Peraturan mengenai ketidakberaturan torsi pada SNI 1726-2019 tidak mengalami perubahan dengan peraturan pada SNI 1726-2012. Pengecekan torsi dilakukan terhadap joint-joint yang diberi simbol persegi pada Gambar 5.20



Gambar 5.20 Joint yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi

Perhitungan pengecekan torsi arah gempa x pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

U_{x1} = 0,764 mm

U_{x5} = 0,738 mm

$\Delta_{avg} = \frac{U_{x1} + U_{x5}}{2}$

$= \frac{0,764+0,738}{2}$

= 0,751 mm

Δ_{max} = 0,764 mm

1,2 Δ_{avg} = 1,2 x 0,751

= 0,901 mm

1,4 Δ_{avg} = 1,4 x 0,751

= 1,051 mm

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa $\Delta_{max} < 1{,}2\ \Delta_{avg}$, maka struktur tidak memiliki ketidakberaturan torsi. Torsi tak terduga (5%) dari bentang arah yang ditinjau sudah diperhitungkan. Rekapitulasi perhitungan eksentrisitas dan torsi dari tingkat 1 hingga tingkat 5 arah gempa x dapat dilihat pad Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5.45 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah X (SNI 1726-2019)

Tingkat	δ Joint 1 (mm)	δ Joint 5 (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	1,2 Δ_{avg} (mm)	1,4 Δ_{avg} (mm)	Keterangan
1	0,764	0,738	0,751	0,764	0,901	1,051	Tidak Ada Torsi
2	8,407	8,728	7,817	7,990	9,380	10,943	Tidak Ada Torsi
3	15,263	16,200	7,164	7,472	8,597	10,030	Tidak Ada Torsi
4	20,187	21,463	5,094	5,263	6,112	7,131	Tidak Ada Torsi
5	22,724	23,972	2,523	2,537	3,028	3,532	Tidak Ada Torsi

Perhitungan pengecekan torsi arah gempa y pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

U_{y5} = 0,532 mm

U_{y20} = 0,439 mm

$\Delta_{avg} = \frac{U_{y5} + U_{y20}}{2}$

$= \frac{0{,}532 + 0{,}439}{2}$

= 0,486 mm

Δ_{max} = 0,532 mm

1,2 Δ_{avg} = 1,2 x 0,486

= 0,583 mm

1,4 Δ_{avg} = 1,4 x 0,486

= 0,680 mm

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa $\Delta_{max} < 1{,}2\ \Delta_{avg}$, maka struktur tidak memiliki ketidakberaturan torsi. Rekapitulasi perhitungan eksentrisitas dan

torsi dari tingkat 1 hingga tingkat 5 arah gempa y dapat dilihat pad Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5.46 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b Arah Y (SNI 1726-2019)

Tingkat	δ Joint 5 (mm)	δ Joint 20 (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	1,2 Δ_{avg} (mm)	1,4 Δ_{avg} (mm)	Keterangan
1	0,532	0,439	0,486	0,532	0,583	0,680	Tidak Ada Torsi
2	5,769	7,604	6,201	7,165	7,441	8,681	Tidak Ada Torsi
3	11,144	15,813	6,792	8,209	8,150	9,509	Torsi 1a
4	14,926	21,866	4,918	6,053	5,901	6,885	Torsi 1a
5	17,117	25,491	2,908	3,625	3,490	4,071	Torsi 1a

Berdasarkan Tabel 5.46 diketahui bahwa torsi 1a terjadi pada tingkat 3,4, dan 5 arah y dengan selisih antara nilai 1,2 Δ_{avg} dan Δ_{max} masing-masing sebesar 0,059 mm, 0,152 mm, dan 0,135 mm.

2. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

   Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma pada SNI 1726-2019 diperhitungkan dengan cara yang sama seperti SNI 1726-2012. Dari Tabel 5.41, dapat diketahui nilai rasio bukaan masing-masing tingkat tidak melebihi 50% dari luas seluruh lantai tingkat. Maka struktur gedung memenuhi syarat sebagai gedung beraturan.

3. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan tingkat lunak berlebihan

   Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (1a) dan tingkat lunak berlebihan (1b) dihitung sesuai Tabel 3.4. Hasil pengecekan kekakuan tingkat lunak 1a dan 1b arah x dan arah y masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.47 dan Tabel 5.48

Tabel 5.47 Kontrol Kekakuan Lateral Arah X (SNI 1726-2019)

Tingkat	*Shear* (kN)	*Story Drift* (mm)	Kekakuan (kN/mm)	1a		1b	
				Cek 70%	Cek 80%	Cek 60%	Cek 70%
1	3229,261	1,927	1675,785	OK	OK	OK	OK
2	2927,230	6,728	435,080	OK	OK	OK	OK
3	2437,266	7,049	345,748	OK		OK	

Lanjutan Tabel 5.47 Kontrol Kekakuan Lateral Arah X (SNI 1726-2019)

Tingkat	*Shear* (kN)	*Story Drift* (mm)	Kekakuan (kN/mm)	1a		1b	
				Cek 70%	Cek 80%	Cek 60%	Cek 70%
4	1687,802	5,092	331,474	OK		OK	
5	672,072	3,098	216,950				

Tabel 5.48 Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2019)

Tingkat	*Shear* (kN)	*Story Drift* (mm)	Kekakuan (kN/mm)	1a		1b	
				Cek 70%	Cek 80%	Cek 60%	Cek 70%
1	3229,261	4,013	804,658	OK	OK	OK	OK
2	2927,230	5,629	520,067	OK	OK	OK	OK
3	2437,266	5,629	432,959	OK		OK	
4	1687,802	4,629	364,576	OK		OK	
5	672,072	3,158	212,825				

Dari Tabel 5.47 dan Tabel 5.48 diperoleh hasil pengecekan nilai kekakuan lateral arah x dan arah y pada tingkat yang ditinjau tidak kurang dari 70% tingkat di atasnya dan tidak kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

4. Ketidakberaturan berat (massa)

   Hasil pemeriksaan ketidakberaturan berat sesuai Tabel 3.4 dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5.49 Kontrol Berat Bangunan (SNI 1726-2019)

Tingkat	Berat Tingkat (kN)	Persentase Terhadap Tingkat di Atasnya (%)	Persentase Terhadap Tingkat di Bawahnya (%)
1	9603,126	123,84%	
2	7754,576	100,00%	80,75%
3	7754,576	100,26%	100,00%
4	7734,669		99,74%
5	4025,943		

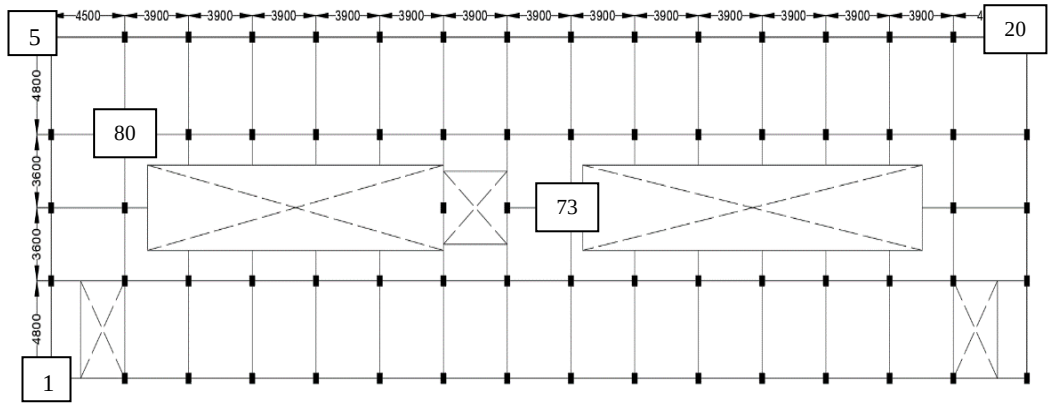
Dari Tabel 5.49 diperoleh nilai persentase berat tiap tingkat tidak lebih dari 150% tingkat di atasnya ataupun tingkat di bawahnya. Sesuai ketentuan SNI 1726-2019 pada Tabel 3.4, tingkat 5 (atap) yang lebih ringan dari tingkat di bawahnya (tingkat 4) tidak perlu ditinjau.

5. Ketidakberaturan geometri vertikal

   Sesuai Tabel 3.4, struktur gedung ditetapkan sebagai gedung tidak beraturan apabila dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa (dinding geser) di semua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di dekatnya. Struktur gedung Asrama UII tidak menggunakan dinding geser yang menerus hingga lantai teratas.

5.8 Perbandingan Perilaku Struktur

Beban gempa yang diberikan kepada struktur akan menimbulkan respons struktur berupa simpangan. Selisih simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau disebut simpangan antar tingkat. Simpangan antar tingkat yang terjadi tidak boleh melebihi syarat menurut SNI 1726-2012 atau SNI 1726-2019. Oleh karena itu, guna menjamin kestabilan struktur, keamanan dan kenyamanan penghuni gedung dilakukan pengecekan simpangan antar tingkat. Simpangan antar tingkat ditinjau pada *joint-joint* yang berada di ujung-ujung struktur karena memiliki simpangan terbesar dan di pusat massa yang menjadi titik tinjau. *Joint-joint* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.21



Gambar 5.21 Tampak Atas *Joint* yang Ditinjau

5.8.1 Perbandingan Simpangan Akibat Beban Statik Ekuivalen

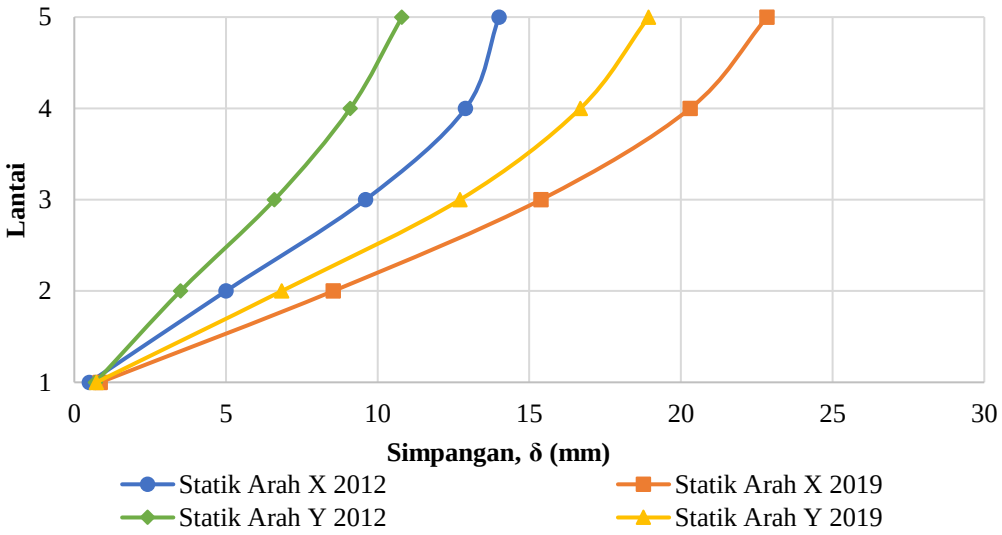
Simpangan (*Displacement*) merupakan salah satu parameter penting di dalam perancanaan struktur bangunan. Simpangan adalah besarnya perpindahan dari suatu tingkat yang diukur berdasarkan tingkat di dasarnya. Nilai simpangan didaptkan

dari hasil analisis gedung dengan bantuan program *SAP2000 v.22*. Rekapitulasi nilai simpangan elastis arah x dan y akibat beban gempa statik ekuivalen dapat dilihat pada Tabel 5.50 berikut.

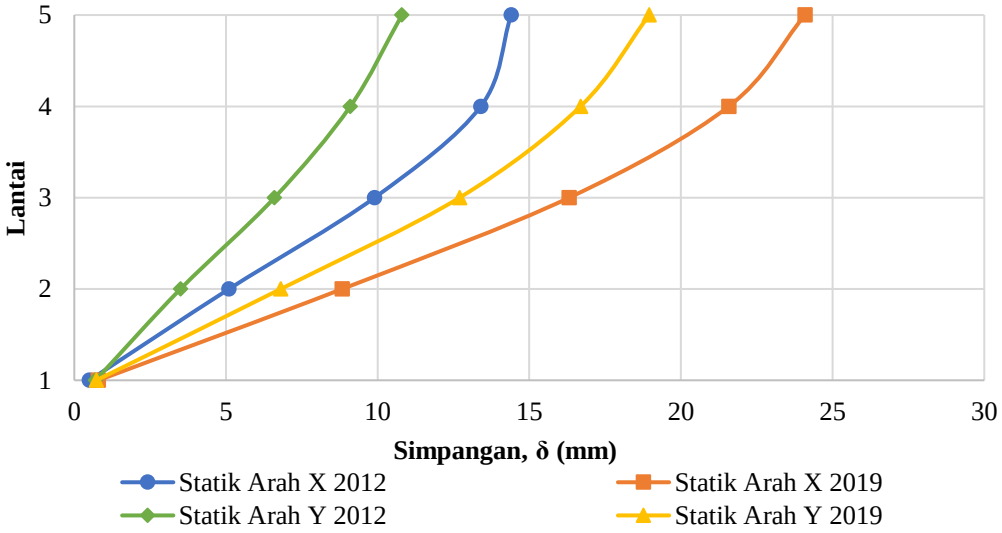
Tabel 5.50 Rekapitulasi Nilai Simpangan Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah X & Y

Joint	**Tingkat**	**Arah X**		**Arah Y**	
		δ_e SNI 1726-2012 (mm)	**δ_e SNI 1726-2019 (mm)**	**δ_e SNI 1726-2012 (mm)**	**δ_e SNI 1726-2019 (mm)**
1	1	0,5	0,852	0,7	0,727
	2	5	8,537	3,5	6,839
	3	9,6	15,381	6,6	12,715
	4	12,9	20,303	9,1	16,683
	5	14	22,840	10,8	18,936
5	1	0,5	0,796	0,7	0,730
	2	5,1	8,831	3,5	6,806
	3	9,9	16,313	6,6	12,701
	4	13,4	21,578	9,1	16,689
	5	14,4	24,088	10,8	18,952
21/20	1	0,5	0,356	0,6	0,512
	2	5,1	8,688	4,8	8,252
	3	9,9	16,321	10	16,891
	4	13,4	21,595	14,1	23,133
	5	14,4	24,093	16,9	26,826
60/80	1	0,5	1,724	0,7	1,890
	2	5,1	8,846	3,6	7,509
	3	9,8	16,084	6,9	13,315
	4	13,3	21,284	9,5	17,493
	5	16	24,342	11,3	20,029
92/73	1	0,5	2,109	0,6	6,916
	2	5	8,773	4,2	12,132
	3	9,7	15,830	8,4	17,416
	4	13,2	20,929	11,8	21,951
	5	15,9	24,028	14,1	25,207

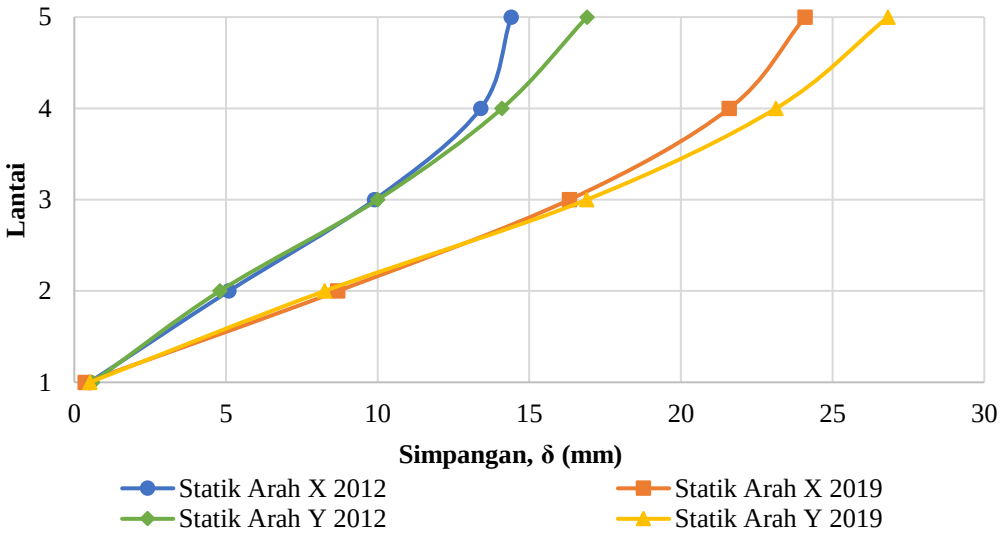
Dari nilai simpangan pada Tabel 5.50 dapat dibuat grafik perbandingan simpangan akibat beban gempa statik ekuivalen arah x dan arah y. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.22 hingga Gambar 5.26.



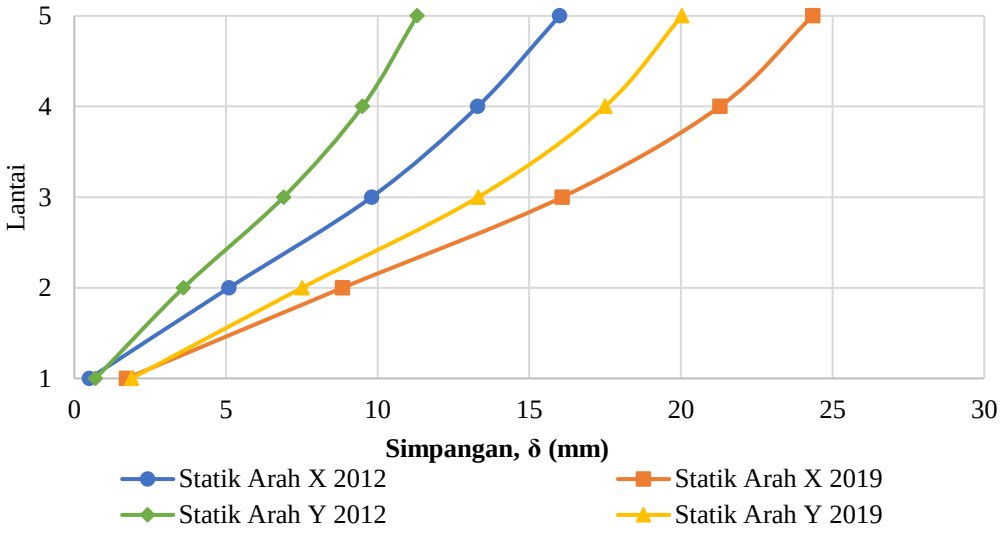
Gambar 5.22 Perbandingan Simpangan *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Statik



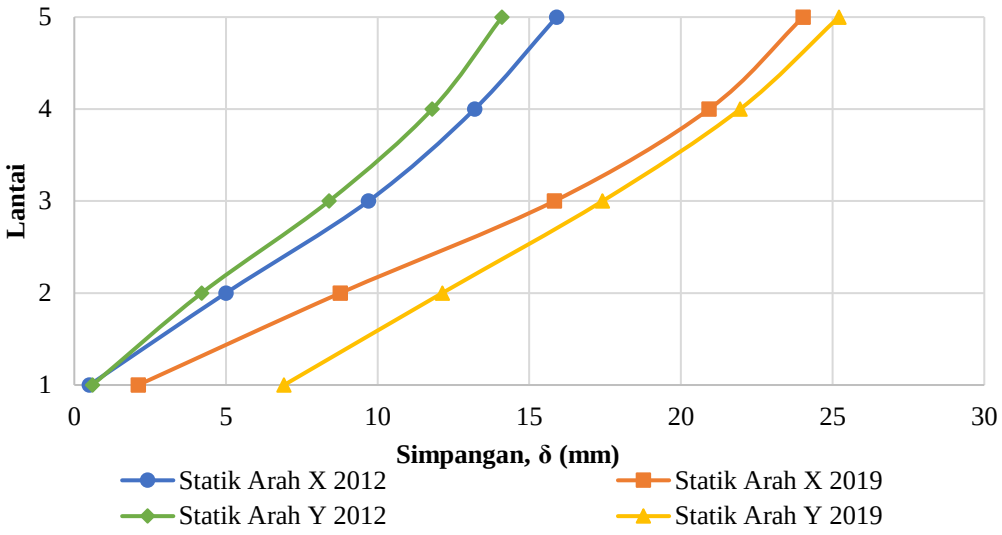
Gambar 5.23 Perbandingan Simpangan *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Statik



Gambar 5.24 Perbandingan Simpangan *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Statik



Gambar 5.25 Perbandingan Simpangan *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Statik



Gambar 5.26 Perbandingan Simpangan *Joint* 92/73 Akibat Beban Gempa Statik

Berdasarkan Tabel 5.50 dapat dilihat simpangan akibat beban gempa statik ekuivalen arah x maksimum terdapat pada *joint* 60/80 lantai 5 yaitu sebesar 16,000 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 24,342 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 8,342 mm. Untuk arah y simpangan maksimum terdapat pada joint 21/20 lantai 5 sebesar 16,900 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 26,826 mm untuk SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 9,926 mm. Nilai simpangan menurut peraturan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang lebih besar daripada SNI 1726-2012. Hal ini disebabkan oleh beban gempa statik ekuivalen SNI 1726-2019 yang bernilai lebih besar dan juga perbedaan penggunaan peraturan diafragma dan tumpuan pada lantai dasar. Dimana pada SNI 1726-2019 menggunakan diafragma *semi-rigid* dengan tumpuan sendi sedangkan pada SNI 1726-2012 menggunakan diafragma *rigid* dengan tumpuan jepit.

5.8.2 Perbandingan Simpangan Akibat Beban Respons Spektrum

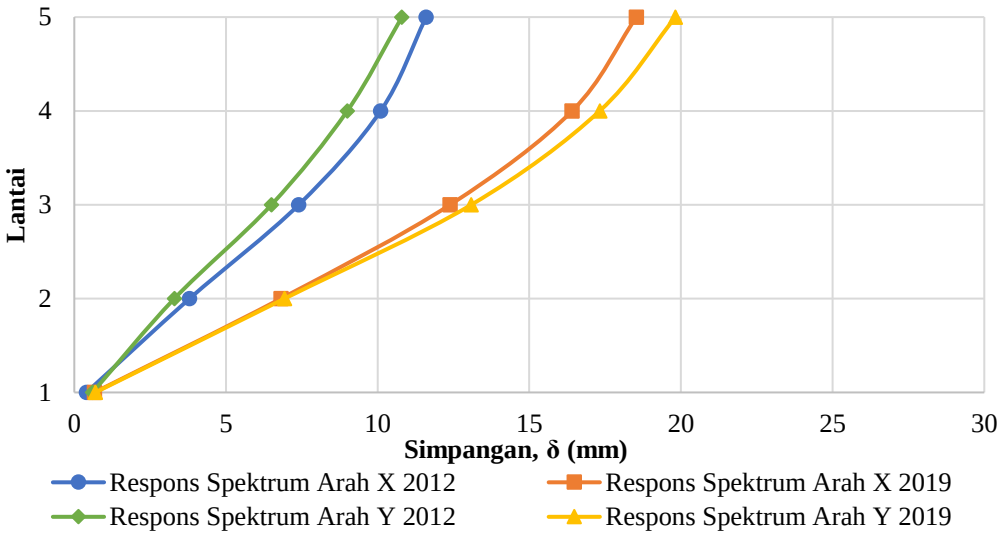
Simpangan (*Displacement*) merupakan salah satu parameter penting di dalam perancanaan struktur bangunan. Simpangan adalah besarnya perpindahan dari suatu tingkat yang diukur berdasarkan tingkat di dasarnya. Nilai simpangan didaptkan dari hasil analisis gedung dengan bantuan program *SAP2000 v.22*. Rekapitulasi

nilai simpangan elastis arah x dan y akibat beban gempa respons spektrum dapat dilihat pada Tabel 5.51 berikut.

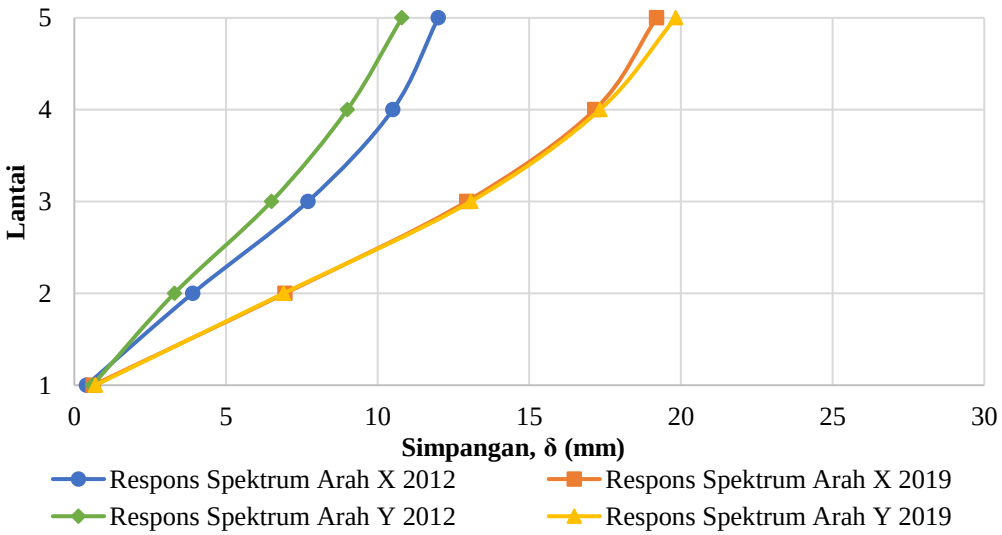
Tabel 5.51 Rekapitulasi Nilai Simpangan Akibat Beban Gempa Respons Spektrum Arah X & Y

Joint	Tingkat	Arah X		Arah Y	
		δ_e SNI 1726-2012 (mm)	δ_e SNI 1726-2019 (mm)	δ_e SNI 1726-2012 (mm)	δ_e SNI 1726-2019 (mm)
1	1	0,4	0,663	0,6	0,694
	2	3,8	6,812	3,3	6,932
	3	7,4	12,389	6,5	13,088
	4	10,1	16,413	9	17,322
	5	11,6	18,529	10,8	19,819
5	1	0,4	0,620	0,6	0,694
	2	3,9	6,945	3,3	6,897
	3	7,7	12,934	6,5	13,072
	4	10,5	17,160	9	17,330
	5	12	19,198	10,8	19,823
21/20	1	0,4	0,270	0,4	0,336
	2	3,9	6,830	3,3	5,406
	3	7,7	12,939	6,9	11,094
	4	10,5	17,174	9,9	15,173
	5	12	19,203	11,9	17,545
60/80	1	0,4	1,310	0,6	1,740
	2	3,9	6,980	3,3	7,284
	3	7,6	12,807	6,5	13,131
	4	10,4	17,003	9,1	17,362
	5	12,2	19,541	10,9	19,891
92/73	1	0,4	1,616	0,5	5,854
	2	3,9	6,949	3,3	10,074
	3	7,6	12,651	6,7	14,257
	4	10,3	16,780	9,4	17,860
	5	12,1	19,376	11,4	20,469

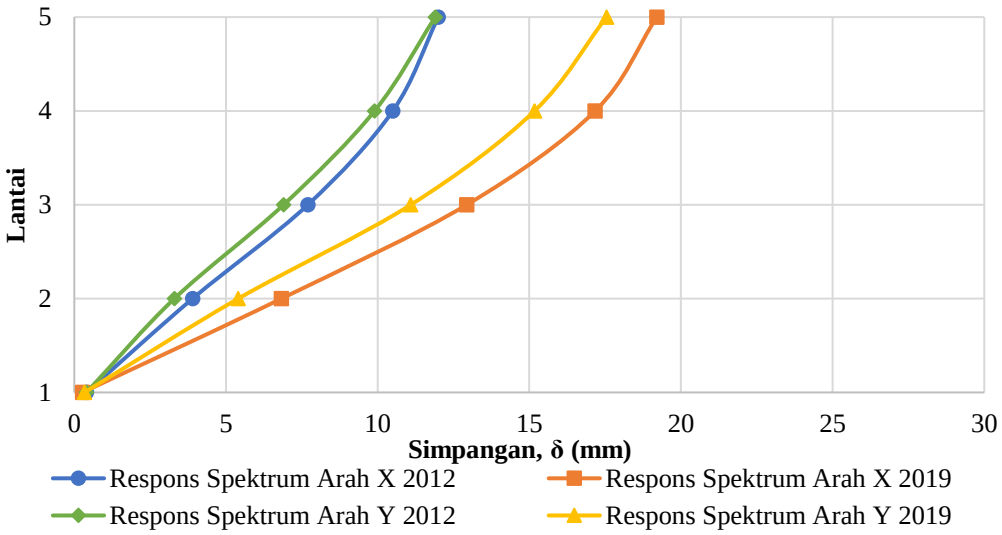
Dari nilai simpangan pada Tabel 5.51 dapat dibuat grafik perbandingan simpangan akibat beban gempa respons spektrum arah x dan arah y. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.27 hingga Gambar 5.31.



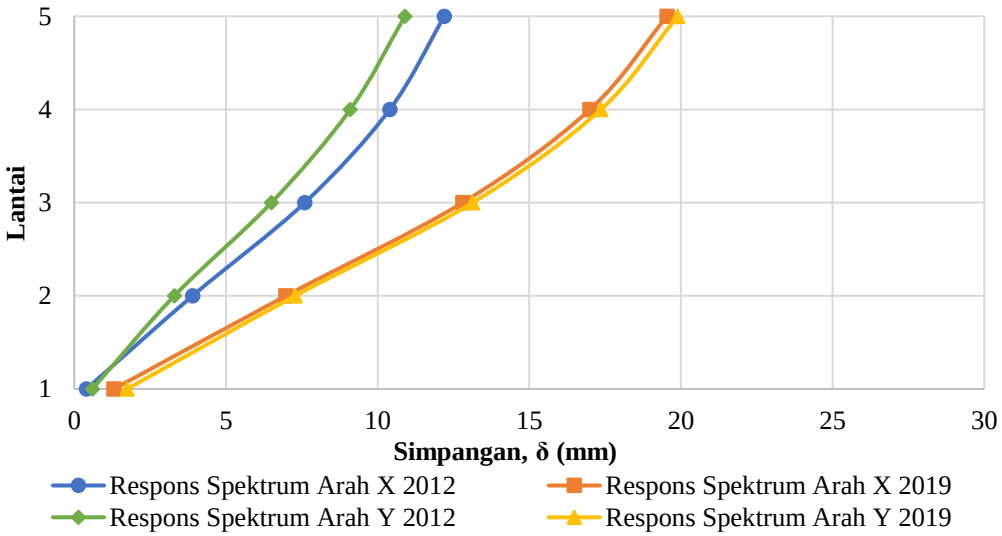
Gambar 5.27 Perbandingan Simpangan *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



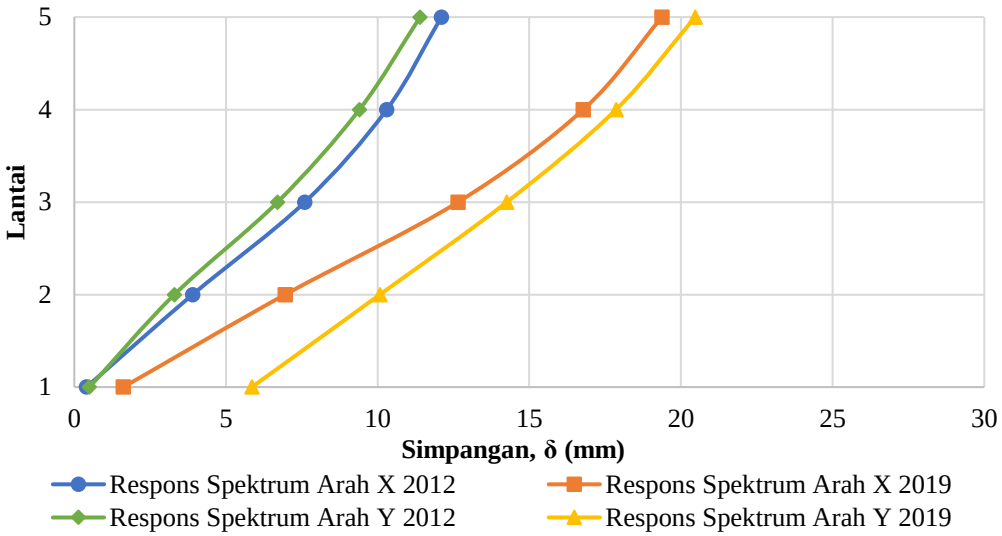
Gambar 5.28 Perbandingan Simpangan *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



Gambar 5.29 Perbandingan Simpangan *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



Gambar 5.30 Perbandingan Simpangan *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



Gambar 5.31 Perbandingan Simpangan *Joint* 92/73 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Berdasarkan Tabel 5.51 dapat dilihat simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum arah x maksimum terdapat pada *joint* 60/80 lantai 5 yaitu sebesar 12,200 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 19,541 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 7,341 mm. Untuk arah y simpangan maksimum terdapat pada *joint* 21 lantai 5 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 11,900 mm dan pada *joint* 73 lantai 5 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 20,469 mm dengan selisih sebesar 8,569 mm. Nilai simpangan menurut peraturan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang lebih besar daripada SNI 1726-2012. Hal ini disebabkan oleh beban gempa respons spektrum SNI 1726-2019 yang bernilai lebih besar dan juga perbedaan penggunaan peraturan diafragma dan tumpuan pada lantai dasar. Dimana pada SNI 1726-2019 menggunakan diafragma *semi-rigid* dengan tumpuan sendi sedangkan pada SNI 1726-2012 menggunakan diafragma *rigid* dengan tumpuan jepit.

5.8.3 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Statik Ekuivalen

Untuk menghitung simpangan antar tingkat diperlukan nilai simpangan elastis yang dapat dilihat pada Tabel 5.50 rekapitulasi nilai simpangan elastis akibat beban gempa statik ekuivalen.

1. Simpangan antar tingkat menurut SNI 1726-2012

Berdasarkan subbab 3.6.2, simpangan antar tingkat (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a). Nilai simpangan antar tingkat izin yang dipakai sesuai Tabel 3.18 yaitu 0,020h_s. Perhitungan simpangan antar tingkat izin akibat beban gempa statik ekuivalen pada *joint* 1 arah x dijabarkan sebagai berikut.

Diketahui:

Perpindahan elastis tingkat 1 (δ_{e1}) = 0,5 mm

Perpindahan elastis tingkat 2 (δ_{e2}) = 5 mm

Faktor keutamaan gedung (I) = 1

Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5

Faktor redundansi (ρ) = 1,3

Tinggi tingkat 2 (h_s) = 2800 mm

Maka, simpangan antar tingkat 2 dihitung sebagai berikut:

$$\triangle_2 = \frac{C_d(\delta_{e2}-\delta_{e1})}{I_e} < 0{,}02\,\frac{h_s}{\rho}$$

$$= \frac{5{,}5 \text{ x } (5-0{,}5)}{1} < 0{,}02\,\frac{2800}{1{,}3}$$

$$= 24{,}75 \text{ mm} < 43{,}077 \text{ mm}$$

Rekapitulasi simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik ekuivalen pada setiap *joint* yang ditinjau arah x dapat dilihat pada Tabel 5.52.

Tabel 5.52 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Statik Ekuivalen (SNI 1726-2012)

Joint	**Tingkat**	**h_s (mm)**	***Displacement*, δ_i (mm)**	***Story Drift*, Δ_i (mm)**	**Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)**	**Keterangan**
1	1	3200	0,5	2,75	49,231	OK
	2	2800	5	24,75	43,077	OK
	3	2800	9,6	25,30	43,077	OK
	4	2800	12,9	18,15	43,077	OK
	5	2800	14	6,05	43,077	OK

Lanjutan Tabel 5.52 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Statik Ekuivalen (SNI 1726-2012)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
5	1	3200	0,5	2,75	49,231	OK
	2	2800	5,1	25,30	43,077	OK
	3	2800	9,9	26,40	43,077	OK
	4	2800	13,4	19,25	43,077	OK
	5	2800	14,4	5,50	43,077	OK
21	1	3200	0,5	2,75	49,231	OK
	2	2800	5,1	25,30	43,077	OK
	3	2800	9,9	26,40	43,077	OK
	4	2800	13,4	19,25	43,077	OK
	5	2800	14,4	5,50	43,077	OK
60	1	3200	0,5	2,75	49,231	OK
	2	2800	5,1	25,3	43,077	OK
	3	2800	9,8	25,85	43,077	OK
	4	2800	13,3	19,25	43,077	OK
	5	2800	16	14,85	43,077	OK
92	1	3200	0,5	2,75	49,231	OK
	2	2800	5	24,75	43,077	OK
	3	2800	9,7	25,85	43,077	OK
	4	2800	13,2	19,25	43,077	OK
	5	2800	15,9	14,85	43,077	OK

Perhitungan nilai simpangan antar tingkat arah y dilakukan dengan cara yang sama seperti pada arah x. Rekapitulasi simpangan antar tingkat struktur arah y akibat beban gempa statik ekuivalen dapat dilihat pada Tabel 5.53 berikut.

Tabel 5.53 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Statik Ekuivalen (SNI 1726-2012)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
1	1	3200	0,7	3,85	49,231	OK
	2	2800	3,5	15,4	43,077	OK
	3	2800	6,6	17,05	43,077	OK
	4	2800	9,1	13,75	43,077	OK
	5	2800	10,8	9,35	43,077	OK

Lanjutan Tabel 5.53 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Statik Ekuivalen (SNI 1726-2012)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
5	1	3200	0,7	3,85	49,231	OK
	2	2800	3,5	15,4	43,077	OK
	3	2800	6,6	17,05	43,077	OK
	4	2800	9,1	13,75	43,077	OK
	5	2800	10,8	9,35	43,077	OK
21	1	3200	0,6	3,30	49,231	OK
	2	2800	4,8	23,10	43,077	OK
	3	2800	10	28,60	43,077	OK
	4	2800	14,1	22,55	43,077	OK
	5	2800	16,9	15,40	43,077	OK
60	1	3200	0,7	3,85	49,231	OK
	2	2800	3,6	15,95	43,077	OK
	3	2800	6,9	18,15	43,077	OK
	4	2800	9,5	14,30	43,077	OK
	5	2800	11,3	9,90	43,077	OK
92	1	3200	0,6	3,30	49,231	OK
	2	2800	4,2	19,80	43,077	OK
	3	2800	8,4	23,10	43,077	OK
	4	2800	11,8	18,70	43,077	OK
	5	2800	14,1	12,65	43,077	OK

2. Simpangan antar tingkat menurut SNI 1726-2019

   Berdasarkan subbab 3.6.2, simpangan antar tingkat (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a). Nilai simpangan antar tingkat izin yang dipakai sesuai Tabel 3.18 yaitu 0,020h_s. Perhitungan simpangan antar tingkat izin akibat beban gempa statik ekuivalen pada *joint* 1 arah x dijabarkan sebagai berikut.

   Diketahui:

   Perpindahan elastis tingkat 1 (δ_{e1}) = 0,852 mm

   Perpindahan elastis tingkat 2 (δ_{e2}) = 8,537 mm

   Faktor keutamaan gedung (I) = 1

   Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5

   Faktor redundansi (ρ) = 1,0

Tinggi tingkat 2 (h_s) = 2800 mm

Maka, simpangan antar tingkat 2 dihitung sebagai berikut:

$$\triangle_2 = \frac{C_d(\delta_{e2}-\delta_{e1})}{I_e} < 0{,}02\,\frac{h_s}{\rho}$$

$$= \frac{5{,}5 \text{ x } (8{,}537 - 0{,}852)}{1} < 0{,}02\,\frac{2800}{1{,}0}$$

$$= 42{,}265 \text{ mm} < 56{,}000 \text{ mm}$$

Rekapitulasi simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik ekuivalen pada setiap *joint* yang ditinjau arah x dapat dilihat pada Tabel 5.54.

Tabel 5.54 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Statik Ekuivalen (SNI 1726-2019)

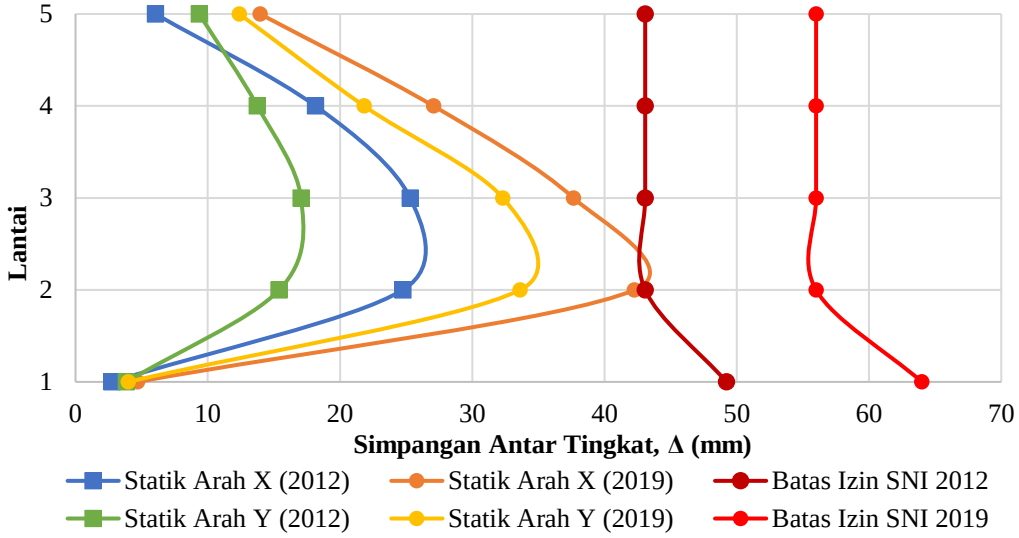
Joint	**Tingkat**	**h_s (mm)**	***Displacement*, δ_i (mm)**	***Story Drift*, Δ_i (mm)**	**Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)**	**Keterangan**
1	1	3200	0,852	4,688	64,000	OK
	2	2800	8,537	42,265	56,000	OK
	3	2800	15,381	37,644	56,000	OK
	4	2800	20,303	27,069	56,000	OK
	5	2800	22,840	13,954	56,000	OK
5	1	3200	0,796	4,376	64,000	OK
	2	2800	8,831	44,192	56,000	OK
	3	2800	16,313	41,156	56,000	OK
	4	2800	21,578	28,957	56,000	OK
	5	2800	24,088	13,802	56,000	OK
20	1	3200	0,356	1,958	64,000	OK
	2	2800	8,688	45,825	56,000	OK
	3	2800	16,321	41,981	56,000	OK
	4	2800	21,595	29,008	56,000	OK
	5	2800	24,093	13,740	56,000	OK
80	1	3200	1,724	9,480	64,000	OK
	2	2800	8,846	39,172	56,000	OK
	3	2800	16,084	39,810	56,000	OK
	4	2800	21,284	28,598	56,000	OK
	5	2800	24,342	16,818	56,000	OK
73	1	3200	2,109	11,598	64,000	OK
	2	2800	8,773	36,653	56,000	OK
	3	2800	15,830	38,817	56,000	OK
	4	2800	20,929	28,042	56,000	OK
	5	2800	24,028	17,045	56,000	OK

Perhitungan nilai simpangan antar tingkat arah y dilakukan dengan cara yang sama seperti pada arah x. Rekapitulasi simpangan antar tingkat struktur arah y akibat beban gempa statik ekuivalen dapat dilihat pada Tabel 5.55 berikut.

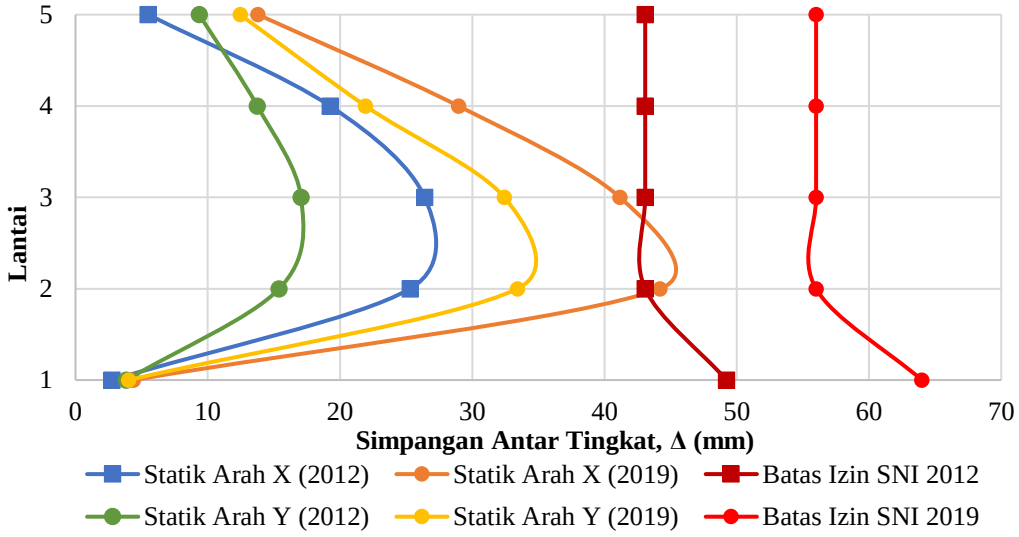
Tabel 5.55 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Statik Ekuivalen (SNI 1726-2019)

Joint	**Tingkat**	**h_s (mm)**	***Displacement*, δ_i (mm)**	***Story Drift*, Δ_i (mm)**	**Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)**	**Keterangan**
1	1	3200	0,727	3,996	64,000	OK
	2	2800	6,839	33,620	56,000	OK
	3	2800	12,715	32,317	56,000	OK
	4	2800	16,683	21,823	56,000	OK
	5	2800	18,936	12,391	56,000	OK
5	1	3200	0,730	4,017	64,000	OK
	2	2800	6,806	33,414	56,000	OK
	3	2800	12,701	32,423	56,000	OK
	4	2800	16,689	21,934	56,000	OK
	5	2800	18,952	12,451	56,000	OK
20	1	3200	0,512	2,819	64,000	OK
	2	2800	8,252	42,570	56,000	OK
	3	2800	16,891	47,512	56,000	OK
	4	2800	23,133	34,328	56,000	OK
	5	2800	26,826	20,315	56,000	OK
80	1	3200	1,890	10,393	64,000	OK
	2	2800	7,509	30,910	56,000	OK
	3	2800	13,315	31,931	56,000	OK
	4	2800	17,493	22,976	56,000	OK
	5	2800	20,029	13,951	56,000	OK
73	1	3200	6,916	38,038	64,000	OK
	2	2800	12,132	28,686	56,000	OK
	3	2800	17,416	29,062	56,000	OK
	4	2800	21,951	24,946	56,000	OK
	5	2800	25,207	17,904	56,000	OK

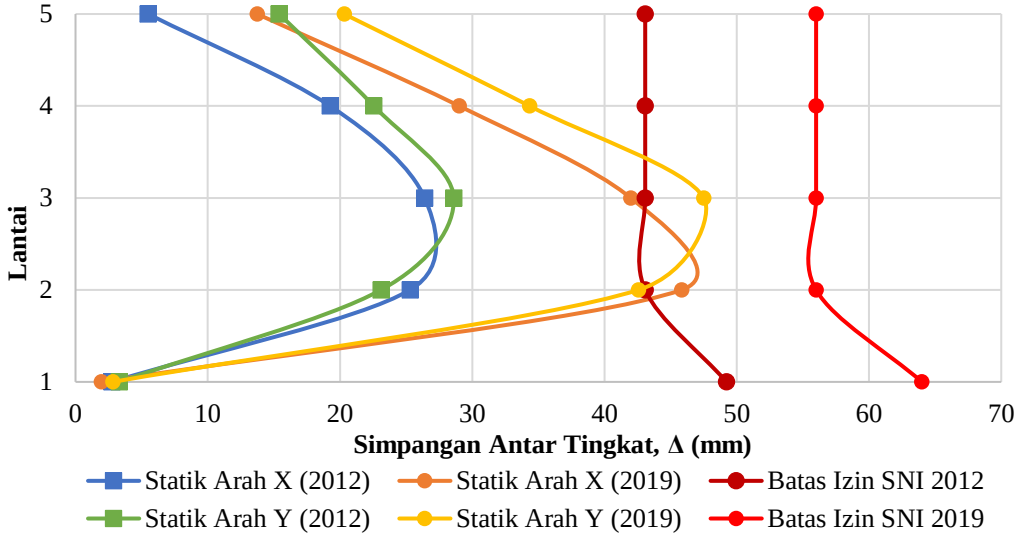
Dari nilai simpangan antar tingkat pada Tabel 5.52 dan Tabel 5.54 dapat dibuat grafik perbandingan simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik ekuivalen arah x, sedangkan grafik perbandingan simpangan antar tingkat untuk arah y dibuat berdasarkan Tabel 5.53 dan Tabel 5.55 sesuai batas syarat SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.32 hingga Gambar 5.36.



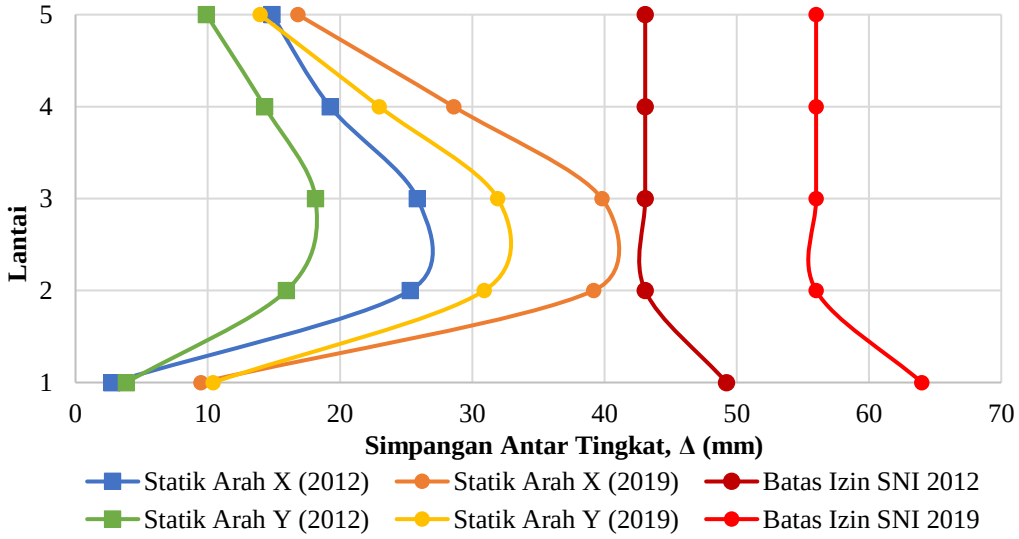
Gambar 5.32 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Statik



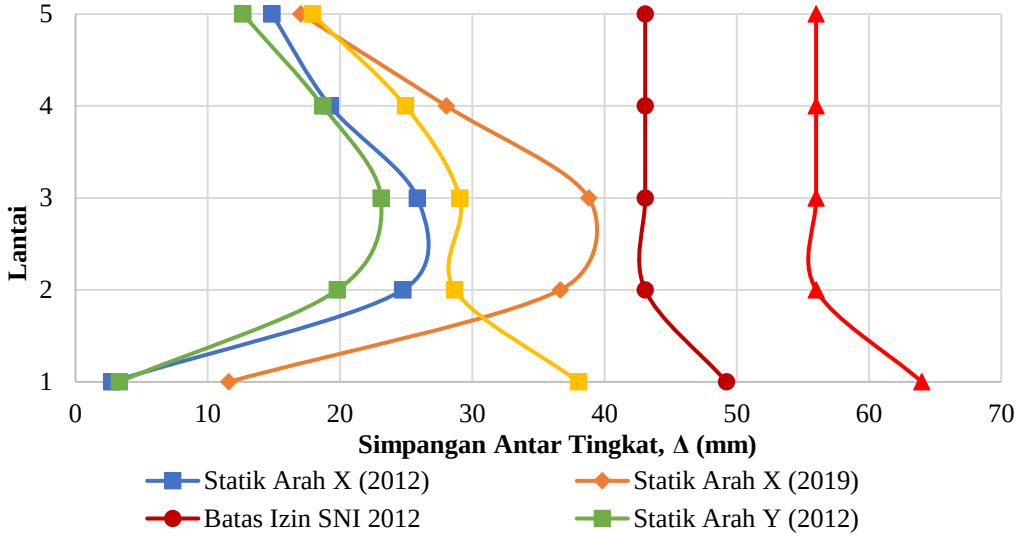
Gambar 5.33 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Statik



Gambar 5.34 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Statik



Gambar 5.35 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Statik



Gambar 5.36 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 92/73 Akibat Beban Gempa Statik

5.8.4 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Untuk menghitung simpangan antar tingkat diperlukan nilai simpangan elastis yang dapat dilihat pada Tabel 5.51 rekapitulasi nilai simpangan elastis akibat beban gempa statik ekuivalen.

1. Simpangan antar tingkat menurut SNI 1726-2012

   Simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum dihitung dengan cara yang sama seperti simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik. Rekapitulasi simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum pada setiap *joint* yang ditinjau arah x dan y masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.56 dan Tabel 5.57.

Tabel 5.56 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2012)

Joint	**Tingkat**	**h_s (mm)**	***Displacement*, δ_i (mm)**	***Story Drift*, Δ_i (mm)**	**Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)**	**Keterangan**
1	1	3200	0,4	2,20	49,231	OK
	2	2800	3,8	18,70	43,077	OK

Lanjutan Tabel 5.56 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2012)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
1	3	2800	7,4	19,80	43,077	OK
	4	2800	10,1	14,85	43,077	OK
	5	2800	11,6	8,25	43,077	OK
5	1	3200	0,4	2,20	49,231	OK
	2	2800	3,9	19,25	43,077	OK
	3	2800	7,7	20,90	43,077	OK
	4	2800	10,5	15,40	43,077	OK
	5	2800	12	8,25	43,077	OK
21	1	3200	0,4	2,20	49,231	OK
	2	2800	3,9	19,25	43,077	OK
	3	2800	7,7	20,90	43,077	OK
	4	2800	10,5	15,40	43,077	OK
	5	2800	12	8,25	43,077	OK
60	1	3200	0,4	2,20	49,231	OK
	2	2800	3,9	19,25	43,077	OK
	3	2800	7,6	20,35	43,077	OK
	4	2800	10,4	15,4	43,077	OK
	5	2800	12,2	9,9	43,077	OK
92	1	3200	0,4	2,20	49,231	OK
	2	2800	3,9	19,25	43,077	OK
	3	2800	7,6	20,35	43,077	OK
	4	2800	10,3	14,85	43,077	OK
	5	2800	12,1	9,90	43,077	OK

Tabel 5.57 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2012)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
1	1	3200	0,6	3,30	49,231	OK
	2	2800	3,3	14,85	43,077	OK
	3	2800	6,5	17,6	43,077	OK
	4	2800	9	13,75	43,077	OK
	5	2800	10,8	9,90	43,077	OK
5	1	3200	0,6	3,30	49,231	OK
	2	2800	3,3	14,85	43,077	OK
	3	2800	6,5	17,6	43,077	OK
	4	2800	9	13,75	43,077	OK

Lanjutan Tabel 5.57 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2012)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
5	5	2800	10,8	9,90	43,077	OK
21	1	3200	0,4	2,20	49,231	OK
	2	2800	3,3	15,95	43,077	OK
	3	2800	6,9	19,80	43,077	OK
	4	2800	9,9	16,50	43,077	OK
	5	2800	11,9	11,00	43,077	OK
60	1	3200	0,6	3,30	49,231	OK
	2	2800	3,3	14,85	43,077	OK
	3	2800	6,5	17,60	43,077	OK
	4	2800	9,1	13,75	43,077	OK
	5	2800	10,9	10,45	43,077	OK
92	1	3200	0,5	2,75	49,231	OK
	2	2800	3,3	15,40	43,077	OK
	3	2800	6,7	18,70	43,077	OK
	4	2800	9,4	14,85	43,077	OK
	5	2800	11,4	11,0	43,077	OK

2. Simpangan antar tingkat menurut SNI 1726-2019

   Simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum dihitung dengan cara yang sama seperti simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik. Rekapitulasi simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum pada setiap *joint* yang ditinjau arah x dan y masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.58 dan Tabel 5.59.

Tabel 5.58 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2019)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
1	1	3200	0,663	3,644	64,000	OK
	2	2800	6,812	33,823	56,000	OK
	3	2800	12,389	30,673	56,000	OK
	4	2800	16,413	22,130	56,000	OK
	5	2800	18,529	11,639	56,000	OK

Lanjutan Tabel 5.58 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2019)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
5	1	3200	0,620	3,409	64,000	OK
	2	2800	6,945	34,786	56,000	OK
	3	2800	12,934	32,943	56,000	OK
	4	2800	17,160	23,244	56,000	OK
	5	2800	19,198	11,208	56,000	OK
20	1	3200	0,270	1,483	64,000	OK
	2	2800	6,830	36,080	56,000	OK
	3	2800	12,939	33,602	56,000	OK
	4	2800	17,174	23,289	56,000	OK
	5	2800	19,203	11,161	56,000	OK
80	1	3200	1,310	7,205	64,000	OK
	2	2800	6,980	31,184	56,000	OK
	3	2800	12,807	32,050	56,000	OK
	4	2800	17,003	23,077	56,000	OK
	5	2800	19,541	13,959	56,000	OK
73	1	3200	1,616	8,886	64,000	OK
	2	2800	6,949	29,335	56,000	OK
	3	2800	12,651	31,361	56,000	OK
	4	2800	16,780	22,707	56,000	OK
	5	2800	19,376	14,281	56,000	OK

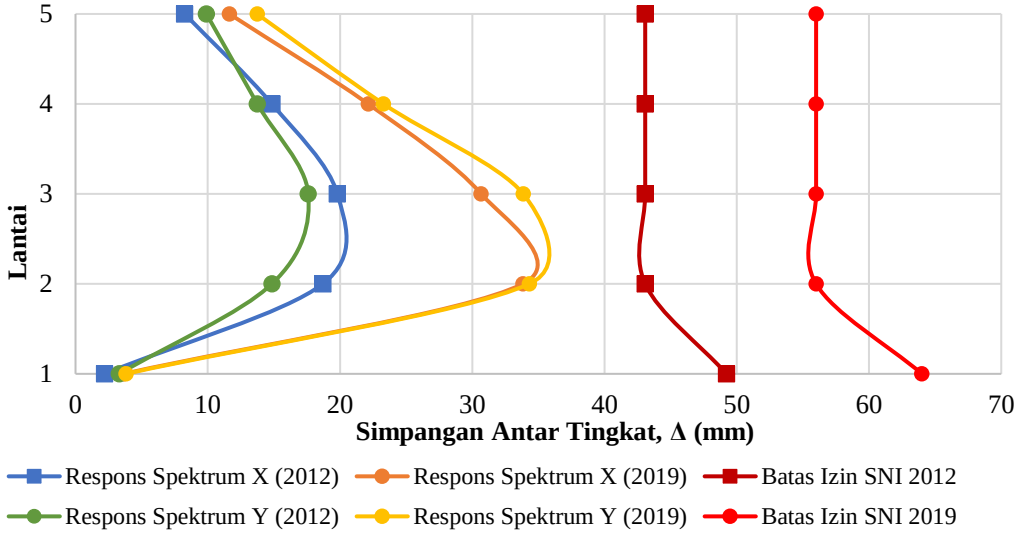
Tabel 5.59 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2019)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
1	1	3200	0,694	3,816	64,000	OK
	2	2800	6,932	34,311	56,000	OK
	3	2800	13,088	33,857	56,000	OK
	4	2800	17,322	23,288	56,000	OK
	5	2800	19,819	13,731	56,000	OK
5	1	3200	0,694	3,819	64,000	OK
	2	2800	6,897	34,116	56,000	OK
	3	2800	13,072	33,960	56,000	OK
	4	2800	17,330	23,418	56,000	OK
	5	2800	19,823	13,713	56,000	OK
20	1	3200	0,336	1,850	64,000	OK
	2	2800	5,406	27,886	56,000	OK

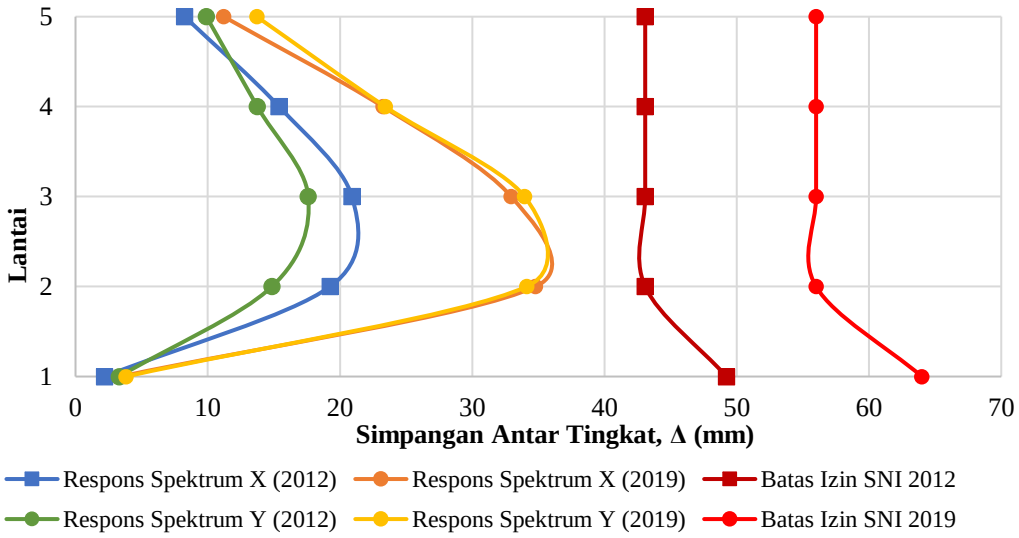
Lanjutan Tabel 5.59 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2019)

Joint	Tingkat	h_s (mm)	*Displacement*, δ_i (mm)	*Story Drift*, Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
20	3	2800	11,094	31,282	56,000	OK
	4	2800	15,173	22,433	56,000	OK
	5	2800	17,545	13,046	56,000	OK
80	1	3200	1,740	9,571	64,000	OK
	2	2800	7,284	30,492	56,000	OK
	3	2800	13,131	32,159	56,000	OK
	4	2800	17,362	23,270	56,000	OK
	5	2800	19,891	13,911	56,000	OK
73	1	3200	5,854	32,197	64,000	OK
	2	2800	10,074	23,210	56,000	OK
	3	2800	14,257	23,007	56,000	OK
	4	2800	17,860	19,818	56,000	OK
	5	2800	20,469	14,346	56,000	OK

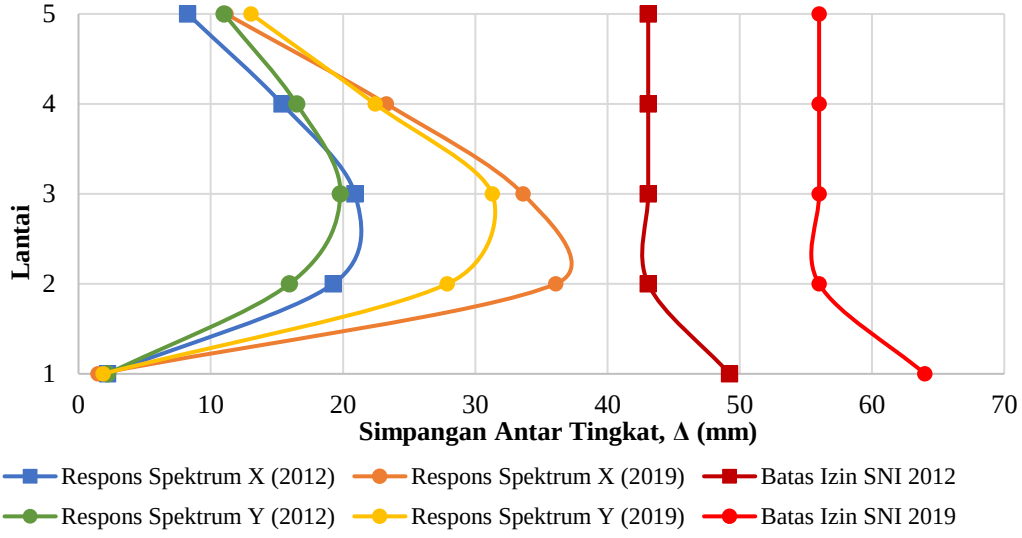
Dari nilai simpangan antar tingkat pada Tabel 5.56 dan Tabel 5.58 dapat dibuat grafik perbandingan simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum arah x, sedangkan grafik perbandingan simpangan antar tingkat untuk arah y dibuat berdasarkan Tabel 5.57 dan Tabel 5.59 sesuai batas syarat SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.37 hingga Gambar 5.41.



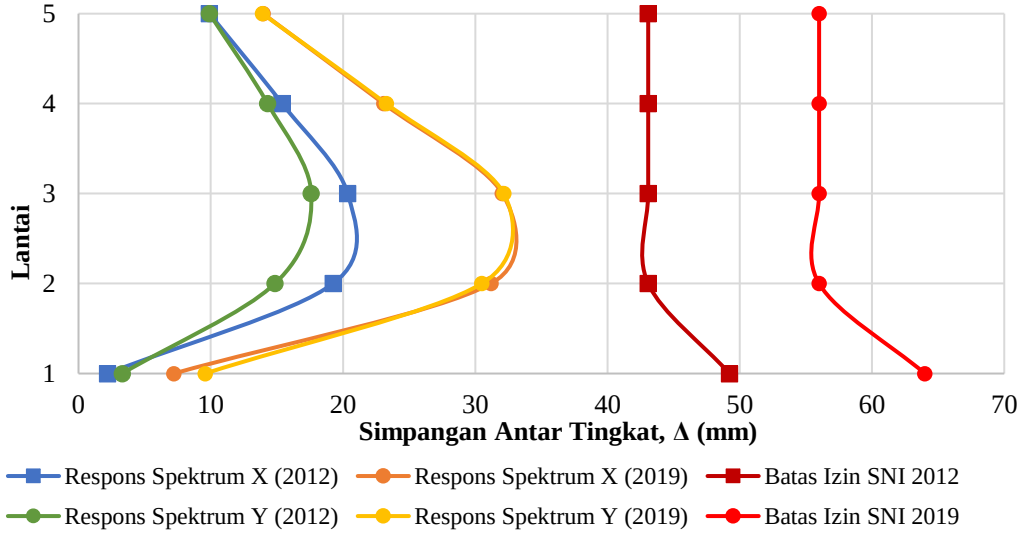
Gambar 5.37 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 1 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



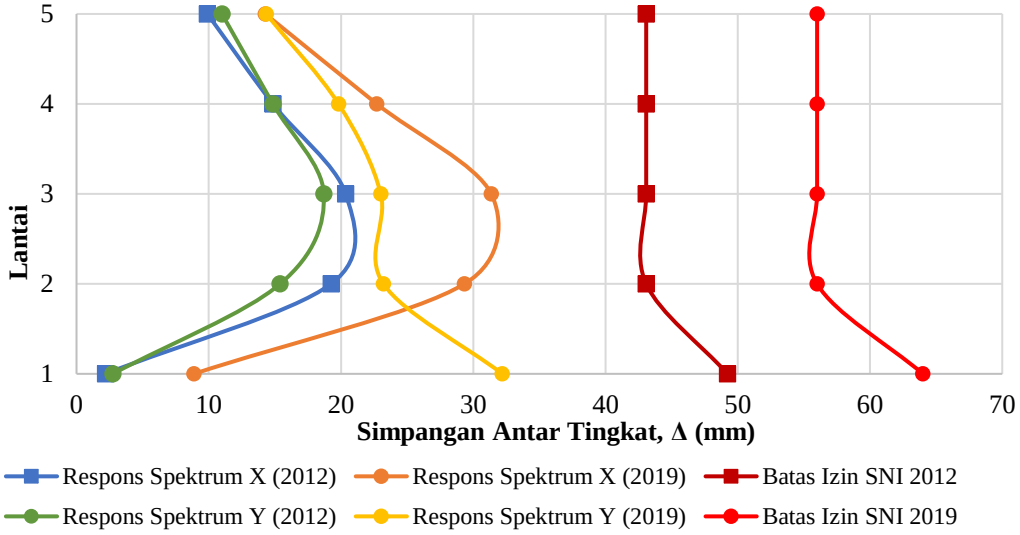
Gambar 5.38 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 5 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



Gambar 5.39 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 21/20 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



Gambar 5.40 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 60/80 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum



Gambar 5.41 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 92/73 Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan dan grafik perbandingan simpangan antar tingkat masing-masing *joint* (Gambar 5.32 hingga Gambar 5.36), dapat dibuat perbandingan nilai simpangan antar tingkat pada arah x dan y akibat beban gempa statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 seperti pada Tabel 5.60 dan Tabel 5.61 berikut.

Tabel 5.60 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen pada Arah X

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
1	1	2,75	4,688	1,938	70,49%
	2	24,75	42,265	17,515	70,77%
	3	25,30	37,644	12,344	48,79%
	4	18,15	27,069	8,919	49,14%
	5	6,05	13,954	7,904	130,64%
5	1	2,75	4,376	1,626	59,13%
	2	25,30	44,192	18,892	74,67%
	3	26,40	41,156	14,756	55,89%
	4	19,25	28,957	9,707	50,43%
	5	5,50	13,802	8,302	150,95%
21/20	1	2,75	1,958	-0,792	-28,81%
	2	25,30	45,825	20,525	81,13%
	3	26,40	41,981	15,581	59,02%
	4	19,25	29,008	9,758	50,69%

Lanjutan Tabel 5.60 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen pada Arah X

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
21/20	5	5,50	13,740	8,240	149,82%
60/80	1	2,75	9,480	6,730	244,74%
	2	25,3	39,172	13,872	54,83%
	3	25,85	39,810	13,960	54,01%
	4	19,25	28,598	9,348	48,56%
	5	14,85	16,818	1,968	13,25%
92/73	1	2,75	11,598	8,848	321,75%
	2	24,75	36,653	11,903	48,09%
	3	25,85	38,817	12,967	50,16%
	4	19,25	28,042	8,792	45,67%
	5	14,85	17,045	2,195	14,78%

Tabel 5.61 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen pada Arah Y

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
1	1	3,85	3,996	0,146	3,79%
	2	15,4	33,620	18,220	118,31%
	3	17,05	32,317	15,267	89,54%
	4	13,75	21,823	8,073	58,71%
	5	9,35	12,391	3,041	32,52%
5	1	3,85	4,017	0,167	4,34%
	2	15,4	33,414	18,014	116,97%
	3	17,05	32,423	15,373	90,16%
	4	13,75	21,934	8,184	59,52%
	5	9,35	12,451	3,101	33,16%
21/20	1	3,30	2,819	-0,481	-14,59%
	2	23,10	42,570	19,470	84,28%
	3	28,60	47,512	18,912	66,13%
	4	22,55	34,328	11,778	52,23%
	5	15,40	20,315	4,915	31,92%
60/80	1	3,85	10,393	6,543	169,94%
	2	15,95	30,910	14,960	93,79%
	3	18,15	31,931	13,781	75,93%
	4	14,30	22,976	8,676	60,67%
	5	9,90	13,951	4,051	40,92%
92/73	1	3,30	38,038	34,738	1052,68%
	2	19,80	28,686	8,886	44,88%

Lanjutan Tabel 5.61 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen pada Arah Y

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
92/73	3	23,10	29,062	5,962	25,81%
	4	18,70	24,946	6,246	33,40%
	5	12,65	17,904	5,254	41,53%

Berdasarkan Tabel 5.60 dan Tabel 5.61 dapat dilihat simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik ekuivalen arah x maksimum terdapat pada *joint* 5 dan 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 26,400 mm dan pada *joint* 20 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 45,825 mm dengan selisih di antara keduanya 19,425 mm. Untuk arah y simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 21/20 lantai 3 sebesar 28,600 mm (SNI 1726-2012) dan 47,512 mm (SNI 1726-2019) dengan selisih 18,912 mm. Nilai simpangan antar tingkat menurut peraturan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang lebih besar daripada SNI 1726-2012. Hal ini disebabkan oleh beban gempa statik ekuivalen SNI 1726-2019 yang bernilai lebih besar dan juga perbedaan penggunaan peraturan diafragma dan tumpuan pada lantai dasar. Dimana pada SNI 1726-2019 menggunakan diafragma *semi-rigid* dengan tumpuan sendi sedangkan pada SNI 1726-2012 menggunakan diafragma *rigid* dengan tumpuan jepit.

Untuk rekapitulasi perbandingan simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum dapat dibuat berdasarkan hasil perhitungan dan grafik perbandingan simpangan antar tingkat masing-masing *joint* (Gambar 5.37 hingga Gambar 5.41). Hasil rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.62 untuk arah x dan Tabel 5.63 untuk arah y.

Tabel 5.62 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum pada Arah X

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
1	1	2,2	3,644	1,444	65,65%
	2	18,7	33,823	15,123	80,87%
	3	19,8	30,673	10,873	54,91%
	4	14,85	22,130	7,280	49,03%
	5	8,25	11,639	3,389	41,07%

Lanjutan Tabel 5.62 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum pada Arah X

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
5	1	2,2	3,409	1,209	54,94%
	2	19,25	34,786	15,536	80,71%
	3	20,90	32,943	12,043	57,62%
	4	15,4	23,244	7,844	50,93%
	5	8,25	11,208	2,958	35,86%
21/20	1	2,2	1,483	-0,717	-32,60%
	2	19,25	36,080	16,830	87,43%
	3	20,9	33,602	12,702	60,78%
	4	15,4	23,289	7,889	51,23%
	5	8,25	11,161	2,911	35,28%
60/80	1	2,2	7,205	5,005	227,51%
	2	19,25	31,184	11,934	62,00%
	3	20,35	32,050	11,700	57,50%
	4	15,4	23,077	7,677	49,85%
	5	9,9	13,959	4,059	41,00%
92/73	1	2,20	8,886	6,686	303,92%
	2	19,25	29,335	10,085	52,39%
	3	20,35	31,361	11,011	54,11%
	4	14,85	22,707	7,857	52,91%
	5	9,90	14,281	4,381	44,25%

Tabel 5.63 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum pada Arah Y

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
1	1	3,3	3,816	0,516	15,64%
	2	14,85	34,311	19,461	131,05%
	3	17,6	33,857	16,257	92,37%
	4	13,75	23,288	9,538	69,37%
	5	9,9	13,731	3,831	38,69%
5	1	3,3	3,819	0,519	15,74%
	2	14,85	34,116	19,266	129,74%
	3	17,6	33,960	16,360	92,95%
	4	13,75	23,418	9,668	70,31%
	5	9,9	13,713	3,813	38,51%
21/20	1	2,2	1,850	-0,350	-15,93%
	2	15,95	27,886	11,936	74,83%
	3	19,8	31,282	11,482	57,99%
	4	16,5	22,433	5,933	35,96%
	5	11	13,046	2,046	18,60%

Lanjutan Tabel 5.63 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Respons Spektrum pada Arah Y

Joint	Tingkat	SNI 1726-2012 (mm)	SNI 1726-2019 (mm)	Selisih	
				mm	Persentase
60/80	1	3,30	9,571	6,271	190,02%
	2	14,85	30,492	15,642	105,33%
	3	17,60	32,159	14,559	82,72%
	4	14,30	23,270	8,970	62,73%
	5	9,90	13,911	4,011	40,51%
92/73	1	2,75	32,197	29,447	1070,79%
	2	15,40	23,210	7,810	50,72%
	3	18,70	23,007	4,307	23,03%
	4	14,85	19,818	4,968	33,45%
	5	11,00	14,346	3,346	30,42%

Dari Tabel 5.62 dan Tabel 5.63 dapat dilihat simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum arah x maksimum terdapat pada *joint* 5 dan 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 20,900 mm dan pada *joint* 20 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 36,080 mm dengan selisih di antara keduanya 15,180 mm. Untuk arah y simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 19,800 mm dan pada *joint* 1 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 34,311 mm dengan selisih di antara keduanya 14,511 mm. Nilai simpangan antar tingkat menurut peraturan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang lebih besar daripada SNI 1726-2012. Hal ini disebabkan oleh beban gempa respons spektrum SNI 1726-2019 yang bernilai lebih besar dan juga perbedaan penggunaan peraturan diafragma dan tumpuan pada lantai dasar. Dimana pada SNI 1726-2019 menggunakan diafragma *semi-rigid* dengan tumpuan sendi sedangkan pada SNI 1726-2012 menggunakan diafragma *rigid* dengan tumpuan jepit.

5.8.5 Perbandingan *Drift Ratio* Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen

Nilai *drift ratio* didapatkan dari simpangan antar tingkat dibagi dengan tinggi tingkat. Rekapitulasi perbandingan *drift ratio* akibat beban gempa statik ekuivalen dapat dilihat pada Tabel 5.64 berikut.

Tabel 5.64 Perbandingan Drift Ratio Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen

Joint	Tingkat	h_x (mm)	Arah X		Arah Y	
			SNI 1726-2012	SNI 1726-2019	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019
1	1	3200	0,086%	0,147%	0,120%	0,125%
	2	2800	0,884%	1,509%	0,550%	1,201%
	3	2800	0,904%	1,344%	0,609%	1,154%
	4	2800	0,648%	0,967%	0,491%	0,779%
	5	2800	0,216%	0,498%	0,334%	0,443%
5	1	3200	0,086%	0,137%	0,120%	0,126%
	2	2800	0,904%	1,578%	0,550%	1,193%
	3	2800	0,943%	1,470%	0,609%	1,158%
	4	2800	0,688%	1,034%	0,491%	0,783%
	5	2800	0,196%	0,493%	0,334%	0,445%
21/20	1	3200	0,086%	0,061%	0,103%	0,088%
	2	2800	0,904%	1,637%	0,825%	1,520%
	3	2800	0,943%	1,499%	1,021%	1,697%
	4	2800	0,688%	1,036%	0,805%	1,226%
	5	2800	0,196%	0,491%	0,550%	0,726%
60/80	1	3200	0,086%	0,296%	0,120%	0,325%
	2	2800	0,904%	1,399%	0,570%	1,104%
	3	2800	0,923%	1,422%	0,648%	1,140%
	4	2800	0,688%	1,021%	0,511%	0,821%
	5	2800	0,530%	0,601%	0,354%	0,498%
92/73	1	3200	0,086%	0,362%	0,103%	1,189%
	2	2800	0,884%	1,309%	0,707%	1,024%
	3	2800	0,923%	1,386%	0,825%	1,038%
	4	2800	0,687%	1,001%	0,668%	0,891%
	5	2800	0,530%	0,609%	0,452%	0,639%

5.8.6 Perbandingan *Drift Ratio* Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Nilai *drift ratio* didapatkan dari simpangan antar tingkat dibagi dengan tinggi tingkat. Rekapitulasi perbandingan *drift ratio* akibat beban gempa respons spektrum dapat dilihat pada Tabel 5.65 berikut.

Tabel 5.65 Perbandingan Drift Ratio Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Joint	Tingkat	h_x (mm)	Arah X		Arah Y	
			SNI 1726-2012	SNI 1726-2019	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019
1	1	3200	0,069%	0,114%	0,103%	0,119%
	2	2800	0,668%	1,208%	0,530%	1,225%

Lanjutan Tabel 5.65 Perbandingan Drift Ratio Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Joint	Tingkat	h_x (mm)	Arah X		Arah Y	
			SNI 1726-2012	SNI 1726-2019	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019
1	3	2800	0,707%	1,095%	0,629%	1,209%
	4	2800	0,530%	0,790%	0,491%	0,832%
	5	2800	0,295%	0,416%	0,354%	0,490%
5	1	3200	0,069%	0,107%	0,103%	0,119%
	2	2800	0,688%	1,242%	0,530%	1,218%
	3	2800	0,746%	1,177%	0,629%	1,213%
	4	2800	0,550%	0,830%	0,491%	0,836%
	5	2800	0,295%	0,400%	0,354%	0,490%
21/20	1	3200	0,069%	0,046%	0,069%	0,058%
	2	2800	0,688%	1,289%	0,570%	0,996%
	3	2800	0,746%	1,200%	0,707%	1,117%
	4	2800	0,550%	0,832%	0,589%	0,801%
	5	2800	0,295%	0,399%	0,393%	0,466%
60/80	1	3200	0,069%	0,225%	0,103%	0,299%
	2	2800	0,688%	1,114%	0,530%	1,089%
	3	2800	0,727%	1,145%	0,629%	1,149%
	4	2800	0,550%	0,824%	0,511%	0,831%
	5	2800	0,354%	0,499%	0,354%	0,497%
92/73	1	3200	0,069%	0,278%	0,086%	1,006%
	2	2800	0,688%	1,048%	0,550%	0,829%
	3	2800	0,727%	1,120%	0,668%	0,822%
	4	2800	0,530%	0,811%	0,530%	0,708%
	5	2800	0,354%	0,510%	0,393%	0,512%

Setelah melakukan analisis statik ekuivalen dan respons spektrum pada gedung Rusunawa UII sehingga didapatkan perbandingan perilaku struktur berdasarkan peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019, maka hasil analisis secara keseluruhan dapat dirangkum dan ditabelkan dalam Tabel 5.66.

Tabel 5.66 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

No.	Parameter	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019	Selisih
1	Faktor keutamaan gempa	I = 1	I = 1	0%
2	Peta gempa	2011	2018	-

Lanjutan Tabel 5.66 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

No.	Parameter	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019	Selisih
3	Percepatan respons spektral	S_s = 0,967 *g*	S_s = 1,009 *g*	4,343%
		S_1 = 0,37 *g*	S_1 = 0,465 *g*	25,676%
4	Percepatan spektrum respons	S_{MS} = 1,076 *g*	S_{MS} = 1,106 *g*	2,788%
		S_{M1} = 0,614 *g*	S_{M1} = 0,853 *g*	38,925%
5	Percepatan spektral desain	S_{Ds} = 0,718 *g*	S_{Ds} = 0,738 *g*	2,785%
		S_{D1} = 0,409 *g*	S_{D1} = 0,569 *g*	39,120%
		S_{DsR} = 0,679 *g*	S_{DsR} = 0,701 *g*	3,240%
		S_{D1R} = 0,409 *g*	S_{D1R} = 0,540 *g*	32,029%
6	Periode spektrum respons desain	T_0 = 0,121 detik	T_0 = 0,154 detik	27,273%
		T_s = 0,603 detik	T_s = 0,771 detik	27,861%
			T_L = 18 detik	-
7	Penentuan faktor respons gempa	Untuk $T < T_0$, S_a = 0,272 *g*	Untuk $T < T_0$, S_a = 0,280 *g*	2,941%
		Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$, S_a = 0,679 *g*	Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$, S_a = 0,701 *g*	3,240%
		Untuk $T \geq T_s$, S_a = 0,671 *g*	Untuk $T \geq T_s$, S_a = 0,693 *g*	3,279%
			Untuk $T > T_L$, S_a = 0,027 *g*	-
8	Faktor reduksi gempa	8 (SRPMK beton bertulang)	8 (SRPMK beton bertulang)	0%
9	Waktu getar fundamental	T_c = 0,694 detik	T_c = 0,810 detik	16,715%
		Batas minimum T_a = 0,514 detik	Batas minimum T_a = 0,514 detik	0%
		Batas maksimum T_{max} = 0,720 detik	Batas maksimum T_{max} = 0,720 detik	0%
		T_{pakai} = 0,694 detik	T_{pakai} = 0,720 detik	3,746%
10	Koefisien respons seismik	C_s = 0,0849 *g*	C_s = 0,0876 *g*	3,180%
		$C_{s\ max}$ = 0,0737 *g*	$C_{s\ max}$ = 0,0939 *g*	27,408%
		$C_{s\ min}$ = 0,0299 *g*	$C_{s\ min}$ = 0,0308 *g*	3,010%
		$C_{s\ pakai}$ = 0,0737 *g*	$C_{s\ pakai}$ = 0,0876 *g*	18,860%
11	Berat efektif bangunan	W_e = 36377,813 kN	W_e = 36872,890 kN	1,361%
11	Gaya geser dasar	V = 2681,984 kN	V = 3229,261 kN	20,406%
12	Distribusi vertikal gaya gempa	F_1 = 255,043 kN	F_1 = 302,032 kN	18,424%
		F_2 = 408,432 kN	F_2 = 489,963 kN	19,962%
		F_3 = 621,734 kN	F_3 = 749,465 kN	20,544%
		F_4 = 839,656 kN	F_4 = 1015,730 kN	20,970%
		F_5 = 557,118 kN	F_5 = 672,072 kN	20,634%

Lanjutan Tabel 5.66 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

No.	Parameter	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019	Selisih
13	Simpangan hasil analisis statik ekuivalen arah x	δmax terdapat pada *joint* 60 sebesar 16,000 mm	δmax terdapat pada *joint* 80 sebesar 24,342 mm	52,135%
14	Simpangan hasil analisis statik ekuivalen arah y	δmax terdapat pada *joint* 21 sebesar 16,900 mm	δmax terdapat pada *joint* 20 sebesar 26,826 mm	58,735%
15	Simpangan hasil analisis respons spektrum arah x	δmax terdapat pada *joint* 60 sebesar 12,200 mm	δmax terdapat pada *joint* 80 sebesar 19,541 mm	60,172%
16	Simpangan hasil analisis respons spektrum arah y	δmax terdapat pada *joint* 21 sebesar 11,900 mm	δmax terdapat pada *joint* 73 sebesar 20,469 mm	72,005%
17	Simpangan antar tingkat hasil analisis statik ekuivalen arah x	Δ_{max} terdapat pada *joint* 5 dan 21 sebesar 26,400 mm	Δ_{max} terdapat pada *joint* 20 sebesar 45,825 mm	73,580%
18	Simpangan antar tingkat hasil analisis statik ekuivalen arah y	Δ_{max} terdapat pada *joint* 21 sebesar 28,600 mm	Δ_{max} terdapat pada *joint* 20 sebesar 47,512 mm	66,126%
19	Simpangan antar tingkat hasil analisis respons spektrum arah x	Δ_{max} terdapat pada *joint* 5 dan 21 sebesar 20,900 mm	Δ_{max} terdapat pada *joint* 20 sebesar 36,080 mm	72,634%
20	Simpangan antar tingkat hasil analisis respons spektrum arah y	Δ_{max} terdapat pada *joint* 21 sebesar 19,800 mm	Δ_{max} terdapat pada *joint* 1 sebesar 34,311 mm	73,288%
21	*Drift ratio* hasil analisis statik ekuivalen arah x	DR_{max} terdapat pada *joint* 5 dan 21 sebesar 0,943%	DR_{max} terdapat pada *joint* 20 sebesar 1,637%	73,595%
22	*Drift ratio* hasil analisis statik ekuivalen arah y	DR_{max} terdapat pada *joint* 21 sebesar 1,021%	DR_{max} terdapat pada *joint* 20 sebesar 1,697%	66,210%
23	*Drift ratio* hasil analisis respons spektrum arah x	DR_{max} terdapat pada *joint* 5 dan 21 sebesar 0,746%	DR_{max} terdapat pada *joint* 20 sebesar 1,289%	72,634%
24	*Drift ratio* hasil analisis respons spektrum arah y	DR_{max} terdapat pada *joint* 21 sebesar 0,707%	DR_{max} terdapat pada *joint* 1 sebesar 1,225%	73,288%

Dari Tabel 5.66 dapat dilihat perbandingan parameter SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Nilai-nilai parameter pada SNI 1726-2019 relatif lebih besar

daripada SNI 1726-2012. Dengan meningkatnya gaya geser dasar sebesar 20,406%, perilaku struktur akibat beban statik ekuivalen naik hingga sebesar 93,781%. Lalu dengan meningkatnya nilai percepatan spektrum respons sebesar 20,857%, perilaku struktur akibat beban respons spektrum naik hingga sebesar 93,969%.

Diketahui dari hasil perbandingan simpangan antar tingkat berdasarkan peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019, nilai simpangan antar tingkat pada peraturan SNI 1726-2019 jauh lebih besar, baik akibat beban gempa statik maupun respons spektrum. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai simpangan antar tingkat pada kedua peraturan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Spesifikasi gedung

   Pada peraturan SNI 1726-2019, gedung menggunakan spesifikasi diafragma berupa *semi-rigid* (mengacu pada pasal 7.3 SNI 1726-2019) dan tumpuan sendi sebagai pondasinya (mengacu pada pasal 7.7 SNI 1726-2019). Hal ini bertujuan agar struktur gedung mengalami goyangan balok (*beam sway mechanism*) ketika struktur mengalami goyangan gempa yang besar. Sedangkan pada peraturan SNI 1726-2012, gedung menggunakan spesifikasi diafragma berupa *rigid* dan tumpuan jepit sebagai pondasinya.

2. Gaya gempa

   Salah satu yang mempengaruhi besarnya gaya gempa yaitu nilai percepatan batuan dasar. Semakin besar nilai percepatan batuan dasar, maka semakin besar juga gaya gempa yang diterima struktur. Nilai gaya gempa SNI 1726-2019 yang lebih besar daripada SNI 1726-2012 mengakibatkan simpangan antar tingkat yang terjadi juga lebih besar.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan hasil analisis dan proses perbandingan menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa SNI 1726-2019 memiliki tren hasil yang lebih besar daripada SNI 1726-2012. Hal ini dapat dibuktikan pada nilai-nilai perbandingan berikut:

1. a. Percepatan respons spektrum periode pendek (S_{MS}) pada peraturan SNI 1726-2012 memiliki nilai 1,076 *g* dan untuk peraturan SNI 1726-2019 memiliki nilai 1,106 *g* dengan selisih sebesar 2,788%. Untuk percepatan respons spektrum periode 1 detik (S_{M1}) pada peraturan SNI 1726-2012 memiliki nilai 0,614 *g* dan untuk peraturan SNI 1726-2019 memiliki nilai 0,853 *g* dengan selisih sebesar 38,925%.
   b. Nilai gaya geser dasar gedung Rusunawa UII dengan peraturan SNI 1726-2012 adalah 2681,984 kN dan untuk peraturan SNI 1726-2019 adalah 3229,261 kN dengan selisih sebesar 20,406%.
2. a. Simpangan maksimum hasil analisis statik ekuivalen arah x terdapat pada *joint* 60/80 lantai 5 yaitu sebesar 16,000 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 24,342 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 52,135%. Untuk arah y simpangan maksimum terdapat pada *joint* 21/20 lantai 5 sebesar 16,900 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 26,826 mm untuk SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 58,735%.
   b. Simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis statik ekuivalen arah x terdapat pada *joint* 5 dan 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 26,400 mm dan pada *joint* 20 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 45,825 mm dengan selisih sebesar 73,580%. Untuk arah y simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 21/20 lantai 3 sebesar 28,600 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 47,512 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 66,126%.

c. Rasio simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis statik ekuivalen arah x terdapat pada *joint* 5 dan 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 0,943% dan pada *joint* 20 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 1,637% dengan selisih sebesar 73,595%. Untuk arah y rasio simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 21/20 lantai 3 sebesar 1,021% untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 1,697% untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 66,210%.

3. a. Simpangan maksimum hasil analisis respons spektrum arah x terdapat pada *joint* 60/80 lantai 5 yaitu sebesar 12,200 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 25,885 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 112,169%. Untuk arah y simpangan maksimum terdapat pada *joint* 21 lantai 5 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 11,900 mm dan pada *joint* 73 lantai 5 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 25,527 mm dengan selisih sebesar 114,513%.

   b. Simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis respons spektrum arah x terdapat pada *joint* 5 dan 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 20,900 mm dan pada *joint* 20 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 47,793 mm dengan selisih sebesar 128,675%. Untuk arah y simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 19,800 mm dan pada *joint* 1 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 42,791 mm dengan selisih sebesar 116,116%.

   c. Simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis respons spektrum arah x terdapat pada *joint* 5 dan 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 0,746% dan pada *joint* 20 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 1,707% dengan selisih sebesar 128,820%. Untuk arah y simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 21 lantai 3 untuk peraturan SNI 1726-2012 yaitu sebesar 0,707% dan pada *joint* 1 lantai 2 untuk peraturan SNI 1726-2019 sebesar 1,528% dengan selisih sebesar 116,124%.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penyempurnaan dan pengembangan studi serta penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Apabila peraturan ketahanan bangunan terhadap gempa yang terbaru telah dipublikasikan, analisis ulang terhadap bangunan sangat dianjurkan.
2. Kinerja struktur gedung perlu dievaluasi lebih mendalam, salah satunya dengan menggunakan metode analisis *pushover*.
3. Riset mengenai gempa perlu ditingkatkan guna menambah pengetahuan sumber bencana gempa, sehingga mitigasi dapat dilakukan secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I*. California. Seismic Safety Commission State of California.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2012. SNI 1726-2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2019. SNI 1726-2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2013. SNI 1727-2013, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2020. SNI 1727-2020, *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta.

Dewobroto, W. 2006. *Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000*. Jurnal Teknik Sipil. Vol. III. No.1:7-24. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 1987. SKBI-1.3.53.1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta.

Fahmianto, S. 2020. *Evaluasi Level Kinerja Gedung SRPMK Bertingkat Menggunakan Metode Pushover Sesuai Peraturan Gempa SNI 03 1726 2012 dan Peraturan Gempa SNI 03 1726 2019*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas 17 Agustus 1945. Surabaya.

FEMA 356. 2000. *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Virginia American Society of Civil Engineers.

Fitri, R. 2020. *Kajian Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Lima Lantai*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Kurniati, D. 2018. *Kajian Analisis Pushover untuk Performance Based Design pada Awana Condotel Yogyakarta. Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol.6 No.1. Yogyakarta.

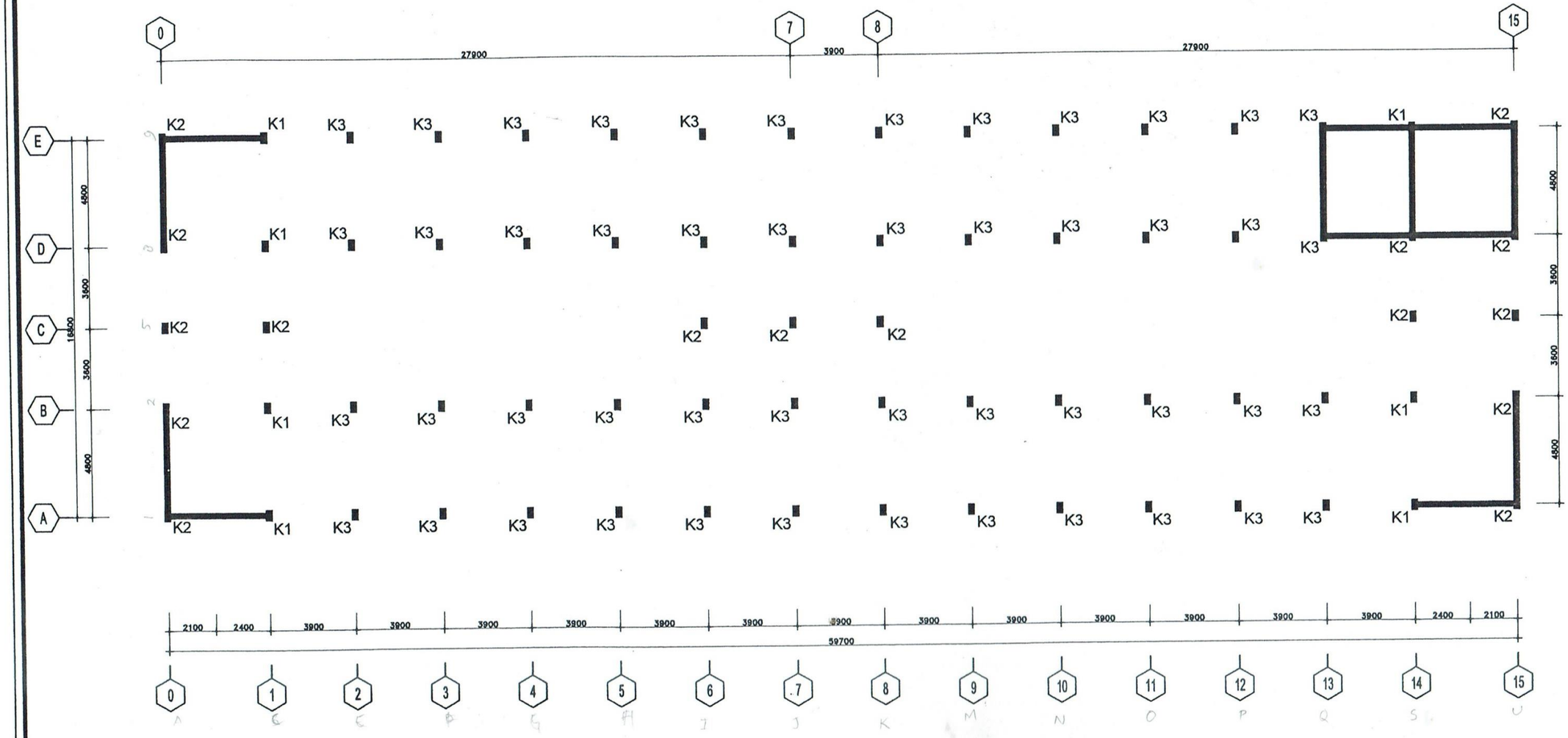
Muntafi, Y. 2012. *Evaluasi Kinerja Bangunan Gedung DPU Wilayah Kabupaten Wonogiri dengan Analisis Pushover*. Simposium Nasional RAPI XI FT UM. Surakarta.

Pawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

Pranata, Y.A. 2006. *Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analysis (Sesuai ATC-40, FEMA 356, dan FEMA 440)*. Jurnal Teknik Sipil. Vol.III No.1:41-52. Bandung.

Yulianto, H. 2021. *SAP2000 Advance*. (Video). Hariadi Yulianto. (https://www.youtube.com/playlist?list=PLTJzaT4VFskKL0KEBIhTS25X3QPoTkCZK. Diakses 3 November 2021).

LAMPIRAN



DENAH LT.2 (LEV. + 3.20)

skala 1 : 200

TIPE KOLOM	DIMENSI	JUMLAH
K1	300x500	8
K2	300x500	16
K3 *	300x500	48

KEMENTERIAN NEGARA PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :
SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :
DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
- TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
- KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa

2. MUTU TULANGAN :
- TULANGAN UTAMA :
  - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
  - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
- TULANGAN SENGKANG :
  - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
  - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
Jl.LET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 46450 PEDE IA, FAX. : 2897168

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII-2006

Struktur :
Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2006

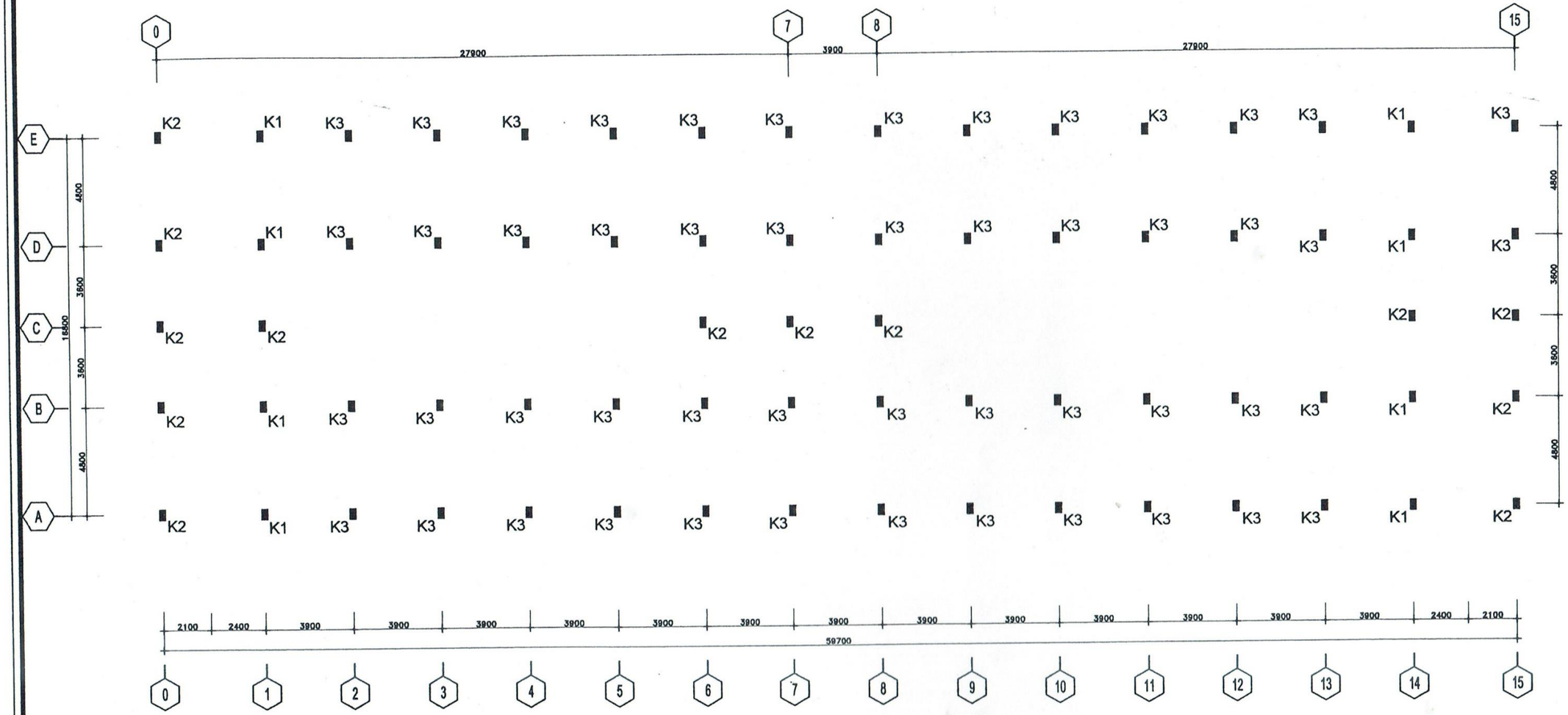
Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stamkarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
DENAH KOLOM LT. 2

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	01	STR-02



DENAH LT.3 (LEV. + 6.00)

skala 1 : 200

TIPE KOLOM	DIMENSI	JUMLAH
K1	300x500	8
K2	300x500	16
K3	300x500	48

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - * < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - * > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - * < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - * > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JLLET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA SELATAN
TEL. :8293408, 8294716, 8290947, 8290412
TELEX :48450 PEDE IA, FAX. : 2097188

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII-2008

Struktur :
Ir. H. Bambang R. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

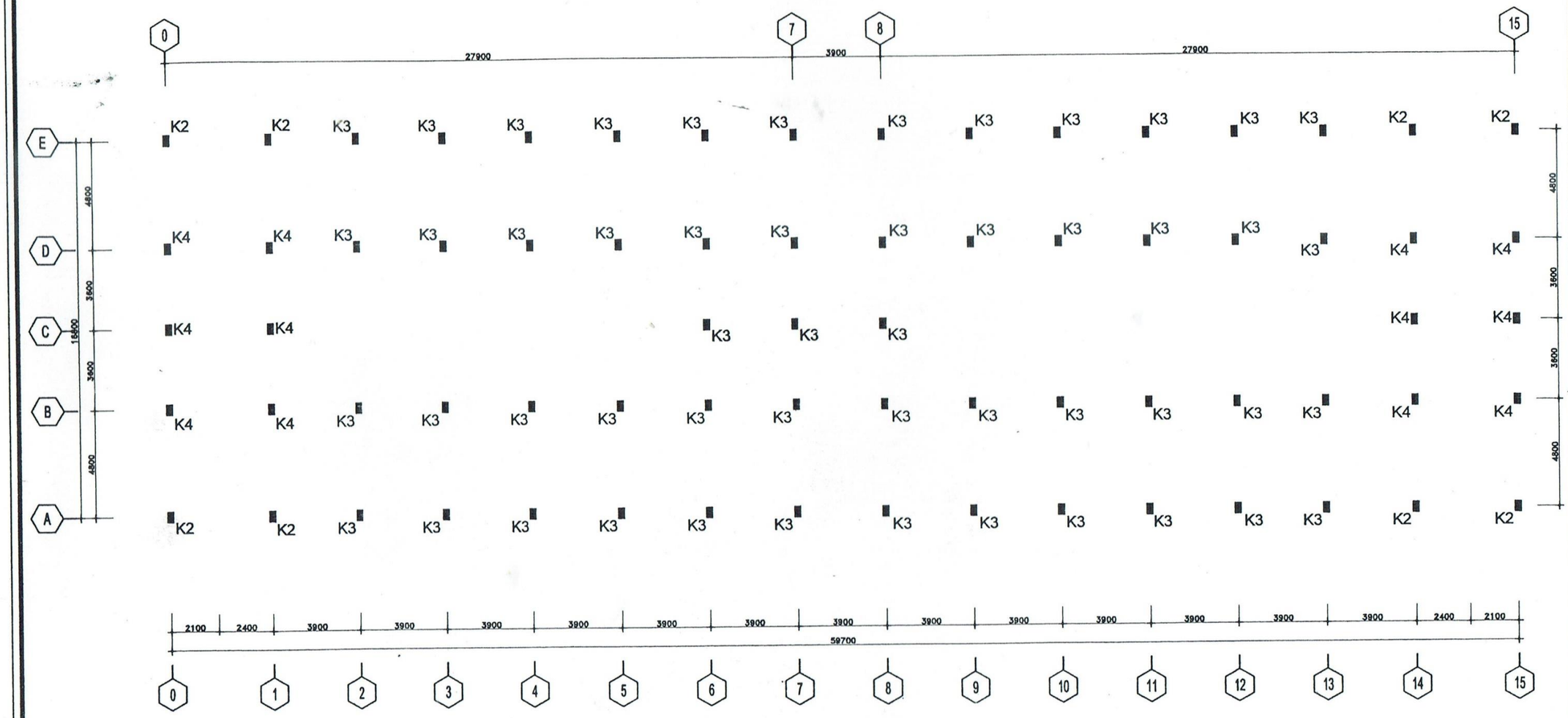
Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1289/IPTB/K-A/DPPB/III-2008

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stanlarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
DENAH KOLOM LT. 3

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	02	STR-02



DENAH LT.4 (LEV. + 8.80)

skala 1 : 200

TIPE KOLOM	DIMENSI	JUMLAH
K2	300x500	8
K3	300x500	51
K4	300x500	12

KEMENTERIAN NEGARA PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :
SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
JL. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :
DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
- TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
- KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa

2. MUTU TULANGAN :
- TULANGAN UTAMA :
  - * < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
  - * > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
- TULANGAN SENGKANG :
  - * < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
  - * > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LT. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. :8293406, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX :46450 PEDE IA. FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 788/IBP/A-A/DPPB/VIII-2008

Struktur :
Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

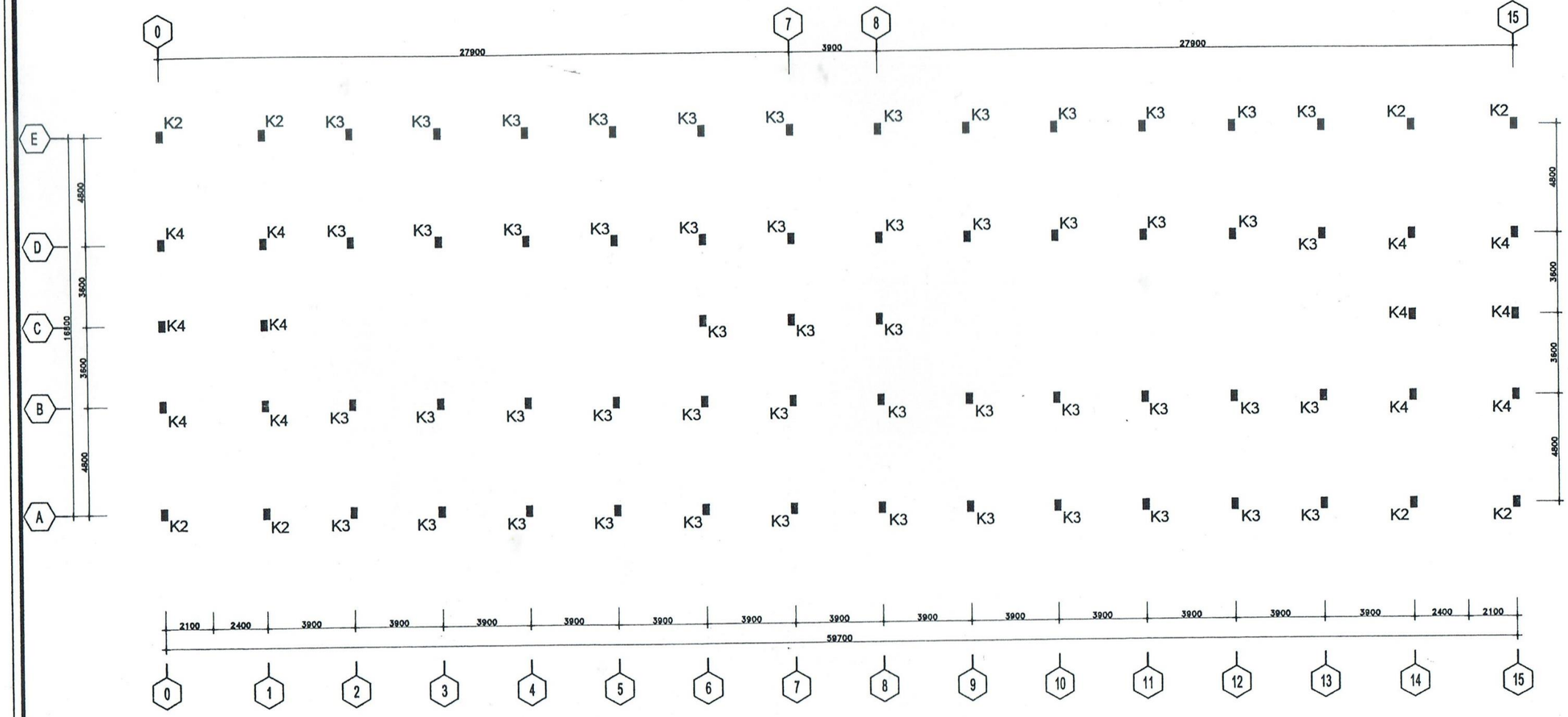
Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2008

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Solwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stanlarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
DENAH KOLOM LT. 4

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	03	STR-02



DENAH LT.5 (LEV. + 11.60)

skala 1 : 200

TIPE KOLOM	DIMENSI	JUMLAH
K2	300x500	8
K3	300x500	51
K4	300x500	12

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :
SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :
DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - ⌀ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ⌀ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - ⌀ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ⌀ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LET. JEND. MARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294718, 8290947, 8230442
TELEX : 48450 PEDE IA, FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 709/IBP/A/DPPB/VIII-2008

Struktur :
Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

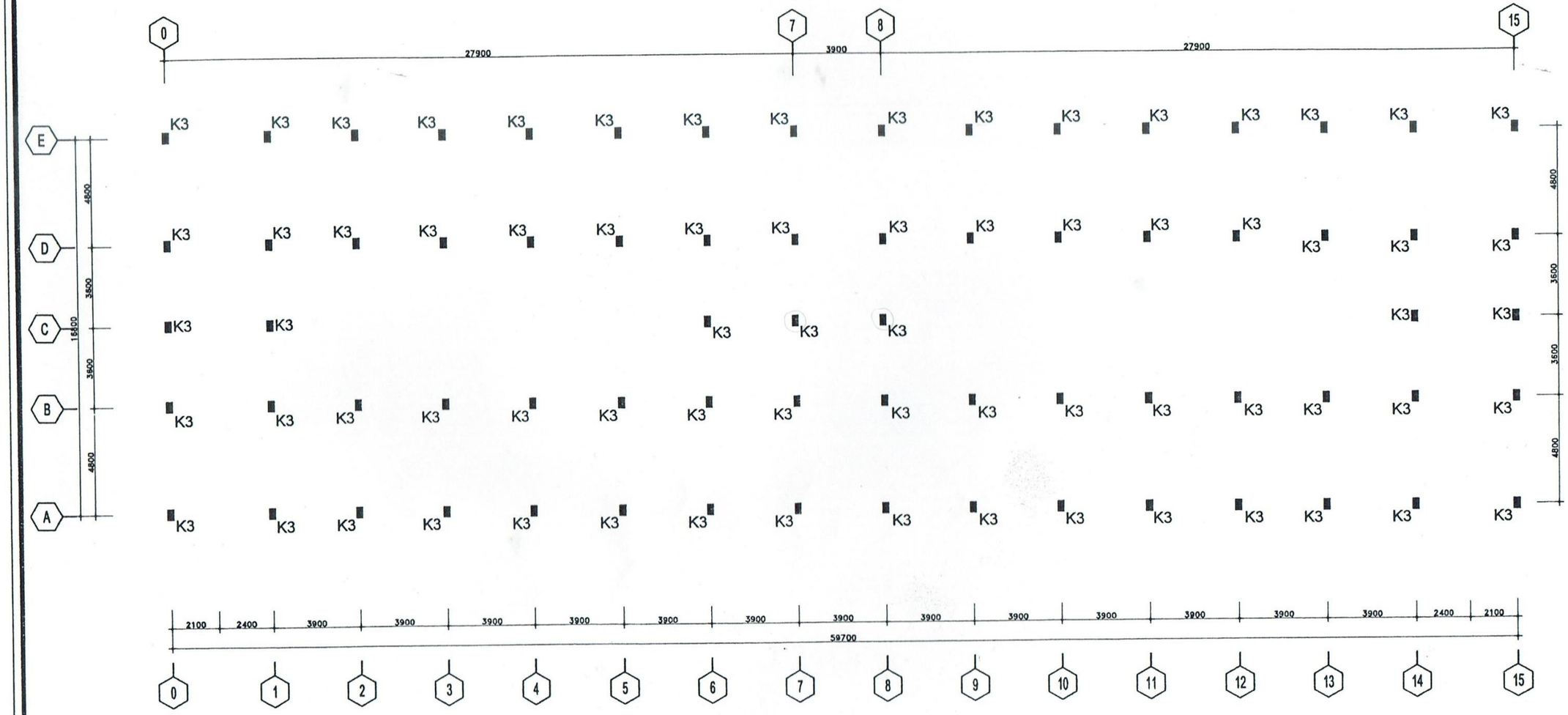
Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1289/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stanlarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
DENAH KOLOM LT. 5

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	04	STR-02



DENAH LT.RB (LEV. + 14.40)

skala 1 : 200

TIPE KOLOM	DIMENSI	JUMLAH
K3	300x500	71

KEMENTERIAN NEGARA PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :
SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :
DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - * < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - * > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - * < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - * > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
Jl.LET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 46450 PEDE IA, FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII–2008

Struktur :
Ir. H. Bambang Hi Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K–A/DPPB/XI–2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Heri Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K–A/DPPB/III–2006

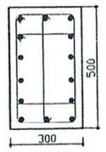
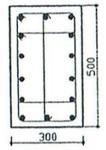
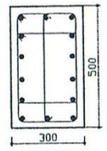
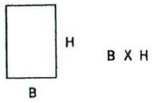
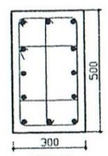
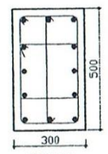
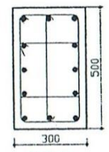
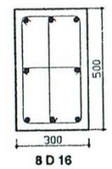
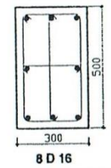
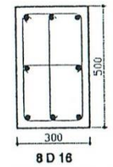
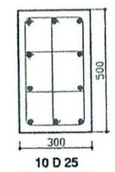
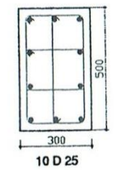
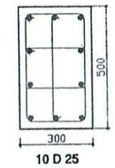
Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

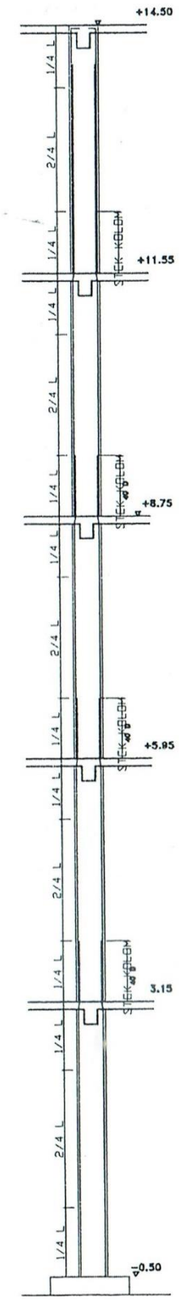
Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bianta Sitanjano, Msc
NIP. : 110053698

JUDUL GAMBAR :
DENAH KOLOM LT. RB

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	05	STR–02

TABEL KOLOM LT.I, LT. LT. DUA, LT. TIGA, LT EMPAT, LT.LIMA

NO	NAMA KOLOM	DIMENSI KOLOM (MM)	TULANGAN			KETERANGAN
			TUMPUAN A	LAPANGAN	TUMPUAN B	
1	K1	300x500	 14 D 25	 14 D 25	 14 D 25	DIMENSI KOLOM  B X H
			SENGKANG 2Ø10-125	SENGKANG 2Ø10-150	SENGKANG 2Ø10-125	
2	K2	300x500	 12 D 19	 12 D 19	 12 D 19	
			SENGKANG 2Ø10-125	SENGKANG 2Ø10-150	SENGKANG 2Ø10-125	
	K3	300x500	 8 D 16	 8 D 16	 8 D 16	
			SENGKANG 2Ø10-125	SENGKANG 2Ø10-150	SENGKANG 2Ø10-125	
	K4	300x500	 10 D 25	 10 D 25	 10 D 25	
			SENGKANG 2Ø10-125	SENGKANG 2Ø10-150	SENGKANG 2Ø10-125	



N T S

KEMENTERIAN NEGARA PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :
SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :
DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JLET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA. SELATAN
TEL. :8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX :48450 PEDE IA, FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Ashri Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/A/DPPB/VIII-2006

Struktur :
Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2006

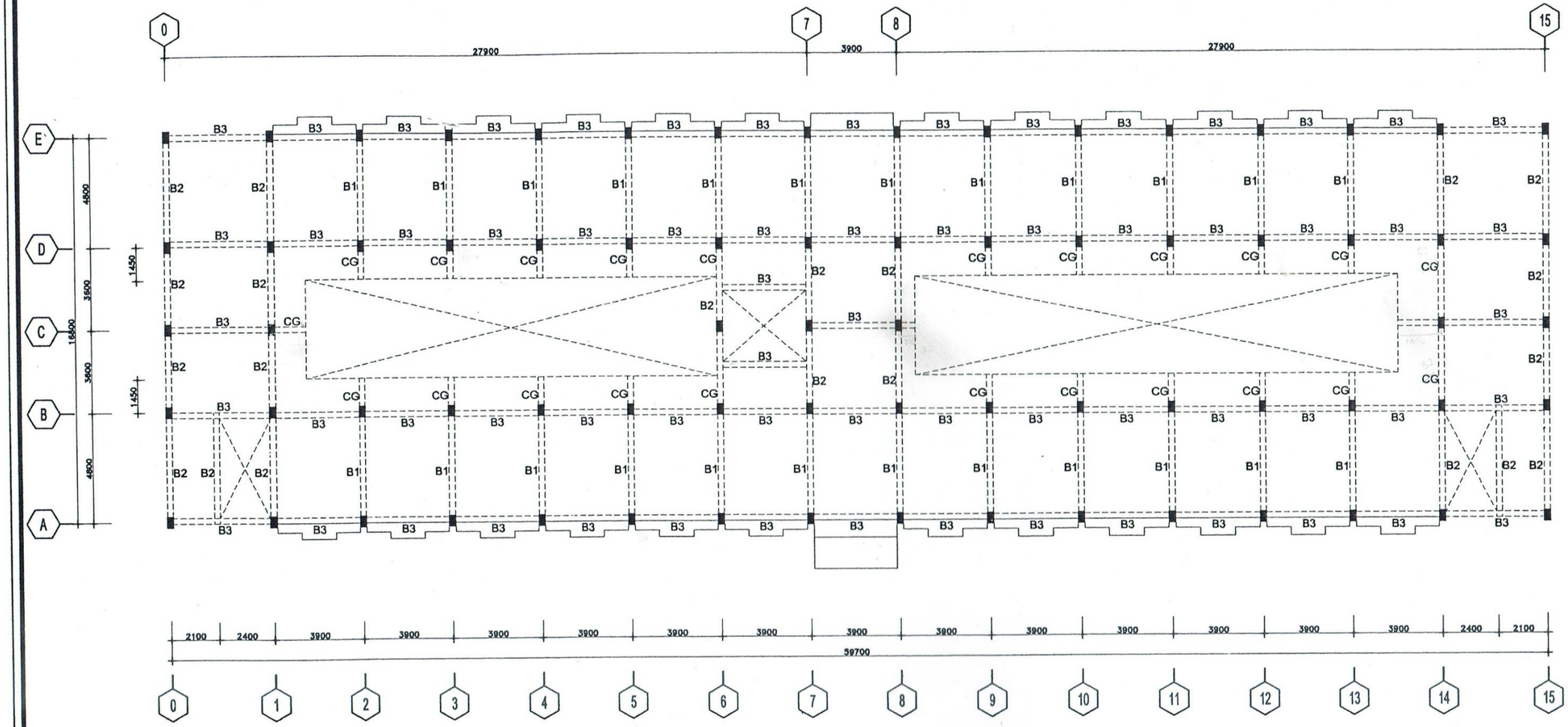
Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/II-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stantanto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
SCHEDUL KOLOM

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
NTS	06	STR-02



DENAH LT.2 (LEV. + 3.200)

skala 1 : 200

TIPE BALOK	DIMENSI
B1	250x450
B2	250x450
B3	250x450
B4	250x450
CG	250x450

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
JL. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - ⌀ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ⌀ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - ⌀ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ⌀ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LET .JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290547, 8290442
TELEX : 48456 PEDE IA. FAX. : 2897188

Team Leader :

Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII-2008

Struktur :

Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :

Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis

Ir.Nanang Solwan S, Mpl
NIP. 110036087

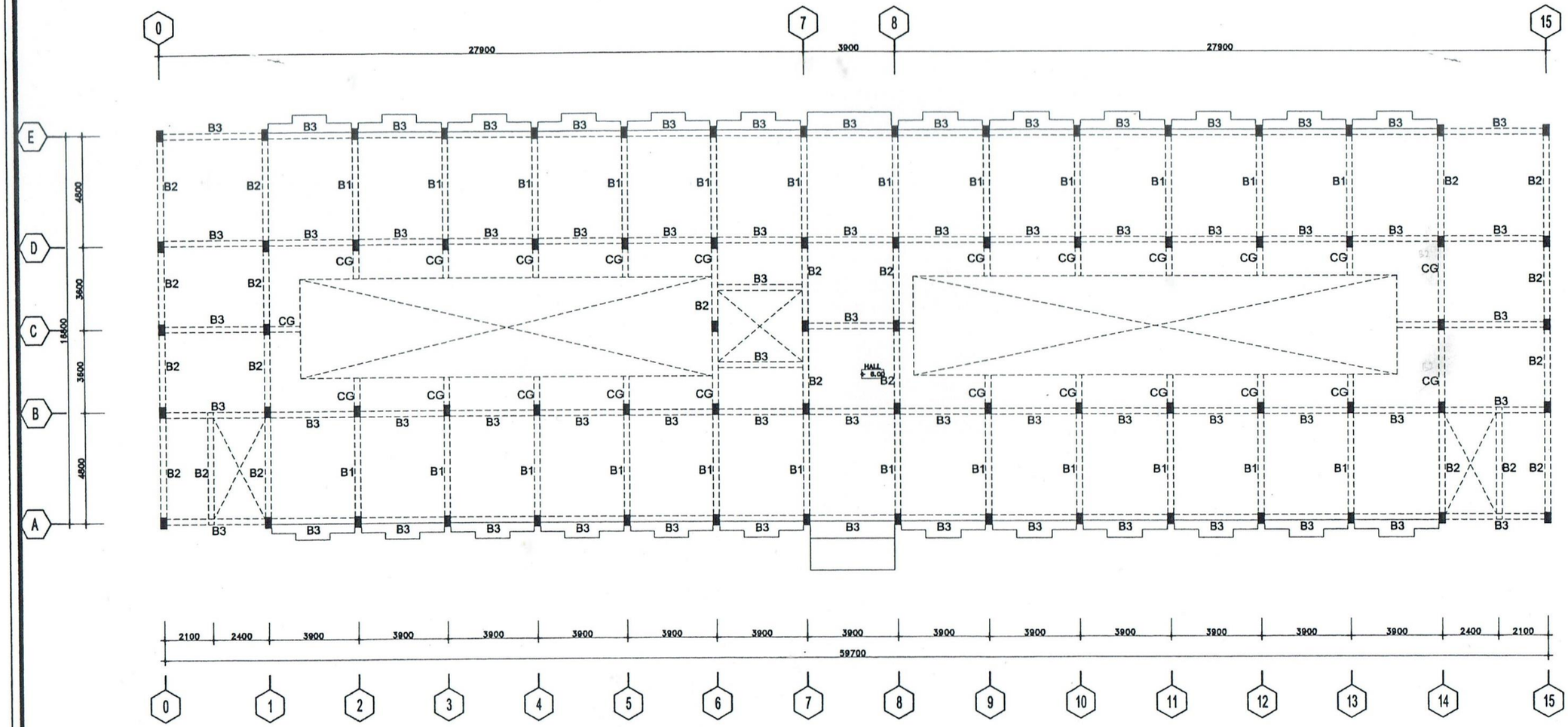
Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan

Ir. Bisma Stanianto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :

DENAH BALOK LT. 2

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	01	STR-03



DENAH LT.3 (LEV. + 6.000)

skala 1 : 200

TIPE BALOK	DIMENSI
B1	250x450
B2	250x450
B3	250x450
B4	250x450
CG	250x450

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - ϕ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ϕ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - ϕ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ϕ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 48450 PEDE IA. FAX. : 2857188

Team Leader :

Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII-2008

Struktur :

Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :

Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2008

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis

Ir.Nanang Sofwan S, Mpi
NIP. 110036087

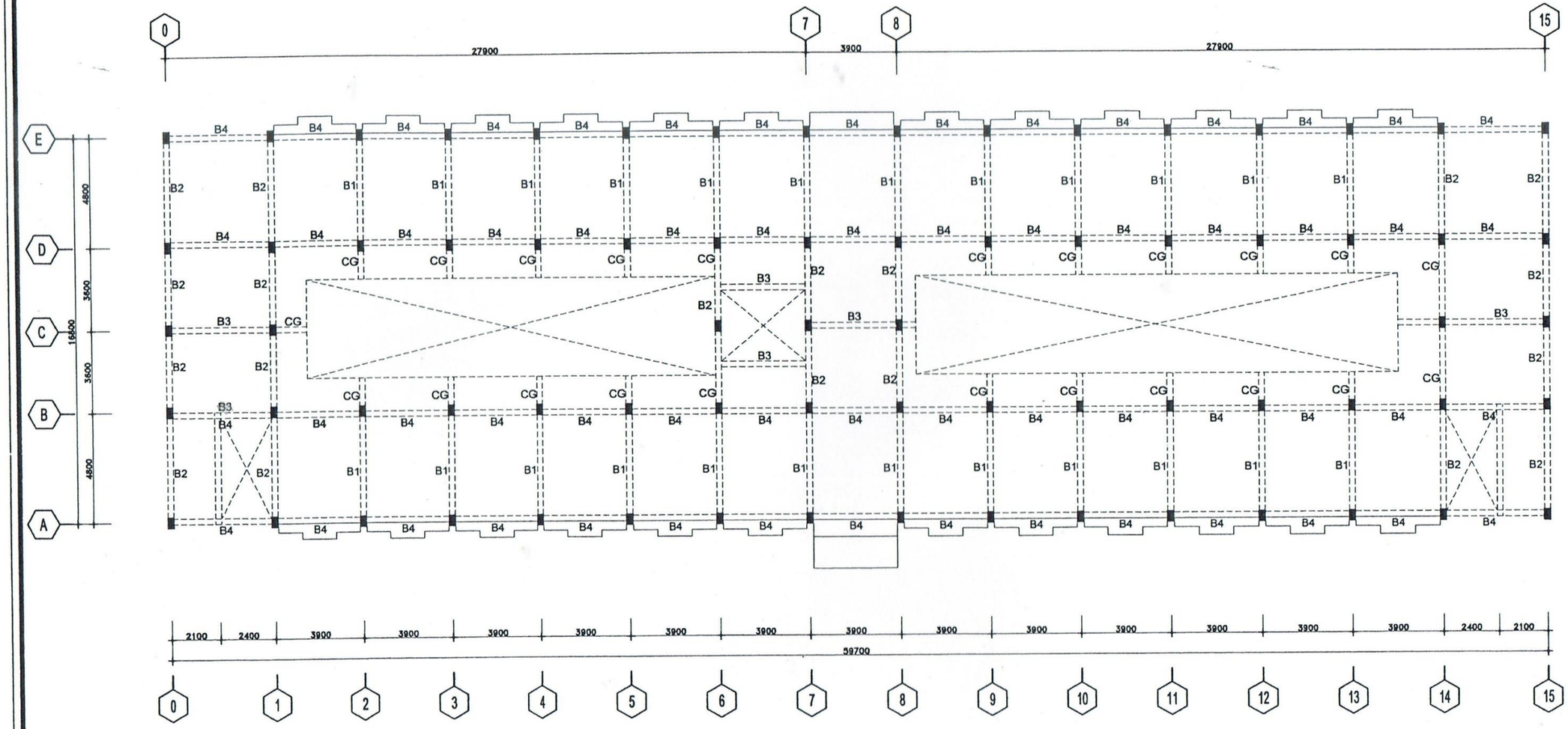
Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan

Ir. Bisma Stanlarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :

DENAH BALOK LT. 3

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	02	STR-03



DENAH LT.4 (LEV. + 8.800)

skala 1 : 200

TIPE BALOK	DIMENSI
B1	250x450
B2	250x450
B3	250x450
B4	250x450
CG	250x450

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 48450 PEDE IA, FAX : 2897188

Team Leader

Ir. Adhi Purmawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/A/DPPB/VIII-2008

Struktur :

Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :

Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2008

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis

Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

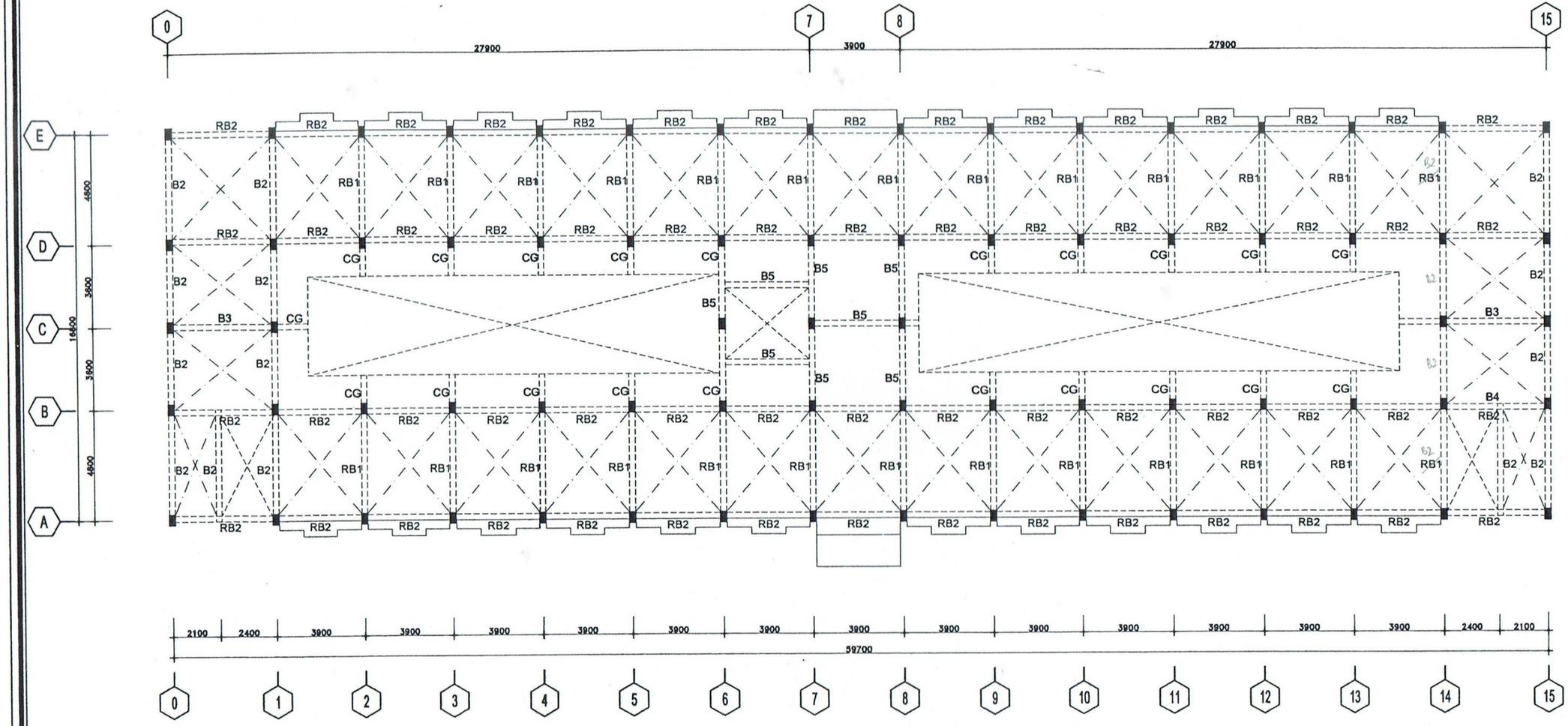
Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan

Ir. Bisma Stanlarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :

DENAH BALOK LT. 4

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	03	STR-03



DENAH LT.5 (LEV. + 11.600)

skala 1 : 200

TIPE BALOK	DIMENSI
B5	250x450
CG	250x450
RB1	250x400
RB2	250x400
-	-

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
- TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
- KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
- SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa

2. MUTU TULANGAN :
- TULANGAN UTAMA :
  - ∅ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
  - ∅ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
- TULANGAN SENGKANG :
  - ∅ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
  - ∅ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
Jl.LT. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 46450 PEDE IA, FAX. : 7897188

Team Leader :

Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII-2008

Struktur :

Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :

Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis

Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

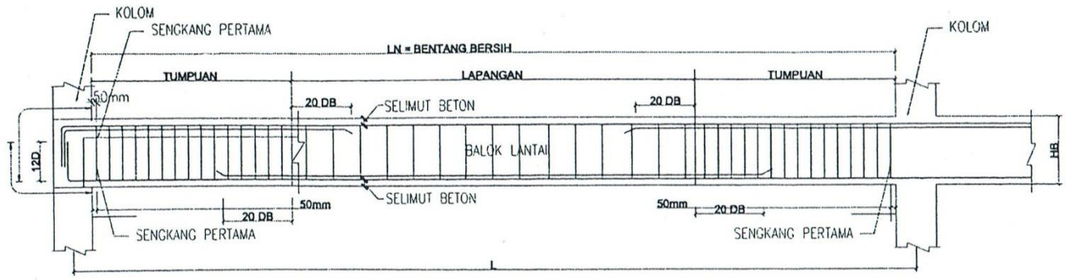
Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan

Ir. Bisma Staniarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :

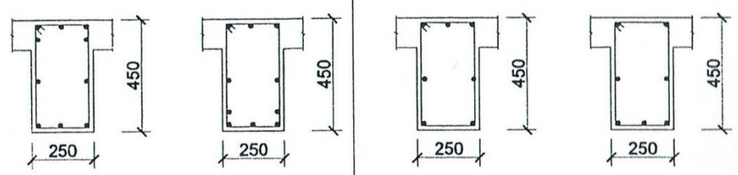
DENAH BALOK LT. 5

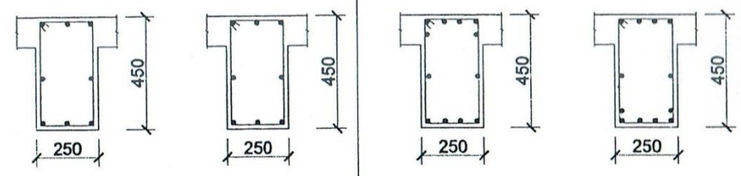
SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	04	STR-03



PENULANGAN UNTUK BALOK

NTS

TYPE BALOK	B1		B2		B3		B4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK								
DIMENSI	250 x 450		250 x 450		250 x 450		250 x 450	
TULANGAN ATAS	5 D19	3 D19	3 D19	2 D19	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	5 D19	2 D19	3 D19	2 D19	2 D19	2 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10-75	Ø10-135	Ø10-110	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-200	Ø10-75	Ø10-135
TULANGAN PINGGANG	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10

TYPE BALOK	CG		B5		RB1		RB2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POT. BALOK								
DIMENSI	250 x 450		250 x 450		250 x 400		250 x 400	
TULANGAN ATAS	3 D19	3 D19	6 D19	4 D19	3 D16	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19	4 D19	6 D19	2 D16	3 D16	2 D16	2 D16
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø8-150	Ø8-200	Ø8-150	Ø8-200
	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10	2Ø10

KEMENTERIAN NEGARA PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :
SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :
DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.ET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. :8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX :48450 PEDE IA, FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 709/IBP/AA/DPPB/VIII-2006

Struktur :
Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2006

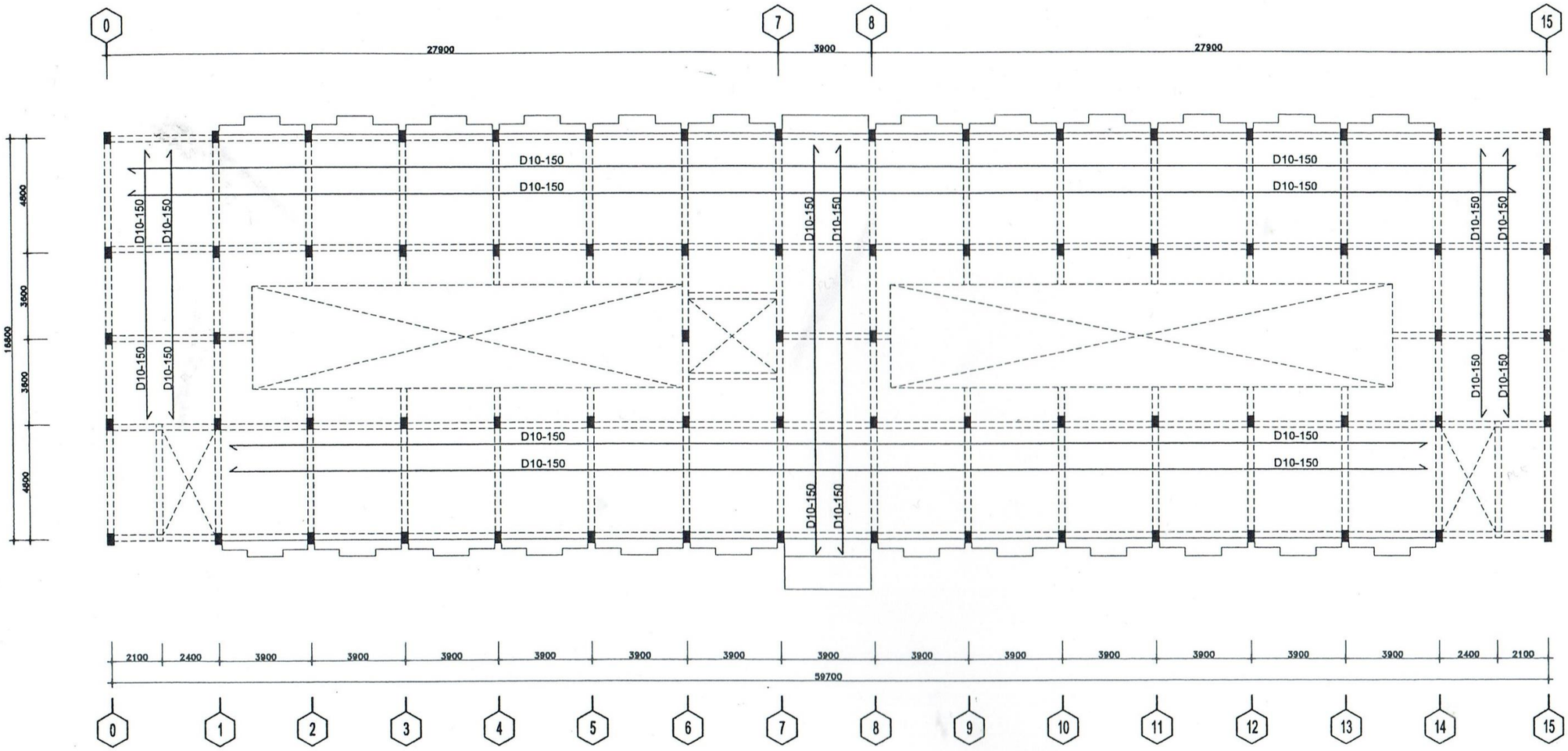
Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nahang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stahiarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
SCHEDUL BALOK

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
NTS	05	STR-03



DENAH PLAT LT. TIPIKAL

skala 1 : 200

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :
PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :
P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LT. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 48450 PEDE IA, FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT.IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII–2006

Struktur :
Ir. H. Bambang R. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K–A/DPPB/XI–2006

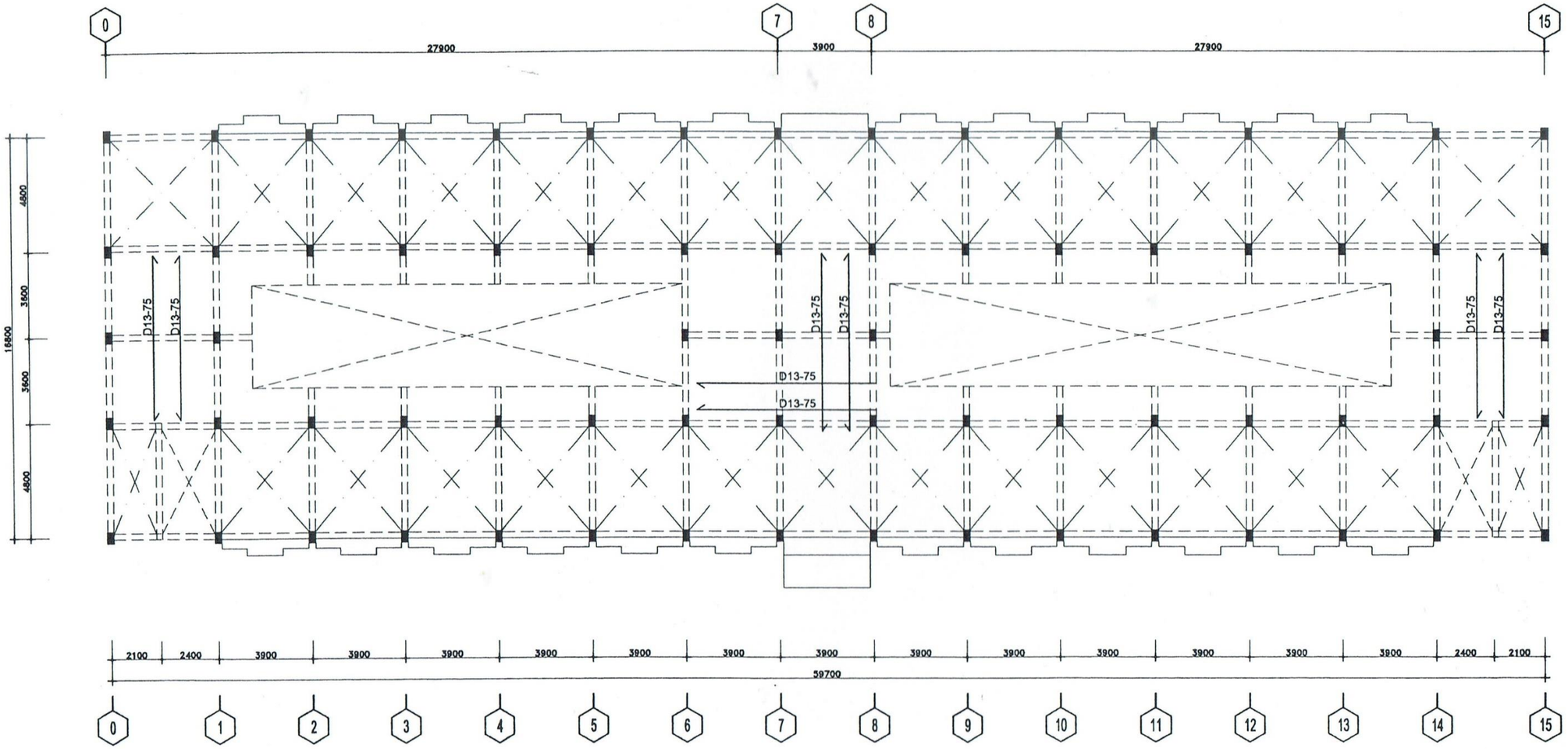
Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K–A/DPPB/III–2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stemiarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
DENAH PLAT LT. TIPIKAL

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	01	STR–04



DENAH PLAT LT. ROOF TANK

skala 1 : 200

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
JL. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 48450 PEDE IA. FAX. : 2897188

Team Leader :

Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII-2006

Struktur :

Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2006

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :

Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis

Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

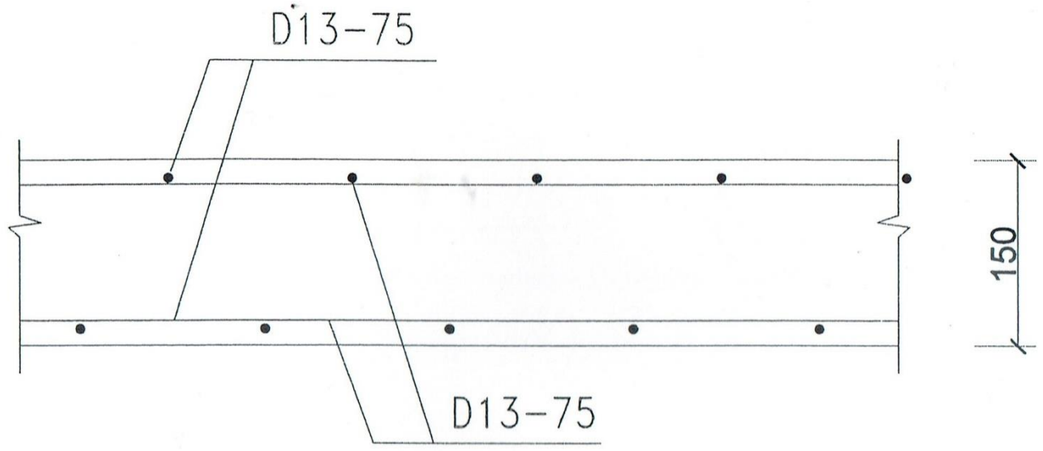
Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan

Ir. Bisma Staniarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :

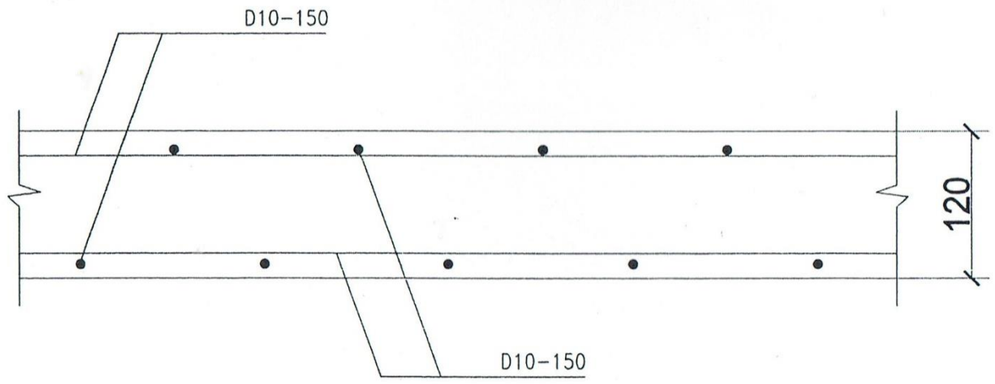
DENAH PLAT LT. ROOF TANK

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
1:200	02.	STR-04



POTONGAN SLAB ROOFTANK

SKALA 1:10



POTONGAN SLAB LANTAI TIPIKAL

SKALA 1:5

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LT. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX : 48450 PEDE IA. FAX. : 2897188

Team Leader :

Ir. Agni Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 708/IBP/MA/DPPB/VII-2006

Struktur :

Ir. H. Bambang W. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :

Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1289/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis

Ir.Nanang Sofwan S, Mpl
NIP. 110036087

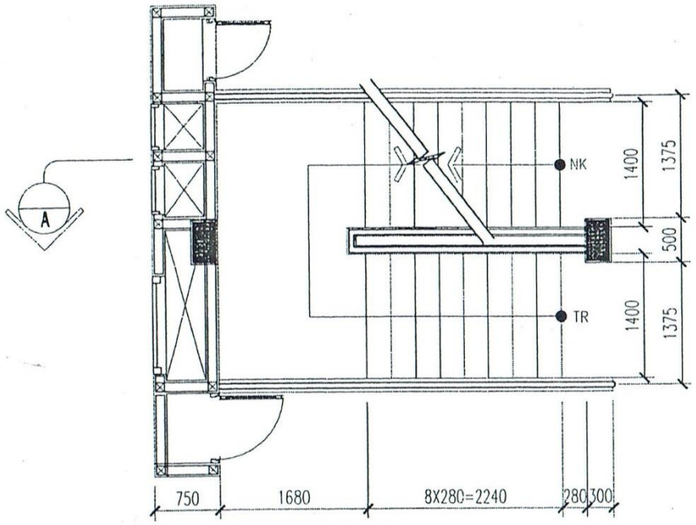
Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan

Ir. Bisma Stanlarto, Msc
NIP. 110053898

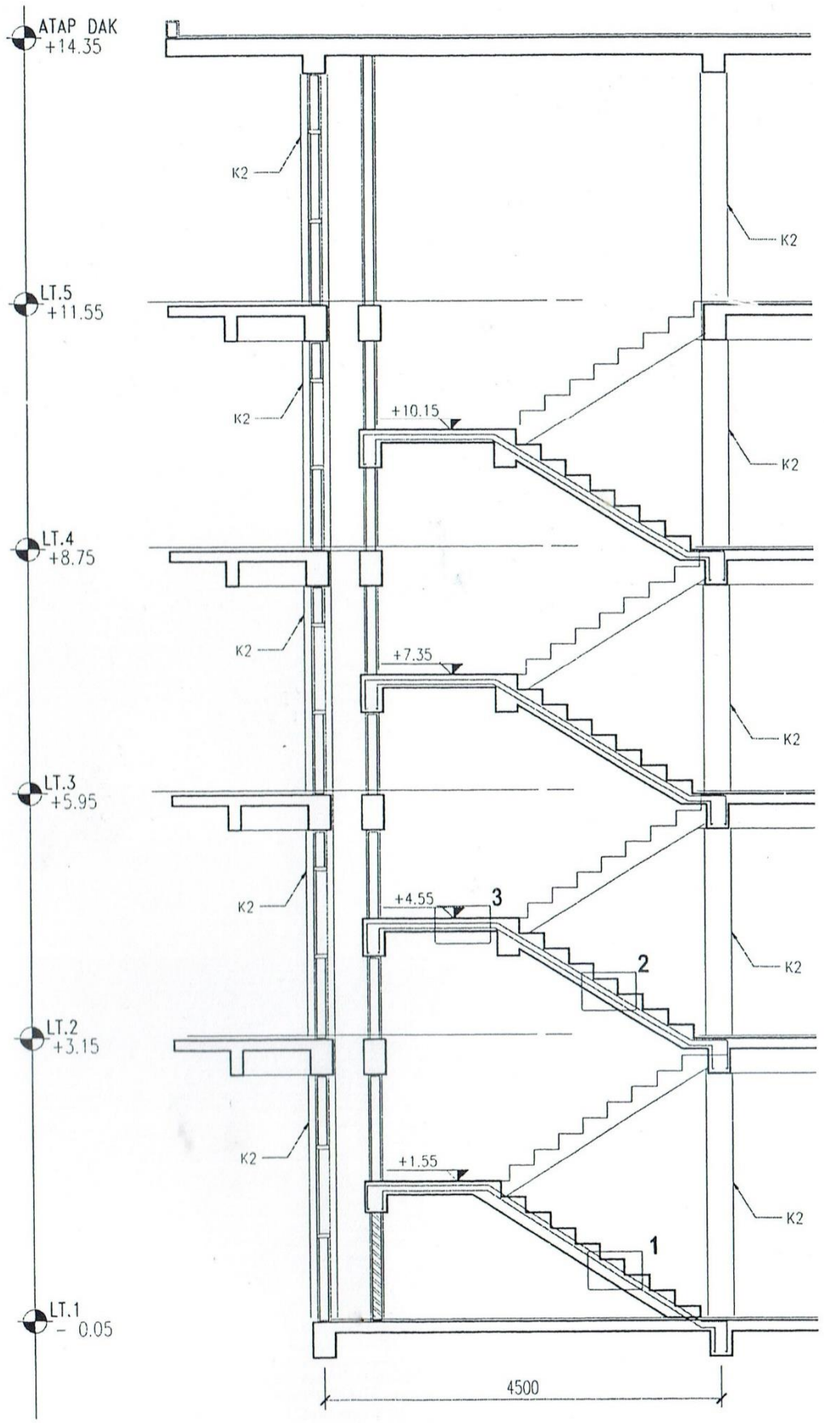
JUDUL GAMBAR :

DETIL PLAT

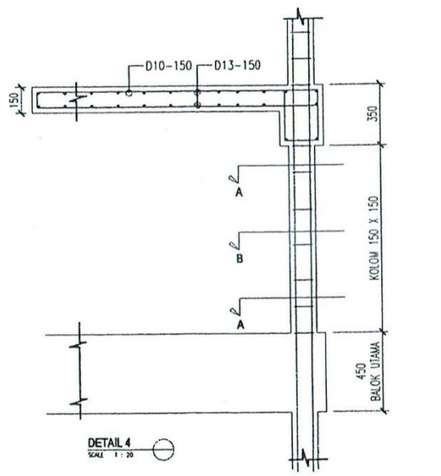
SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
NTS	03	STR-04



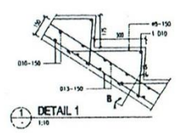
1 / - DENAH TANGGA UTAMA
1:50



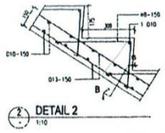
1 / - POTONGAN-A
1:50



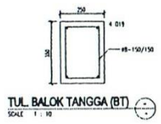
DETAIL 4
SCALE 1 : 20



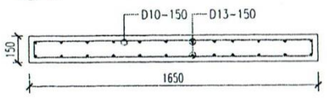
1 DETAIL 1
1:10



2 DETAIL 2
1:10



TUL. BALOK TANGGA (BT)
SCALE 1 : 10



3 DETAIL 3
1:10



POT. A POT. B

TUL. KOLOM TANGGA
SCALE 1 : 10

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Jl. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - ⌀ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ⌀ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - ⌀ < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - ⌀ > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JL.LT. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. :8293408, 8294716, 8290947, 8290442
TELEX :48450 PEDE IA. FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Adhi Harmawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/A/DPPB/VIII-2008

Struktur :
Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

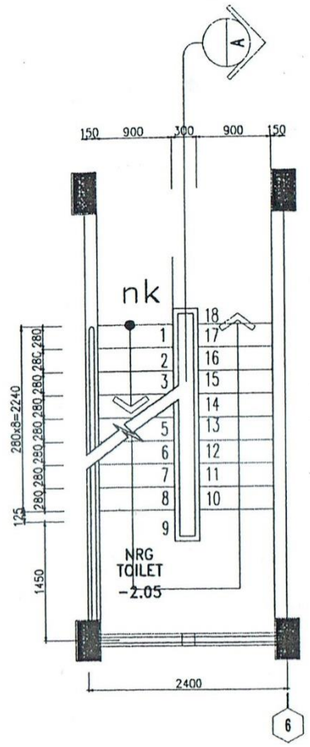
Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sahwan S, Mpl
NIP. 110036087

Disetujui :
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Stanlarto, Msc
NIP. 110053698

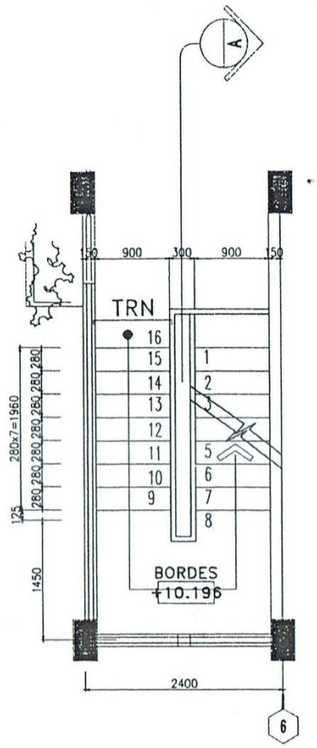
JUDUL GAMBAR :

DETAIL TANGGA UTAMA

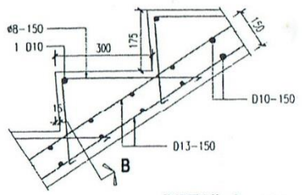
SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
NTS	01	STR-05



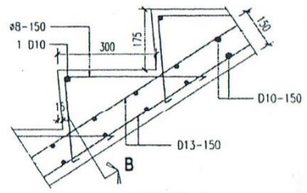
1 / - DENAH TANGGA SERVISE LT.1,2,3&4
1:50



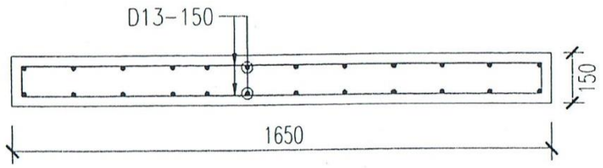
1 / - DENAH TANGGA SERVISE LT.5
1:50



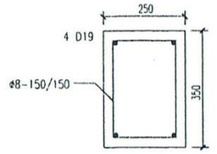
DETAIL 2 (2 / -)
1:10



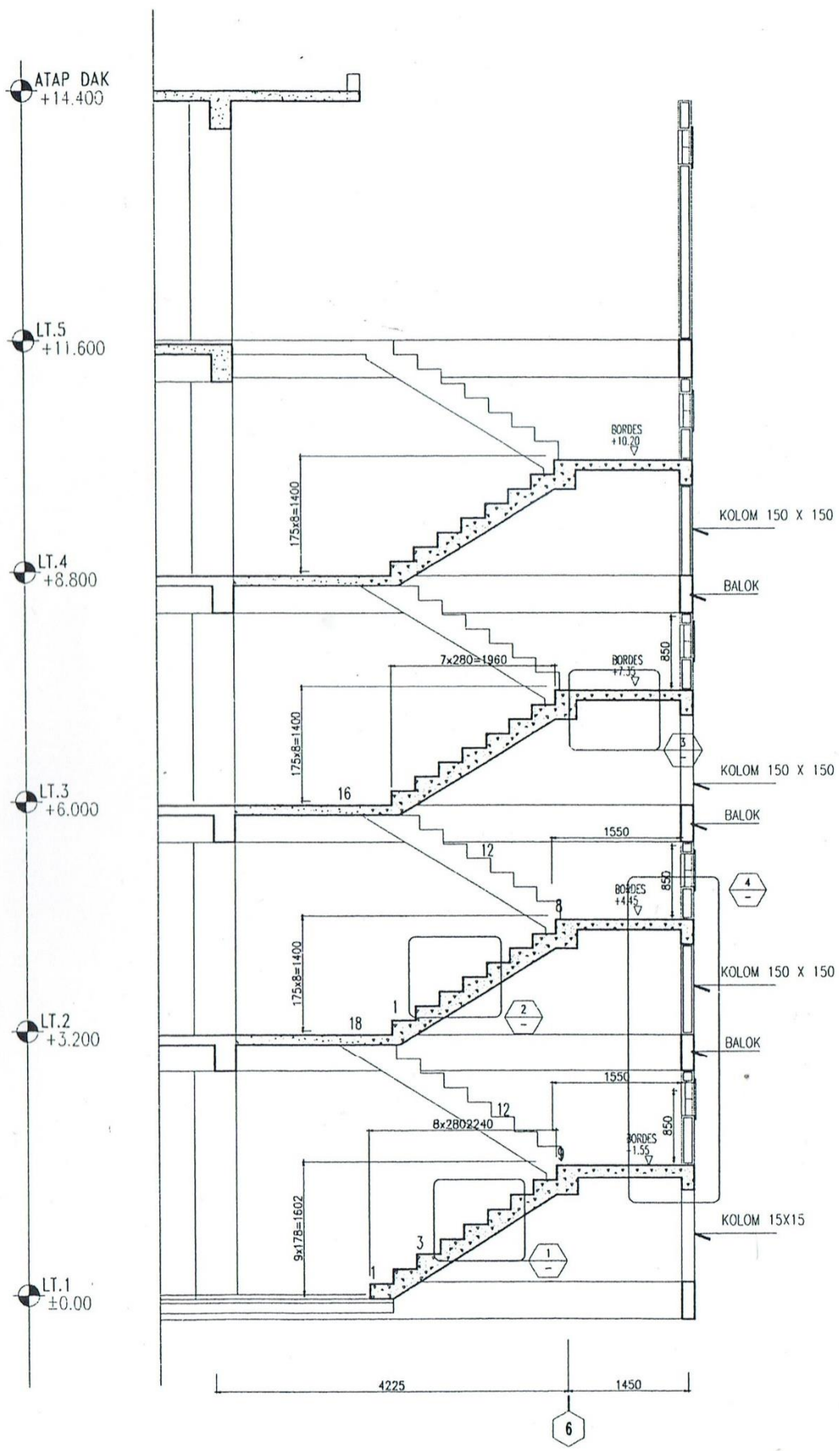
DETAIL 1 (1 / -)
1:10



DETAIL 3 (3 / -)
1:10



- / - TUL. BALOK TANGGA (BT)
1 : 10 SCALE



1 / - POTONGAN-A
1:50

KEMENTERIAN NEGARA
PERUMAHAN RAKYAT
PUSAT PENGEMBANGAN PERUMAHAN

PENGGUNA JASA :

SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
JL. Raden Patah I No. 1 Kebayoran Baru
JAKARTA SELATAN

NAMA PEKERJAAN :

DED
RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

KETERANGAN :

1. MUTU BETON :
   - TIANG PANCANG : K 450 Fc' = 37.35 Mpa
   - KOLOM : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - BALOK : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PELAT : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - TANGGA : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - PILECAP : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
   - SLOOF : K 350 Fc' = 29.05 Mpa
2. MUTU TULANGAN :
   - TULANGAN UTAMA :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)
   - TULANGAN SENGKANG :
     - < D 10 : fy = 240 Mpa (BJTP)
     - > D 10 : fy = 390 Mpa (BJTD)

ZONA GEMPA 3&4

REVISI :

NO.	TANGGAL	CATATAN

NAMA PROYEK :

PERENCANAAN RUSUNAWA MAHASISWA
UNIV. ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Konsultan :

P.T. PERENTJANA DJAJA
ARCHITECTS, PLANNERS & ENGINEERS
WISMA PEDE 3rd FLOOR
JI.LET. JEND. HARYONO M.T. Kav 17 JAKARTA, SELATAN
TEL. : 8293408, 3294716, 8290947, 8290442
TELEX : 48450 PEDE IA. FAX. : 2897188

Team Leader :
Ir. Adhi Hermawan, MT,IAI
SIBP No : 769/IBP/AA/DPPB/VIII-2008

Struktur :
Ir. H. Bambang H. Wikanta, MT
SIBP No : 950/IBP/K-A/DPPB/XI-2008

Telah diperiksa oleh :
Upper Struktur :
Ir. Hari Nugraha N, MT
SIBP No : 1269/IPTB/K-A/DPPB/III-2006

Mengetahui :
Ketua Tim Teknis
Ir.Nanang Sofwan S, Mpi
NIP. 110036087

Disetujui
Pejabat Pembuat Komitmen Penyediaan Perumahan
Ir. Bisma Staniarto, Msc
NIP. 110053698

JUDUL GAMBAR :
DETAIL TANGGA DARURAT

SKALA	NO. GAMBAR	KODE PEKERJAAN
NTS	02	STR-05