

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR
HOTEL BERDASARKAN SNI 03-1726-2012 DAN SNI
03-1726-2019
(*COMPARATIVE ANALYSIS OF HOTEL STRUCTURE
BEHAVIOR BASED ON SNI 03-1726-2012 AND SNI 03-
1726-2019*)**

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



**Dany Raihan Muzaky
18511058**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR
HOTEL BERDASARKAN SNI 03-1726-2012 DAN SNI
03-1726-2019**

**(COMPARATIVE ANALYSIS OF HOTEL STRUCTURE
BEHAVIOR BASED ON SNI 03-1726-2012 AND SNI 03-
1726-2019)**

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

Disusun oleh


**Dany Raihan Muzaky
18511058**

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

Diuji pada tanggal: 24 November 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

 1.12.23


striana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK : 165111301

Penguji I

 21 Desember 2023

Prof. Ir. H. Sarwidi MSCE., Ph.D., IP-U.
NIK : 845110101

Penguji II


 20/12/2023

Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.
NIK : 185111304

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil

 21/12/2023
Yunalla Muntali S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 165111301

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, 30 Desember 2023

Yang membuat pernyataan,



Dany Raihan Muzaky

(18511058)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Hotel 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.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan Tugas Akhir. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Prof. Ir. H. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U., ASEAN Eng., A.-Utama. Selaku Dosen Penguji I,
3. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji II,
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sarjana 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,
6. Kedua orang tua dan adik penulis, Bapak Kun Alfi Muhandis, Ibu Supadmi dan Chelsy Ridha Atika Amany, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat serta kesabaran luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis,
7. Adinda Nur Fauziah selaku pasangan yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis,

8. Teman-teman keluarga Teknik Sipil 2018, Anggaraksa Wahyu, Daya Arya Sangkan, Diko Aldomora, Jundi hanif, Muhammad Ghifari, Refandi Ristya, Iqbal Rizky, Rizqullah Rafi,
9. 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*

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu	5
2.2 Posisi Penelitian	8
2.3 Keaslian Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Gempa Bumi	12
3.2 Bangunan Tahan Gempa	13
3.3 Klasifikasi Bangunan Beraturan	13
3.4 Beban Gravitasi	17
3.4.1 Beban Mati	17
3.4.2 Beban Hidup	18
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	28
3.5.5	Koefisien Modifikasi Respons	29
3.5.6	Gaya Geser Dasar Gempa dan Beban Lateral Gempa	29
3.5.7	Distribusi Vertikal Gaya Lateral Gempa (F_x)	31
3.6	Perilaku Struktur	31
3.6.1	Simpangan Antar Tingkat	32
3.6.2	Batasan simpangan antar tingkat	32
3.6.3	Simpangan, Simpangan Antar Tingkat dan Rasio Simpangan	33
BAB IV METODE PENELITIAN		34
4.1	Lokasi dan Objek Penelitian	34
4.2	Data Penelitian	34
4.3	Pemodelan Struktur	38
4.4	Program yang digunakan	39
4.5	Tahapan Penelitian	40
4.6	Bagan Alir Penelitian	42
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	49
5.2.3	Berat Seismik Efektif Bangunan (W_t)	50
5.3	Perhitungan Beban Gempa SNI 1726-2012	50
5.4	Perhitungan Beban Gempa SNI 1726-2019	60
5.5	Perbandingan Parameter Percepatan Respon Spektrum, Gaya Geser, dan Gaya Lateral Vertikal	70
5.6	Analisis Beban Gempa Respons Spektrum	73
5.6.1	Kontrol Jumlah Ragam	74
5.6.2	Kontrol Nilai Gaya Geser Dasar	75
5.7	Klasifikasi Ketidakberaturan Struktur	77

5.7.1 Ketidakberaturan Struktur Berdasarkan SNI 1726-2012	77
5.7.2 Ketidakberaturan Struktur Berdasarkan SNI 1726-2019	83
5.8 Perbandingan Perilaku Struktur	88
5.8.1 Perbandingan Simpangan Akibat Beban Respons Spektrum	89
5.8.2 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Respons Spektrum	93
5.8.3 Perbandingan <i>Drift Ratio</i> Akibat Beban Gempa Respons Spektrum	102
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	105
6.1 Kesimpulan	105
6.2 Saran	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	108

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang Akan Dilakukan	8
Tabel 3.1	Ketidakteraturan Horizontal (SNI 1726-2012)	14
Tabel 3.2	Ketidakteraturan Vertikal (SNI 1726-2012)	14
Tabel 3.3	Ketidakteraturan Horizontal (SNI 1726-2019)	16
Tabel 3.4	Ketidakteraturan Vertikal (SNI 1726-2019)	16
Tabel 3.5	Beban Mati Berdasarkan SNI 1727-2020	18
Tabel 3.6	Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020	18
Tabel 3.7	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	19
Tabel 3.8	Faktor Keutamaan Gempa	20
Tabel 3.9	Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2012)	23
Tabel 3.10	Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2012)	23
Tabel 3.11	Koefisien Situs, F_a (SNI 1726-2019)	24
Tabel 3.12	Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2019)	24
Tabel 3.13	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	28
Tabel 3.14	Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	29
Tabel 3.15	Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	29
Tabel 3.16	Simpangan antar Tingkat Izin (Δ_a) ^a	32
Tabel 4.1	Dimensi Pelat	38
Tabel 5.1	Tinggi dan Elevasi Lantai Hotel Neo	43
Tabel 5.2	Beban Mati pada Pelat Lantai Tipikal	44
Tabel 5.3	Beban Mati pada Pelat Atap	44
Tabel 5.4	Berat Pelat Lantai	45
Tabel 5.5	Rekapitulasi Berat Pelat Lantai dan Atap	45
Tabel 5.6	Berat Kolom pada Tingkat 1	46
Tabel 5.7	Rekapitulasi Berat Kolom	46
Tabel 5.8	Berat Balok pada Tingkat 1	46

Tabel 5.9	Rekapitulasi Berat Balok	47
Tabel 5.10	Berat Dinding	47
Tabel 5.11	Berat Dinding pada Tingkat 1	47
Tabel 5.12	Rekapitulasi Berat Dinding	48
Tabel 5.13	Beban Mati Pelat Tangga	48
Tabel 5.14	Beban Mati Bordes	48
Tabel 5.15	Beban Mati pada Tangga	49
Tabel 5.16	Beban Shearwall	49
Tabel 5.17	Berat Seismik Efektif SNI 1727-2020	50
Tabel 5.18	Spektrum Respons Desain SNI 1726-2012	53
Tabel 5.19	Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2012)	58
Tabel 5.20	Spektrum Respons Desain SNI 1726-2019	64
Tabel 5.21	Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2019)	68
Tabel 5.22	Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019	73
Tabel 5.23	Rekapitulasi Partisipasi Massa	74
Tabel 5.24	Kontrol Gaya Geser Dasar Respons Spektrum SNI 1726-2012	75
Tabel 5.25	Kontrol Gaya geser Dasar Akhir Respons Spektrum SNI 1726-2012	76
Tabel 5.26	Kontrol Gaya Geser Dasar Respons Spektrum SNI 1726-2019	76
Tabel 5.27	Kontrol Gaya Geser Dasar Akhir Respons Spektrum SNI 1726- 2019	77
Tabel 5.28	Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah X (SNI 1726-2012)	79
Tabel 5.29	Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah Y (SNI 1726-2012)	80
Tabel 5.30	Rasio Bukaan Struktur Gedung	81
Tabel 5.31	Kontrol Kekakuan Lateral Arah X (SNI 1726-2012)	82
Tabel 5.32	Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2012)	82
Tabel 5.33	Kontrol Berat Bangunan (SNI 1726-2012)	83
Tabel 5.34	Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah X (SNI 1726-2019)	85
Tabel 5.35	Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah Y (SNI 1726-2019)	86
Tabel 5.36	Kontrol Kekakuan Lateral Arah X (SNI 1726-2019)	87
Tabel 5.37	Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2019)	87

Tabel 5.38 Rekapitulasi Nilai Simpangan Akibat beban Gempa Respons Spektrum Arah X dan Y	89
Tabel 5.39 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2012)	94
Tabel 5.40 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2012)	95
Tabel 5.41 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2019)	97
Tabel 5.42 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons Spektrum (SNI 1726-2019)	98
Tabel 5.43 Perbandingan Drift Ratio Akibat Beban Gempa Respons Spektrum	102
Tabel 5.44 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019	103

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, S1 (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, S1 (SNI 1726-2019)	22
Gambar 3.5	Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia, TL (SNI 1726-2019)	26
Gambar 3.6	Spektrum Respons Desain (SNI 1726-2012)	27
Gambar 3.7	Spektrum Respons Desain (SNI 1726-2019)	27
Gambar 3.8	Penentuan Simpangan antar Tingkat	33
Gambar 4.1	Detail Lokasi Penelitian	34
Gambar 4.2	Denah Kolom	35
Gambar 4.3	Detail Kolom K1	36
Gambar 4.4	Detail Kolom K2	36
Gambar 4.5	Denah Balok	36
Gambar 4.6	Detail Balok B1	37
Gambar 4.7	Detail Balok BA1	37
Gambar 4.8	Detail Balok BA2	38
Gambar 4.9	Pemodelan Struktur 3D Menggunakan Program SAP2000	39
Gambar 4.10	Denah Struktur Gedung Hotel Neo	39
Gambar 4.11	Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 5.1	Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2012	54
Gambar 5.2	Pendefinisian Gaya Gempa Lateral	58
Gambar 5.3	<i>User Seismic Loads</i> EX (SNI 1726-2012)	59
Gambar 5.4	<i>User Seismic Loads</i> EY (SNI 1726-2012)	60

Gambar 5.5	Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2019	64
Gambar 5.6	Pendefinisian Gaya Gempa Lateral	68
Gambar 5.7	<i>User Seismic Loads</i> EX (SNI 1726-2019)	69
Gambar 5.8	<i>User Seismic Loads</i> EY (SNI 1726-2019)	70
Gambar 5.9	Perbandingan Percepatan Respons Spektrum 2012 dan 2019	71
Gambar 5.10	Perbandingan Gaya Geser Dasar 2012 dan 2019	72
Gambar 5.11	Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019	73
Gambar 5.12	Joint yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi	78
Gambar 5.13	Joint yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi	84
Gambar 5.14	Tampak Atas Joint yang Ditinjau	89
Gambar 5.15	Perbandingan Simpangan Joint 3 Akibat Beban Respons Spektrum	91
Gambar 5.16	Perbandingan Simpangan Joint 183 Akibat Beban Respons Spektrum	91
Gambar 5.17	Perbandingan Simpangan Joint 207 Akibat Beban Respons Spektrum	92
Gambar 5.18	Perbandingan Simpangan Joint 123 Akibat Beban Respons Spektrum	92
Gambar 5.19	Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Joint 3 Akibat Beban Respons Spektrum	100
Gambar 5.20	Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Joint 183 Akibat Beban Respons Spektrum	100
Gambar 5.21	Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Joint 207 Akibat Beban Respons Spektrum	101
Gambar 5.22	Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Joint 123 Akibat Beban Respons Spektrum	101

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap bencana gempa bumi, baik gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Oleh karena itu perlu adanya penelitian dan analisis lebih lanjut mengenai perilaku 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.

Penelitian ini dilakukan dengan metode statik ekuivalen dan respons spektrum sesuai peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Pemodelan struktur bangunan dilakukan dengan bantuan program *SAP 2000 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 respons spektrum, baik arah x maupun arah y menurut SNI 1726-2019 memiliki nilai yang lebih besar daripada SNI 1726-2012.

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

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries prone to earthquakes, both tectonic and volcanic earthquakes. Therefore, there is a need for further research and analysis of the behavior of building structures. This has become one of the factors in the improvement of earthquake resistance regulations for building and non-building structures, from SNI 1726-2012 to SNI 1726-2019.

This research was conducted using the static equivalent method and spectrum response according to SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019 regulations. Modelling of the building structure using the SAP 2000 v.22 program. The research purpose is 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 spectrum response earthquake loads, both in the x-direction and y-direction according to SNI 1726-2019 has a greater value than SNI 1726-2012.

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap bencana gempa bumi, baik gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Hal ini disebabkan karena Indonesia berada di atas bagian Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*) yang meliputi wilayah pulau Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara hingga Maluku. Selain itu juga disebabkan dari kondisi geologi negara Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama yaitu lempeng Indo-Australia di sisi selatan, lempeng Eurasia di sisi utara dan lempeng Pasifik di sisi timur yang menambah potensi terjadinya bencana gempa.

Noor (2005) menyatakan gempa bumi adalah getaran bumi yang terjadi sebagai akibat dari terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Besarnya gelombang yang beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan hingga guncangan yang dahsyat, sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh. Keruntuhan bangunan tersebut dapat menimbulkan korban jiwa apabila terdapat manusia di dalam bangunan. 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.

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. Sehingga dalam mendesain bangunan disyaratkan untuk mengikuti peraturan yang sudah ditetapkan. Peraturan yang umumnya digunakan 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 tersebut menjadi SNI 1726-2019. Terdapat beberapa perubahan dari peraturan yang lama diantaranya adalah kombinasi beban, spektrum respons desain, analisis ragam dan penskalaan gaya. Dengan adanya beberapa perubahan tersebut tentu diperlukan analisis terhadap bangunan-bangunan yang sudah berdiri sebelum peraturan baru tersebut terbit, yang bertujuan untuk mengetahui perilaku struktur bangunan akibat perubahan peraturan tersebut.

Penelitian ini difokuskan untuk melakukan evaluasi perilaku struktur pada bangunan gedung yang sudah berdiri (kondisi eksisting) dari Gedung Neo Hotel yang berlokasi di Kaliwaru, Yogyakarta. Pada Gedung tersebut peraturan beban gempa yang digunakan pada saat perencanaannya masih menggunakan peraturan yang lama, yaitu SNI 1726-2012. Oleh karena itu, dilakukan analisis dari perubahan standar peraturan perancangan struktur gedung untuk mengetahui perbandingan berdasarkan peraturan standar lama dan peraturan standar baru dengan menggunakan program *SAP2000 v.22*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada:

1. Bagaimana pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar Gedung Neo Hotel Kaliwaru Yogyakarta?
2. 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 Penulisan

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

1. Mengetahui pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar Gedung Neo Hotel kaliwaru Yogyakarta.
2. 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. Menambah ilmu dan pemahaman dalam bidang ketekniksipilan, terutama dalam bidang perencanaan gedung tahan gempa,
2. Menambah ilmu dan pemahaman mengenai pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar,
3. Menambah ilmu dan pemahaman mengenai perilaku struktur bangunan beton bertulang terhadap gempa baik menggunakan metode statik ekuivalen maupun respons spektrum
4. Menjadi referensi mengenai perilaku struktur bangunan gedung terhadap kekuatan gempa bumi menggunakan metode respons spektrum, berdasarkan 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 Hotel Neo Kaliwaru Yogyakarta,
2. Struktur gedung yang ditinjau adalah struktur beton bertulang dan hanya dilakukan pada *upper structure* gedung sehingga elemen pondasi tidak ditinjau,
3. Fungsi bangunan adalah sebagai hotel,
4. Jenis tanah diasumsikan sebagai tanah sedang,
5. Struktur Gedung dimodelkan dengan sistem ganda,

6. Pemodelan gedung secara 3D menggunakan program SAP2000 v.22,
7. Tidak menghitung pendetailan tulangan plat lantai dan tangga,
8. Tumpuan dimodelkan sebagai tumpuan jepit,
9. Balok dan kolom diasumsikan sebagai *frame*,
10. Pelat lantai dimodelkan sebagai *shell-thin*,
11. *Shearwall* dimodelkan dan dihitung secara sederhana,
12. Beban gempa dinamik yang digunakan adalah beban gempa respons spektrum,
13. Peraturan yang digunakan yaitu:
 - a. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727-2020
 - b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012
 - c. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2019
14. Tidak memperhitungkan biaya untuk proyek, waktu pelaksanaan proyek, dan metode pelaksanaan proyek.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai analisis bangunan menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 pernah dilakukan sebelumnya. Dalam 5 tahun terakhir terdapat beberapa penelitian – penelitian terdahulu yang dapat digunakan sebagai tinjauan Pustaka.

1. 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.

2. Fredy Hari Purbiantoro (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul Perbandingan Kebutuhan Tulangan Gedung FIAI UII Berdasarkan SNI 1726-2012 Dengan Peta Gempa 2010 dan 2017. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai gaya geser dasar, simpangan antar tingkat, kebutuhan tulangan pada elemen balok dan kolom.

Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan gaya geser dasar dinamik sebesar 16,35% untuk arah X dan 16,32% untuk arah Y dibandingkan Peta Gempa 2010, simpangan antar tingkat maksimum pada Peta Gempa 2017 meningkat sebesar 17,17% untuk arah X dan 17,89% untuk arah Y

dibandingkan Peta Gempa 2010. Nilai simpangan antar tingkat baik pada Peta Gempa 2010 maupun 2017 masih memenuhi syarat, dan kebutuhan luas tulangan balok pada Peta Gempa 2017 meningkat sebesar 7,44% untuk tulangan lentur dan 3,65% untuk tulangan geser, sedangkan kebutuhan luas tulangan utama kolom pada Peta Gempa 2017 meningkat sebesar 1,32% dibandingkan Peta Gempa 2010.

3. Muhammad Rif'at Fadhila (2021) telah melakukan penelitian yang berjudul Analisis Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Perilaku Struktur Bangunan Bertingkat Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan beban gempa terhadap parameter percepatan respons spektrum dan gaya geser dasar Gedung, Mengetahui perbandingan perilaku struktur, seperti simpangan, simpangan antar tingkat, dan rasio simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

Hasil penelitian menunjukkan percepatan respons spektrum periode pendek (SMS) 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 (SM1) 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%. 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%. Simpangan maksimum hasil analisis statik ekuivalen arah x selisih sebesar 52,135% untuk arah y selisih sebesar 58,735%. Simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis statik ekuivalen arah x selisih sebesar 73,580% untuk arah y selisih sebesar 66,126%. Rasio simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis statik ekuivalen arah x selisih sebesar 73,595% untuk arah y selisih sebesar 66,210%. Simpangan maksimum hasil analisis respons spektrum arah x selisih sebesar 112,169% untuk arah y selisih sebesar 114,513%. Simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis respons spektrum arah x selisih sebesar 128,675% untuk arah y selisih sebesar

116,116%. Simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis respons spektrum arah x selisih sebesar 128,820% untuk arah y selisih sebesar 116,124%.

4. Azis Wicaksana dan Anis Rosyidah (2021) telah melakukan penelitian yang berjudul *Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan spektrum respons desain dan perilaku struktur antara perancangan bangunan tahan gempa menggunakan SNI 1726:2012 dengan SNI 1726:2019.

Hasil penelitian didapatkan peningkatan percepatan puncak (S_a) untuk kelas situs Tanah Sedang (SD) dan Tanah Keras (SC) masing-masing sebesar 11% dan 26%, sedangkan untuk Tanah Lunak (SE) tidak terjadi peningkatan. Nilai gaya geser dasar pada SNI 1726:2019 mengalami peningkatan sebesar 19,75% untuk arah X dan 19,97% untuk arah Y. Peningkatan pada gaya geser dasar berbanding lurus terhadap peningkatan pada simpangan dan simpangan antar lantai. Pada detailing balok dan hubungan balok kolom tidak terdapat perubahan yang signifikan. Pada detailing kolom terdapat ketentuan tambahan yang mengakibatkan tulangan transversal yang terpasang menjadi lebih rapat

5. Michael Timbu Dona, dkk (2022) telah melakukan penelitian yang berjudul *Beban Gempa dan Base Shear Menurut SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan grafik respons spektrum, gaya geser dasar dan simpangan menurut SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Hasil penelitian didapatkan gaya gempa dasar pada SNI 1726-2019 yaitu 4099,60 arah X dinamis dan arah y sebesar 4211,8128 lebih besar daripada SNI 1726-2012 yaitu 3571,669 arah X dan 3647,202 arah Y. Besarnya Simpangan (*drift*) yang terjadi juga terlihat secara signifikan lebih besar pada peraturan SNI 1726-2019 daripada SNI 1726-2012 dengan rata-rata simpangan yang terjadi lebih besar dari 400 %. Pada gempa dinamis arah Y.

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.	Aspek	Fitri (2020)	Fredy (2020)	Rif'at (2021)	Azis dan Anis (2021)	Dona, dkk (2022)	Dany (2023)
1	Judul Penelitian	Kajian Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Lima Lantai	Perbandingan Kebutuhan Tulangan Gedung FIAI UII Berdasarkan SNI 1726-2012 Dengan Peta Gempa 2010 dan 2017	Analisis Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Perilaku Struktur Bangunan Bertingkat Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019	Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019	Beban Gempa dan <i>Base Shear</i> Menurut SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang	Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Hotel Berdasarkan SNI-1726-2012 dan SNI 1726-2019
2	Lokasi dan Fungsi Gedung	Yogyakarta Asrama	Yogyakarta Gedung Perkuliahan	Yogyakarta Asrama	Banda Aceh Apartemen	Malang Gedung Perkuliahan	Yogyakarta Hotel

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang Akan Dilakukan

No.	Aspek	Fitri (2020)	Fredy (2020)	Rif'at (2021)	Azis dan Anis (2021)	Dona, dkk (2022)	Dany (2023)
3	Tujuan penelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui perbandingan parameter gaya gempa, (respons spektrum dan gaya geser dasar) 2. Mengetahui perbandingan perilaku struktur simpangan antar lantai 3. Menentukan level kinerja struktur gedung 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui nilai gaya geser dasar, simpangan antar tingkat 2. Mengetahui kebutuhan tulangan pada elemen balok dan kolom 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui perubahan beban gempa respons spektrum dan gaya geser dasar 2. Mengetahui perbandingan perilaku struktur 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membandingkan spektrum respons desain 2. Mengetahui perbandingan perilaku struktur 	<ol style="list-style-type: none"> 1. mengetahui perbedaan grafik respons spektrum, gaya geser dasar dan simpangan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui perubahan beban gempa respons spektrum dan gaya geser dasar 2. Mengetahui perbandingan perilaku struktur (simpangan, simpangan antar tingkat, dan rasio simpangan)
4	Metode dan peraturan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum 2. Analisis <i>pushover</i> metode <i>capacity spectrum</i> prosedur B sesuai ATC-40 3. SKBI 1987, SNI 1726-2002, SNI 1726-2012, dan SNI 1727-2013 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum 2. Peta gempa 2010 dan peta gempa 2017 3. SNI 1726-2012 dan SNI 1727-2013 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum 2. SNI 1726-2012, SNI 1726-2019 3. SNI 1727-2013, SNI 1727-2020 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode dinamik respons spektrum 2. SNI 1726-2012, SNI 1726-2019 3. SNI 1727-2847-2019 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum 2. SNI 1726-2012, SNI 1726-2019 3. SNI 1727-2020, SNI 2052-2017 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode dinamik respons spektrum 2. SNI 1726-2012, SNI 1726-2019 3. SNI 1727-2020

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan yang Akan Dilakukan

No.	Aspek	Fitri (2020)	Fredy (2020)	Rif'at (2021)	Aziz dan Anis (2021)	Dona, dkk (2022)	Dany (2023)
5	Hasil	<p>1. 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</p> <p>2. Kevel kinerja gedung dengan SNI 1726-2002 arah x dan y adalah <i>Immediate Occupancy</i>. Sedangkan level kinerja gedung dengan SNI 1726-2012 arah x dan y adalah <i>Damage Control</i></p>	<p>1. Peningkatan gaya geser dasar dinamik dan simpangan antar tingkat maksimum</p> <p>2. Peningkatan kebutuhan luas tulangan balok dan kolom</p>	<p>1. Peningkatan percepatan respons spektrum periode pendek (SMS) dan percepatan respons spektrum periode 1 detik (SM1)</p> <p>2. Peningkatan nilai gaya geser dasar</p> <p>3. Peningkatan simpangan maksimum, simpangan antar tingkat maksimum dan rasio simpangan antar tingkat maksimum</p>	<p>1. Peningkatan percepatan puncak (Sa) untuk kelas situs SD dan SC</p> <p>2. Peningkatan nilai gaya geser dasar</p> <p>3. Peningkatan simpangan dan simpangan antar lantai</p> <p>4. Tulangan <i>Transversal</i> kolom menjadi lebih rapat</p>	<p>1. Peningkatan gaya gempa dasar dinamik</p> <p>2. Peningkatan nilai simpangan</p>	-

Sumber: Fitri (2020), Fredy (2020), Rif'at (2021), Aziz dan Anis (2021), Dona dkk (2022)

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang terangkum dalam Tabel 2.1, penelitian tentang kinerja struktur gedung akibat perubahan beban gempa sudah banyak dilakukan. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu lokasi, gedung yang menjadi objek penelitian dan fungsinya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Gempa Bumi

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 di atasnya, 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 struktur.
2	Ketidakberaturan 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
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.

Lanjutan Tabel 3.2 Ketidakberaturan Vertikal (SNI 1726-2012)

Tipe	Ketidakberaturan Vertikal	Penjelasan
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 seismic 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 seismic 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 seismic lateral desain yang nilainya lebih besar dari 130% rasio simpangan antar lantai tingkat di atasnya, 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	Ketidakberaturan 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 system 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
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal	Jika dimensi horizontal system pemikul gaya seismic di sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal system pemikul gaya seismic 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 seismic 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 seismic 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 bangunan 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).

Beban mati yang diperhitungkan sesuai dengan dan SNI 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini

Tabel 3.5 Beban Mati Berdasarkan SNI 1727-2020

No.	Material Bangunan	Berat Jenis
1.	Beton Bertulang	24 kN/m ³
2.	Keramik	0,24 kN/m ²
3.	Spesi	20,4 kN/m ³
4.	Pasir	15,7 kN/m ³
5.	Plumbing & elektrikal	0,3 kN/m ²
6.	Plafon	0,09 kN/m ²
7.	Rangka Plafond	0,05 kN/m ²
8.	<i>Waterproofing</i>	2100 kg/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 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2020

No.	Fungsi	Beban
1.	Ruang Pribadi dan Koridor	1,92 kN/m ²
2.	Ruang Publik	4,79 kN/m ²
3.	Atap	0,96 kN/m ²
4.	Tangga	4,79 kN/m ²

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 (TL). 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 besarnya 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 3.7 dan Tabel 3.8 berikut

Tabel 3.7 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 kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - 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: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung Pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 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: <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 	III

**Lanjutan Tabel 3.7 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung
untuk Beban Gempa**

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.	
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bangunan-bangunan monumental – Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan – Rumah ibadah – Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat – Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya – Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat – Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat – Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

Tabel 3.8 Faktor Keutamaan Gempa

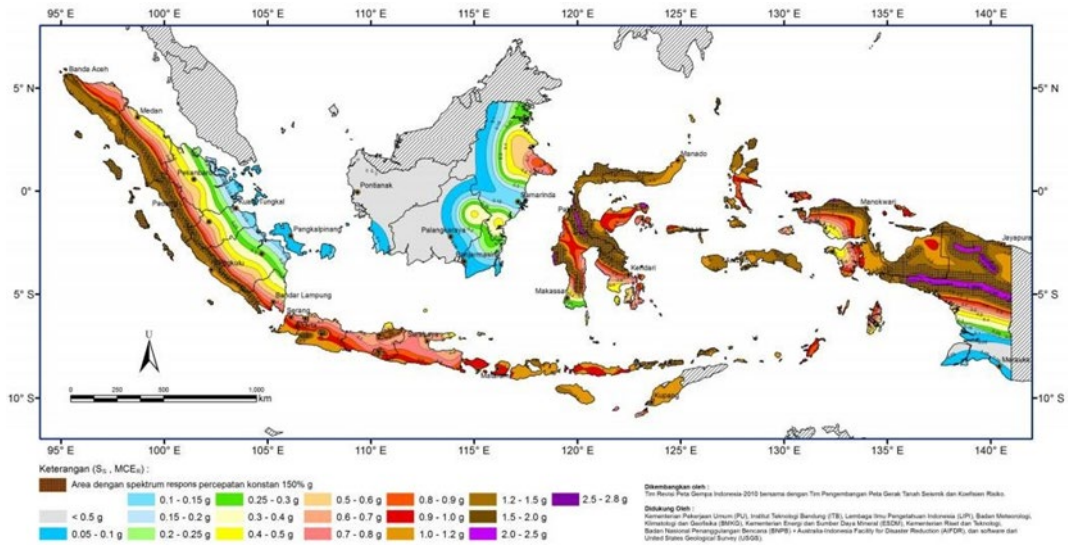
Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

3.5.2 Penentuan Wilayah Gempa

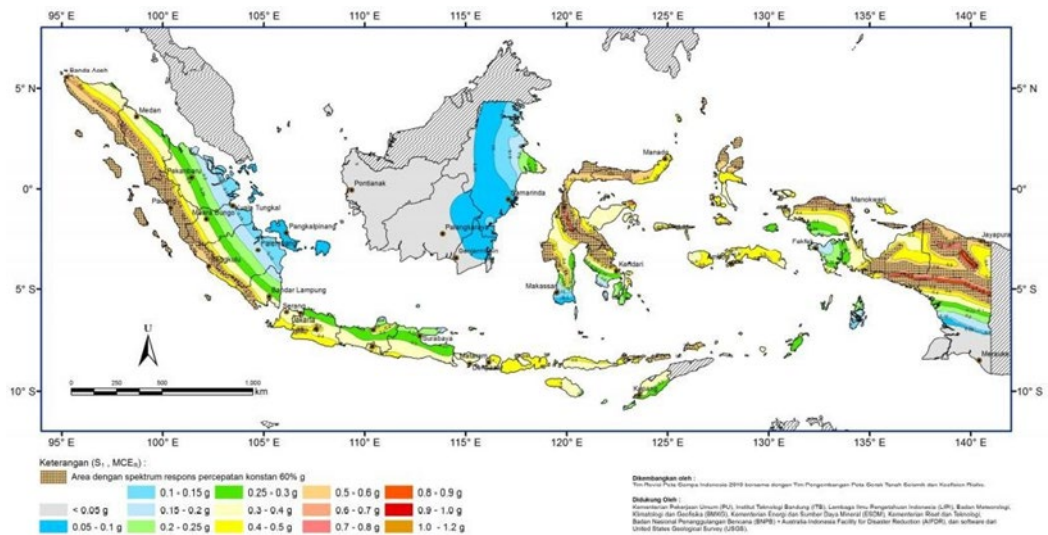
Pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 peta gempa sama-sama disajikan dalam format peta kontur percepatan gempa rencana maksimum dari batuan dasar untuk periode 0,2 detik (S_s) dan 1 detik (S_1). Kekuatan dan frekuensi gempa yang berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya menyebabkan setiap daerah 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.



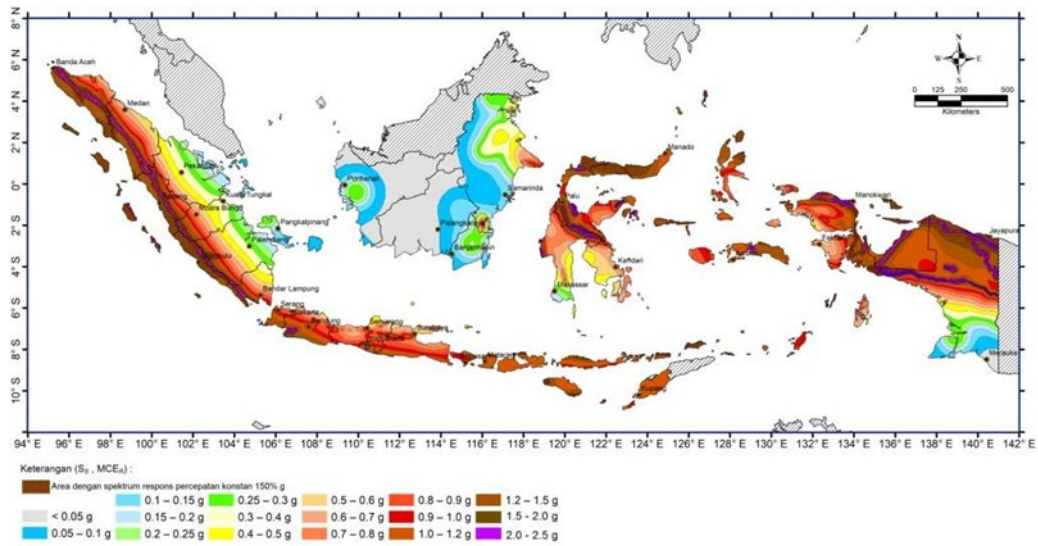
Gambar 3.1 Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 0,2 Detik, S_s (SNI 1726-2012)

(Sumber: SNI 1726-2012, 2012)



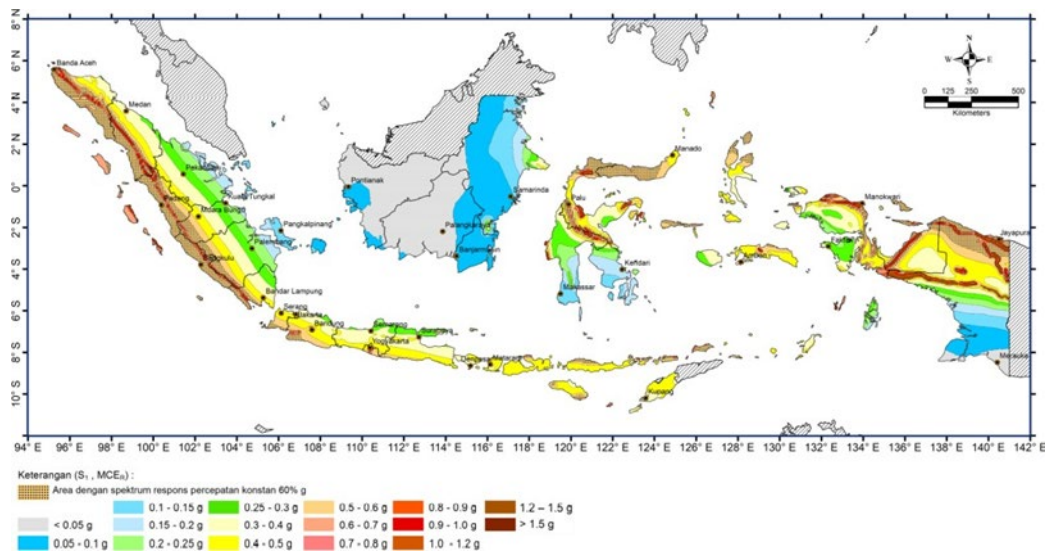
Gambar 3.2 Peta Respons Spektrum Percepatan Periode 1,0 Detik, S_1 (SNI 1726-2012)

(Sumber: SNI 1726-2012, 2012)



Gambar 3.3 peta Respons Spektrum Percepatan Periode 0,2 Detik, S_s (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 3.9 hingga Tabel 3.12.

Tabel 3.9 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 S_s 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 3.10 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2012)

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Periode Pendek, $T = 1$ detik (S_1)				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
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 S_s 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 3.11 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 1726-2012 (2019)

Catatan:

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

Tabel 3.12 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726-2019)

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

Sumber: SNI 1726-2012 (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 parameter-parameter respons spectral 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:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3,1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3,2)$$

3. Penentuan percepatan spectral desain

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

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

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

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

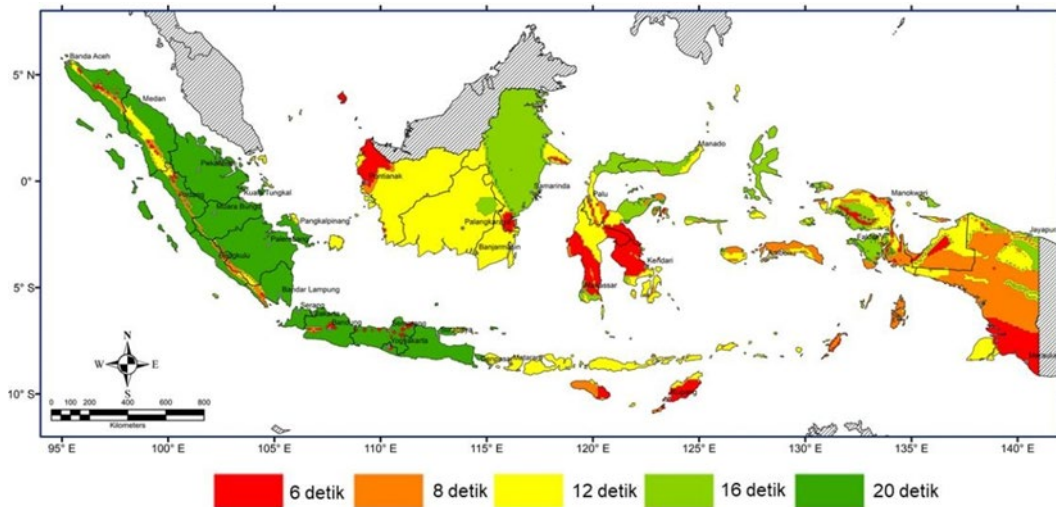
$$S_{D1R} = C_{R1} \times S_{D1} \quad (3.6)$$

4. Penentuan periode spektrum respons desain.

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

Pada SNI 1726-2019 ditambah peraturan baru mengenai TL yaitu peta transisi periode Panjang yang nilainya dapat diambil dari Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia, TL (SNI 1726-2019)

(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)

5. 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.

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

- b. Periode yang lebih besaar 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.

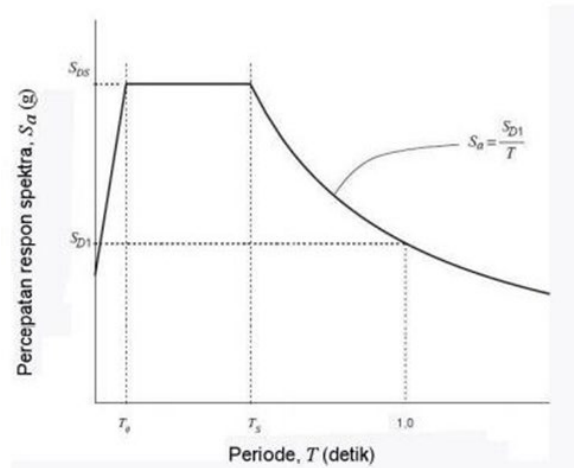
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.10)$$

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)



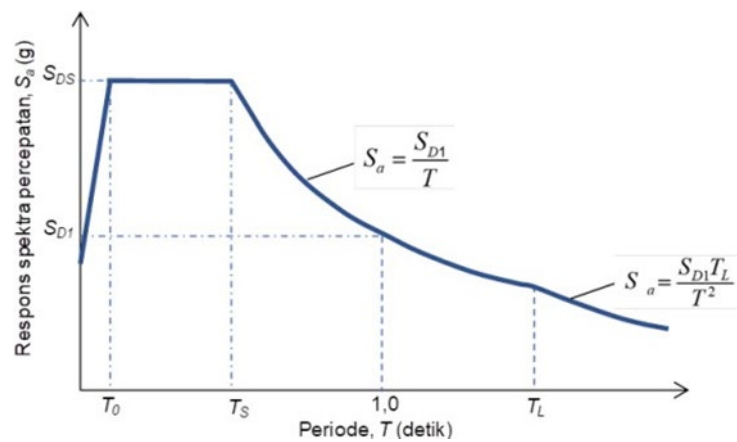
Gambar 3.6 Spektrum Respon Desain (SNI 1726-2012)

(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 3.7 dan penambahan ketentuan sebagai berikut.

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

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



Gambar 3.7 Spektrum Respon 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.

$$T_a = C_t \times n_x \quad (3.12)$$

Nilai T_a dan T disyaratkan tidak melebihi T_{max} 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 3.13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismic:		
• 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 system struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

Tabel 3.14 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726-2019 (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 3.15 berikut.

Tabel 3.15 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 ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan								
Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2^{1/2}$	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser beton bertulang biasa	7	$2^{1/2}$	5	TB	TB	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.

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

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.

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

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

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 h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)

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

untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ 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.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.22)$$

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 3.16 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, partisi, langit-langit dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Sumber: SNI 1726-2019 (2019)

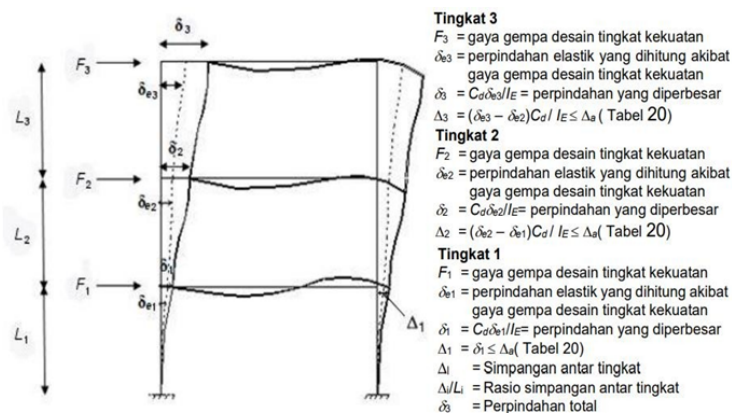
Catatan:

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

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

3.6.3 Simpangan, Simpangan Anar 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 simpangan dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.8 Penentuan Simpangan antar Tingkat

(Sumber: SNI 1726-2019, 2019)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek pada penelitian adalah Hotel Neo yang berlokasi di dusun Kaliwaru, Condong Catur, Depok, Sleman, Yogyakarta seperti pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Detail Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Earth, 2022)

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 primer dan data sekunder. Data ini diperoleh dari pihak perencana PT. Indosaka Prima, dan survey di lokasi.

1. Mutu beton

- a. $f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$
 $= 29,05 \text{ MPa}$
- b. Berat jenis beton = 2400 kg/m^3
- c. Modulus elastisitas beton = $4700 \times \sqrt{f'_c}$
 $= 25332,0844 \text{ MPa}$

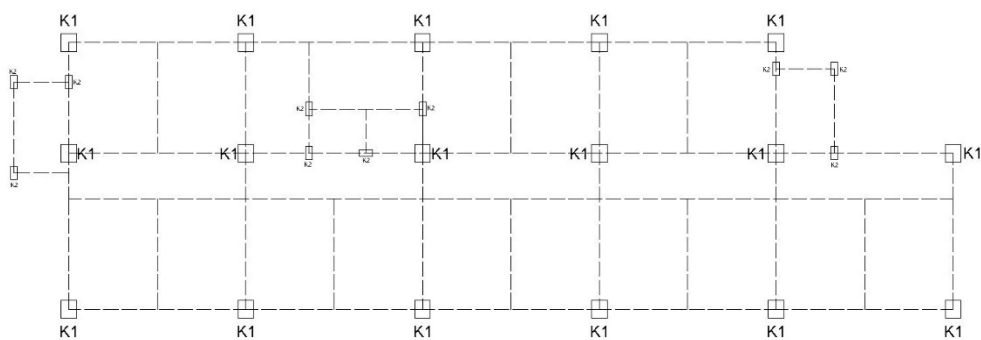
2. Mutu baja tulangan

- a. Baja tulangan utama diameter 25 mm dipakai baja tulangan jenis ulir dengan tegangan leleh (f_y) = 420 MPa
- b. Baja tulangan utama diameter 22 mm dipakai baja tulangan jenis ulir dengan tegangan leleh (f_y) = 420 MPa
- c. Baja tulangan utama diameter 19 mm dipakai baja tulangan jenis ulir dengan tegangan leleh (f_y) = 420 MPa
- d. Baja tulangan sengkang diameter 10 mm dipakai baja tulangan jenis polos dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa

3. Dimensi elemen struktur

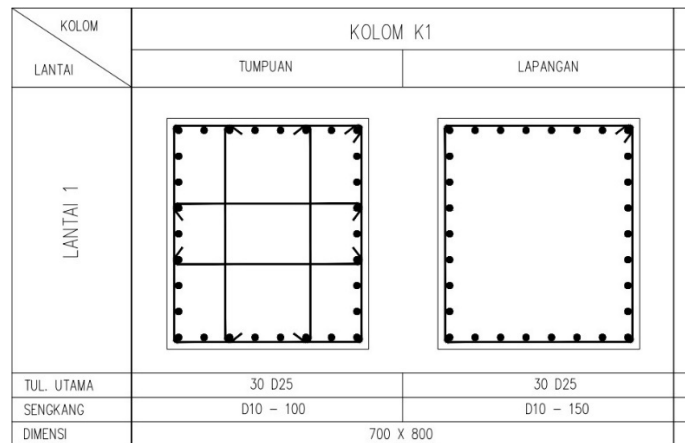
a. Kolom

Denah, dimensi, dan tipe kolom dapat dilihat dalam Gambar 4.2 hingga Gambar 4.4 berikut.

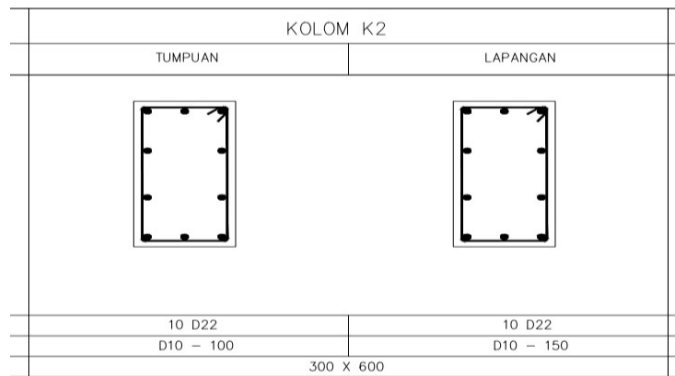


Gambar 4.2 Denah Kolom

(Sumber: Data proyek, 2020)



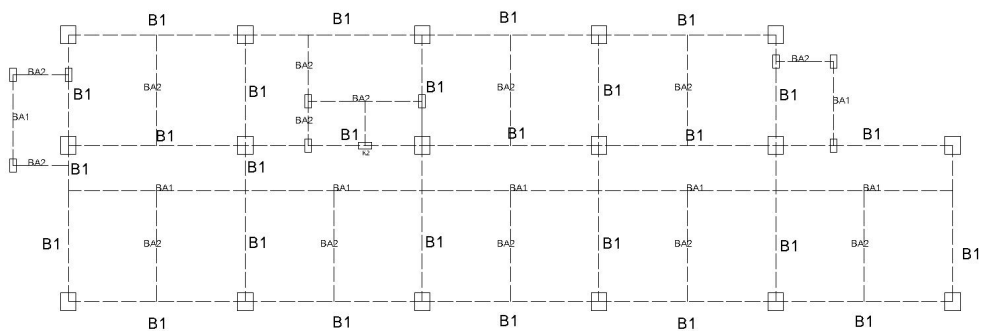
Gambar 4.3 Detail Kolom K1
(Sumber: Data proyek, 2020)



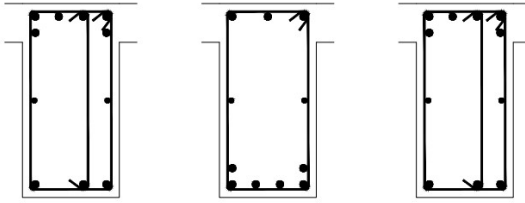
Gambar 4.4 Detail Kolom K2
(Sumber: Data proyek, 2020)

b. Balok

Dimensi dan tipe balok dapat dilihat dalam Gambar 4.5 hingga Gambar 4.8 berikut.

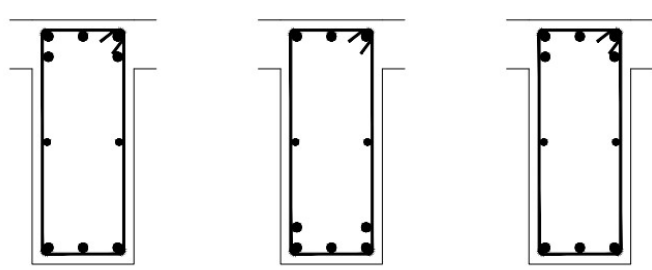


Gambar 4.5 Denah Balok
(Sumber: Data proyek, 2020)

TYPE	BALOK B1 (300 x 600)		
POSISI	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	6 D22	3 D22	6 D22
TUL. BAWAH	3 D22	6 D22	3 D22
SENGKANG	3D10 – 100	D10 – 150	3D10 – 100
TUL. PINGGANG	2 D 10		

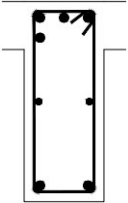
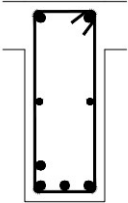
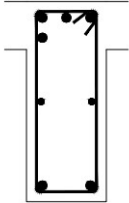
Gambar 4.6 Detail Balok B1

(Sumber: Data proyek, 2020)

BALOK BA1 (250 x 600)		
TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
		
5 D19	3 D19	5 D19
3 D19	5 D19	3 D19
D10 – 100	D10 – 150	D10 – 100
2 D 10		

Gambar 4.7 Detail Balok BA1

(Sumber: Data proyek, 2020)

BALOK BA2 (200 x 500)		
TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
		
4 D19	2 D19	4 D19
2 D19	4 D19	2 D19
D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100
2 D 10		

Gambar 4.8 Detail Balok BA2

(Sumber: Data proyek, 2020)

c. Pelat

Dimensi pelat dapat dilihat dalam Tabel 4.1 berikut.

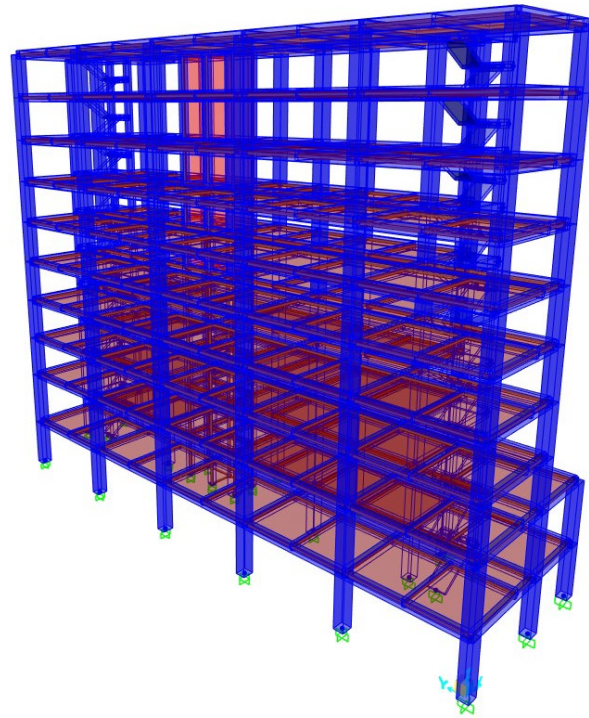
Tabel 4.1 Dimensi Pelat

No.	Pelat	Tebal (mm)
1	Pelat Lantai	200
2	Pelat Atap	150

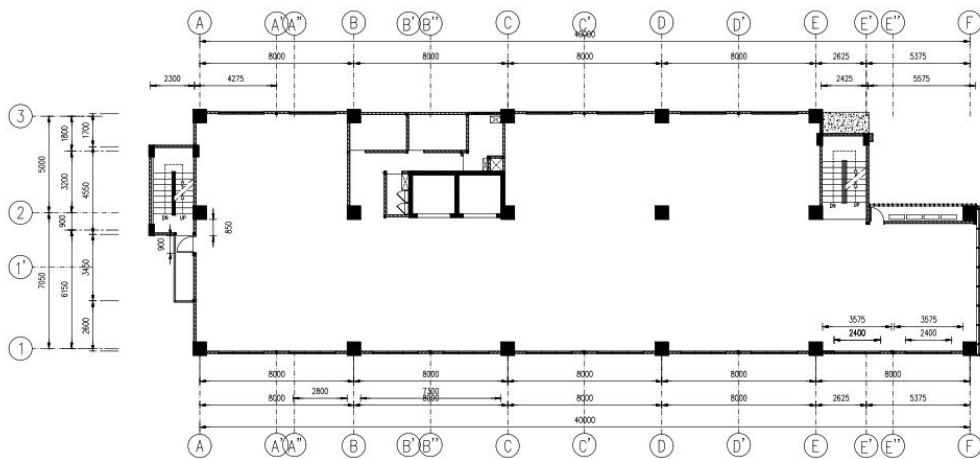
Sumber: Data proyek (2020)

4.3 Pemodelan Struktur

Struktur Hotel Neo memiliki 10 tingkat dengan tinggi total bangunan adalah 33,35 meter. Struktur gedung secara 3D yang dimodelkan dengan bantuan program *SAP2000 v.22* dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan denah struktur dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.9 Pemodelan Struktur 3D Menggunakan Program SAP2000
(Sumber: SAP2000, 2023)



Gambar 4.10 Denah Struktur Gedung Hotel Neo
(Sumber: Data proyek, 2020)

4.4 Program yang digunakan

Program yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Autocad v.17*, 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 menghitung dan 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* dan data survey di lokasi yang kemudian digunakan untuk membuat model struktur 3D pada program *SAP2000*.

2. Studi literatur

Studi literatur adalah tahapan dalam mencari referensi teori dan peraturan yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi 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 1727-2020, 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.

- 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 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 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.

8. *Running analysis*

Melakukan *running analysis* untuk masing-masing model.

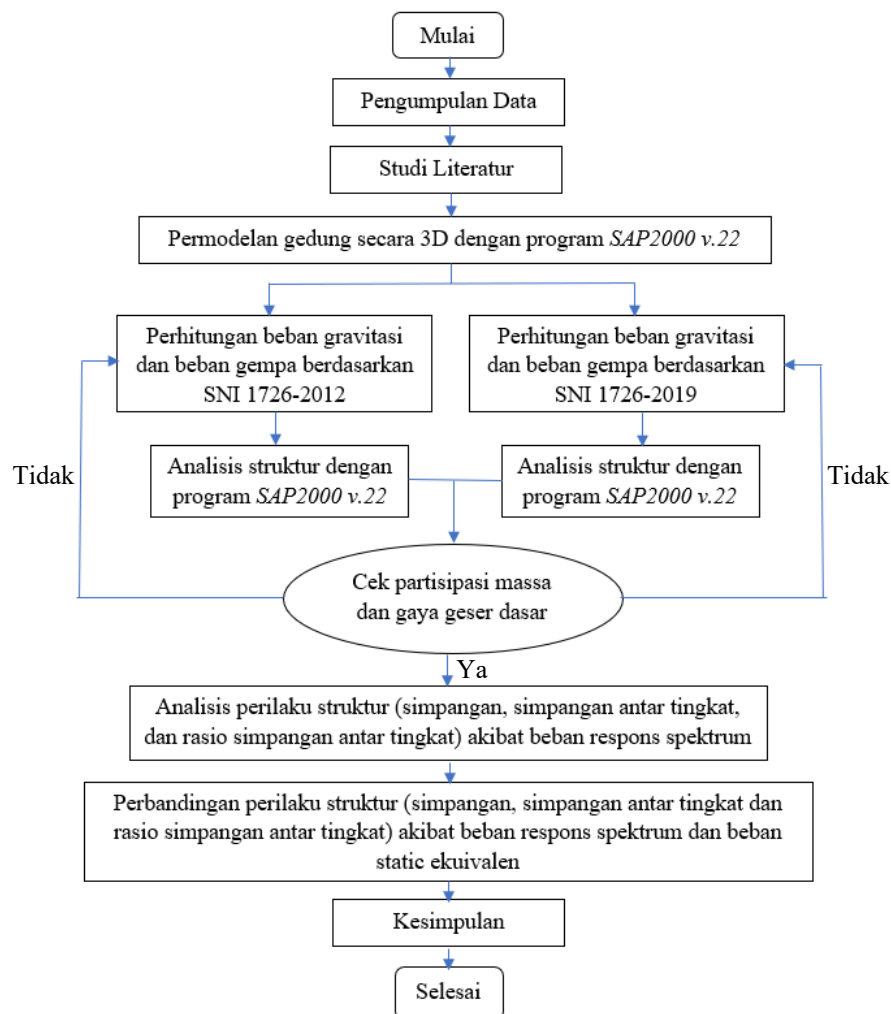
9. Cek syarat $V_{\text{dinamik}} \leq 0,85 V_{\text{statik}}$ untuk SNI 1726-2012 dan syarat $V_{\text{dinamik}} = V_{\text{statik}}$ untuk SNI 1726-2019.

10. Cek rasio partisipasi massa $\geq 90\%$ 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 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Konfigurasi Bangunan

Bangunan Hotel Neo memiliki 10 tingkat yang terdiri dari tingkat 1 hingga tingkat 9 merupakan lantai tipikal serta lantai atap. Tinggi bangunan dari taraf penjepitan lateral adalah 33,350 m. Tinggi antar lantai dan elevasi lantai gedung Hotel Neo dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Tinggi dan Elevasi Lantai Hotel Neo

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Elevasi Lantai (m)
1	3,6	3,6
2	4,2	7,8
3	3,2	11
4	3,2	14,2
5	3,2	17,4
6	3,2	20,6
7	3,2	23,8
8	3,2	27
9	3,2	30,2
10	3,15	33,35

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 1727-2020, 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, pelat, dinding geser dan beban mati tambahan seperti dinding partisi. Perhitungan beban mati dihitung secara manual menggunakan peraturan SNI 1727-2020 sebagai berikut.

1. Beban mati pelat

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang dimensinya lebih kecil dari elemen lain. Pada Hotel Neo 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	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
Pelat Lantai	0,2	24	4,8
Pasir	0,05	15,7	0,785
Spesi	0,03	20,4	0,612
Partisi			0,48
Keramik			0,24
Plafon			0,09
Rangka Plafon			0,05
ME			0,3
Qd Lantai			7,357

b. Pelat atap

Perhitungan beban pada pelat atap dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Beban Mati pada Pelat Atap

Elemen	SNI 1727-2020		
	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
Pelat Atap	0,15	24	3,6
Spesi	0,03	20,4	0,612
<i>Waterproofing</i>	0,02	2100	0,42
Plafon			0,09
Rangka Plafon			0,05
ME			0,3
Qd Lantai			5,072

Beban mati pada pelat didistribusikan pada pelat lantai di setiap tingkat, sedangkan beban mati pada pelat atap didistribusikan pada lantai atap, sehingga didapatkan berat beban pelat ssetiap tingkat. Perhitungan berat pelat tipikal untuk tingkat 1-9 dan berat pelat atap dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Berat Pelat Lantai

No	Elemen Pelat	Ag (m ²)	Void (m ²)	Luas (m ²)	Qd (kN/m ²)	Berat Pelat (kN)
1	PL1-PL2	482	20,275	461,73	7,357	3396,91
2	PL3-PL9	482	50,3	431,7	7,357	3176,02
3	PL Atap	482	50,3	431,7	5,072	2189,58

Rekapitulasi perhitungan berat pelat untuk setiap tingkat dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai dan Atap

Tingkat	Berat Pelat (kN)
1	3396,9
2	3396,9
3	3176,0
4	3176,0
5	3176,0
6	3176,0
7	3176,0
8	3176,0
9	3176,0
10	2189,6

2. Beban mati kolom

Berat kolom pada tingkat 1 berdasarkan SNI 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Berat Kolom pada Tingkat 1

Kodefikasi	Dimensi (m)			Jumlah	Volume (m ³)	Bj (kN/m ³)	Berat (kN)
	H	B	L				
Kolom Lantai 1							
K1	0,8	0,7	3,6	18	36,288	24	870,912
K2	0,6	0,3	3,6	5	3,24	24	77,76
Jumlah				23			948,672

Hasil rekapitulasi berat kolom pada setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Berat Kolom

Tingkat	Berat (kN)
1	948,672
2	1106,784
3	800,256
4	800,256
5	800,256
6	800,256
7	800,256
8	800,256
9	800,256
10	787,752

3. Beban mati balok

Rekapitulasi perhitungan berat balok pada tingkat 1 berdasarkan SNI 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Berat Balok pada Tingkat 1

Kodefikasi	Dimensi (m)			Volume (m ³)	Jumlah	Bj (kN/m ³)	Berat (kN)
	H	B	L				
B1	0,6	0,3	40	7,2	3	24	518,4
	0,6	0,3	12,05	2,169	6	24	312,336
BA1	0,6	0,25	40	6	1	24	144
	0,6	0,25	4,1	0,615	1	24	14,76
	0,6	0,25	5	0,75	1	24	18
BA2	0,5	0,2	10	1	5	24	120
	0,5	0,2	2,5	0,25	1	24	6
	0,5	0,2	5,125	0,5125	1	24	12,3
	0,5	0,2	5,15	0,515	1	24	12,36
	0,5	0,2	2	0,2	1	24	4,8
Jumlah					21		1162,956

Hasil rekapitulasi berat balok pada setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Berat Balok

Tingkat	Berat (kN)
1	1162,956
2	1162,956
3	1090,476
4	1090,476
5	1090,476
6	1090,476
7	1090,476
8	1090,476
9	1090,476
10	1090,476

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 ringan dengan berat jenis 600 kg/m^3 . Perhitungan berat dinding pada tingkat 1 dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.10 Berat Dinding

Elemen	Berat Jenis	Tebal (m)	Tinggi (m)	Luas	Berat (kN/m)
Bata Ringan	600 Kg/m^3	0,15	3,6	70%	2,268
Plester	$20,4 \text{ Kg/m}^2$	0,03	3,6	70%	3,084
Jumlah					5,35

Tabel 5.11 Berat Dinding pada Tingkat 1

Kode Balok	L (m)	ADL (kN/m)	W (kN)
B1	40	5,35	214,099
B1	32	5,35	171,279
B1	7,95	5,35	42,552
BA1	4,1	5,35	21,945
BA2	2,5	5,35	13,381
BA2	2,5	5,35	13,381
Jumlah			476,638

Perhitungan berat dinding untuk tingkat selanjutnya dilakukan sama seperti pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11. Hasil rekapitulasi perhitungan berat dinding pada setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Berat Dinding

Tingkat	Berat Dinding (kN)
1	476,638
2	556,078
3	485,529
4	485,529
5	485,529
6	485,529
7	485,529
8	485,529
9	485,529
10	477,943

5. Beban tangga

Pada penelitian ini, tangga dimodelkan sebagai pelat datar pada struktur. Perhitungan beban mati pelat tangga dan pelat bordes masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14, sedangkan perhitungan total beban tangga tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.13 Beban Mati Pelat Tangga

Elemen	Tebal (m)	BJ (kN/m ³)	q (kN/m ²)
Pelat Tangga	0,272	24	6,528
Pasir	0,05	15,7	0,785
Spesi	0,03	20,4	0,612
Keramik			0,24
Qd Pelat Tangga			8,165

Tabel 5.14 Beban Mati Bordes

Elemen	Tebal (m)	BJ (kN/m ³)	q (kN/m ²)
Pelat Bordes	0,2	24	4,8
Pasir	0,05	15,7	0,785
Spesi	0,03	20,4	0,612
Keramik			0,24
Qd Pelat Tangga			6,437

Tabel 5.15 Beban Mati pada Tangga

Elemen	Panjang (m)	Lebar (m)	Jumlah	QD (kN/m ²)	Berat (kN)
Tangga Utama					
Pelat Tangga	3,378	1,313	2	8,165	72,407
Bordes	2,625	0,9	1	6,437	15,903
Total					88,31
Tangga Servis					
Pelat Tangga	3,051	1,25	2	8,285	63,189
Bordes	2,5	0,7	1	6,437	11,858
Total					75,047

6. Beban *Shearwall*

Pada penelitian ini, *shearwall* hanya dimodelkan dan diperhitungkan secara sederhana. Perhitungan beban *shearwall* dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Beban *Shearwall*

Jenis <i>Shearwall</i>	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah	BJ (kN/m ³)	Berat (kN)
SW 200	5,15	0,2	3,6	1	24	88,992
	2	0,2	3,6	3	24	103,68
Berat Total						192,672

5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan pada penelitian ini ditentukan berdasarkan peraturan dan SNI 1727-2020, namun tidak ada perbedaan dalam aturan tersebut. Beban hidup didistribusikan 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, $Q_L = 1,92 \text{ kN/m}^2$
 - b. Ruang publik, $Q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2$
2. Beban hidup pada pelat atap

Beban hidup pelat atap, $Q_L = 0,96 \text{ kN/m}^2$
3. Beban hidup pada tangga

Beban hidup tangga, $Q_L = 4,79 \text{ kN/m}^2$

5.2.3 Berat Seismik Efektif Bangunan (W_t)

Hasil perhitungan berat bangunan seismic efektif berdasarkan peraturan SNI 1727-2020 dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Berat Seismik Efektif SNI 1727-2020

Berat (kN)	Pelat	Kolom	Balok	Dinding	Tangga Utama	Tangga Servis	Shearwall	Beban Hidup
Tingkat 1	3415,380	932,861	1267,473	476,638	87,148	74,054	189,461	1182,332
Tingkat 2	3415,380	1088,338	1267,473	556,078	91,829	77,842	221,038	1182,332
Tingkat 3	3193,285	786,918	1196,201	485,529	85,328	71,072	168,410	828,864
Tingkat 4	3193,285	786,918	1196,201	485,529	85,328	71,072	168,410	828,864
Tingkat 5	3193,285	786,918	1196,201	485,529	85,328	71,072	168,410	828,864
Tingkat 6	3193,285	786,918	1196,201	485,529	85,328	71,072	168,410	828,864
Tingkat 7	3193,285	786,918	1196,201	485,529	85,328	71,072	168,410	828,864
Tingkat 8	3193,285	786,918	1196,201	485,529	85,328	71,072	168,410	828,864
Tingkat 9	3193,285	786,918	1196,201	485,529	85,328	71,072	168,410	828,864
Tingkat 10	2215,484	774,623	1196,201	477,943	84,985	70,756	165,778	414,432
Berat Total	61581,36							
Berat SAP2000	62135,15							

Berdasarkan Tabel 5.17, perbandingan berat total gedung hasil perhitungan dan hasil analisis program *SAP2000 V.22* yaitu sebesar 0,899%.

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 jenis pemanfaatan gedung sesuai Tabel 3.8. Pada penelitian ini, Gedung diperuntukan sebagai gedung hotel maka gedung termasuk dalam kategori risiko II dan faktor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan Tabel 3.9 adalah 1,0. Hotel Neo ini berlokasi di Kaliwaru, Condongcatur, Depok, Sleman, Yogyakarta dengan asumsi jenis tanah sedang maka kelas situs gedung ini adalah SD.
2. Penentuan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (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 1,165 g dan nilai S_1 sebesar 0,430 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 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 1,034. 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 1,6 – 1,5. Nilai F_v yang didapatkan adalah sebesar 1,57.
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} .

$$\begin{aligned}
 S_{MS} &= F_a \times S_s \\
 &= 1,034 \times 1,165 \\
 &= 1,205 \text{ g} \\
 S_{M1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 1,57 \times 0,430 \\
 &= 0,675 \text{ g}
 \end{aligned}$$

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} .

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,205 \\
 &= 0,803 \text{ g} \\
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\
 &= \frac{2}{3} \times 0,675 \\
 &= 0,450 \text{ g}
 \end{aligned}$$

6. Pembuatan kurva spektrum respons desain

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

- a. Penentuan periode T_0 dan T_s

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= 0,2 \times \frac{0,450}{0,803} \\
 &= 0,112 \text{ detik} \\
 T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,450}{0,803}$$

$$= 0,560 \text{ detik}$$

b. Penentuan nilai S_a untuk $T < T_0$

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

$$= 0,803 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,112} \right)$$

$$= 0,321 \text{ g}$$

c. Penentuan nilai S_a untuk $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS}$$

$$= 0,803 \text{ g}$$

d. Penentuan nilai S_a untuk $T > T_s$

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

$$= \frac{0,450}{0,7}$$

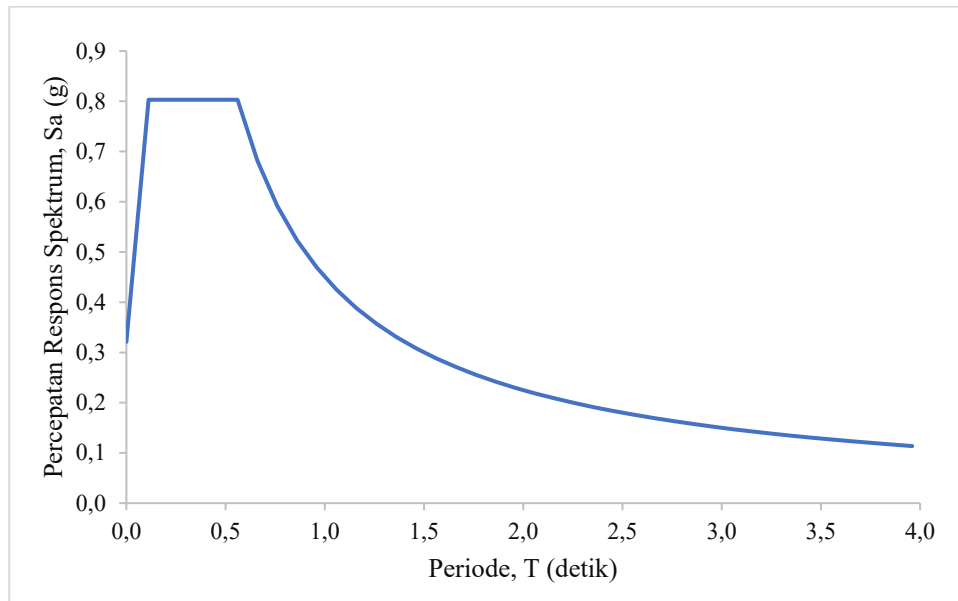
$$= 0,681 \text{ g}$$

Untuk selanjutnya, spektrum respons desain struktur dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2012

T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)	T (detik)	S_a (g)
0,000	0,321	1,1	0,424	2,2	0,208	3,3	0,138
0,112	0,803	1,2	0,388	2,3	0,199	3,4	0,134
0,2	0,803	1,3	0,357	2,4	0,191	3,5	0,130
0,3	0,803	1,4	0,331	2,5	0,183	3,6	0,126
0,4	0,803	1,5	0,308	2,6	0,176	3,7	0,123
0,5	0,803	1,6	0,288	2,7	0,169	3,8	0,120
0,560	0,803	1,7	0,271	2,8	0,163	3,9	0,117
0,7	0,681	1,8	0,256	2,9	0,157	4,0	0,114
0,8	0,592	1,9	0,242	3,0	0,152		
0,9	0,523	2,0	0,230	3,1	0,147		
1,0	0,469	2,1	0,218	3,2	0,142		

Dari hubungan antara periode getar (T) dan percepatan respons spektra (S_a), diperoleh kurva respons spektrum yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2012

7. Penentuan kategori desain seismik
Kategori desain seismik ditentukan oleh nilai S_{DS} dan S_{D1} serta kategori risiko bangunan. Dari perhitungan sebelumnya, diketahui nilai S_{DS} lebih dari 0,5 dan S_{D1} lebih dari 0,2 serta memiliki kategori risiko II, sehingga gedung ini memiliki kategori desain seismik D.
8. Penentuan koefisien modifikasi respon (R) dan faktor pembesaran defleksi (C_d) sesuai SNI 1726-2012, gedung pada penelitian ini memiliki system penahan gaya seismik berupa sistem ganda dinding geser beton bertulang khusus. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 3.15 nilai koefisien modifikasi respon (R) adalah 7 dan faktor pembesaran defleksi (C_d) adalah 5,5.
9. Pendekatan periode fundamental struktur (T)
Periode fundamental ditentukan dengan cara membandingkan 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 T_a , perlu tinggi bangunan (h_n), koefisien C_t dan x . Dari Tabel 5.1 diketahui tinggi bangunan (h_n) sebesar 33,35 m. koefisien C_t dan x ditentukan berdasarkan tipe struktur yang digunakan (dapat dilihat pada Tabel 3.15). untuk tipe struktur rangka beton pemikul momen, nilai C_t dan x adalah 0,0488 dan 0,75. Selanjutnya, nilai T_a dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n^x \\ &= 0,0488 \times 33,35^{0,75} \\ &= 0,677 \text{ detik} \end{aligned}$$

- 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_{DIR} (dapat dilihat pada Tabel 3.16). dikarenakan nilai S_{DIR} lebih besar dari 0,4, maka diperoleh nilai C_u sebesar 1,4. Lalu, nilai T_{max} dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,677 \\ &= 0,948 \text{ detik} \end{aligned}$$

- 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 1,72261 detik

10. Penentuan koefisien respons seismic (C_s)

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

- a. Nilai C_s dihitung dengan persamaan 3.15.

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,803}{\left(\frac{7}{1}\right)} \\
 &= 0,1147 \text{ g}
 \end{aligned}$$

b. Nilai C_s maksimum dihitung dengan persamaan 3.16.

$$\begin{aligned}
 C_{s \max} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,450}{1,723\left(\frac{7}{1}\right)} \\
 &= 0,0373 \text{ g}
 \end{aligned}$$

c. Nilai C_s minimum dihitung dengan persamaan 3.18.

$$\begin{aligned}
 C_{s \min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\
 &= 0,044 \times 0,803 \times 0,01 \\
 &= 0,0353 > 0,01
 \end{aligned}$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi $C_{s \max}$ dan tidak kurang dari $C_{s \min}$, sehingga nilai C_s yang dipakai adalah 0,0373 g.

11. Perhitungan gaya geser dasar

Gaya geser dasar dihitung dengan persamaan 3.14 berikut.

$$\begin{aligned}
 V &= C_s \times W_t \\
 &= 0,0373 \times 61581,365 \\
 &= 2298,482 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

12. 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 1,532, maka nilai k harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier agar nilai k yang dipakai lebih akurat.

$$\begin{aligned} k &= \left[\frac{(1,732-0,5) \times (2-1)}{(2,5-0,5)} \right] + 1 \\ &= 1,611 \end{aligned}$$

b. Nilai C_v

Nilai C_v diitung menggunakan persamaan 3.21. contoh perhitungan C_v pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_{v \text{ tingkat 1}} &= \frac{W_i \times h_i^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k} \\ &= \frac{52745}{7553601,6} \\ &= 0,007 \end{aligned}$$

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.

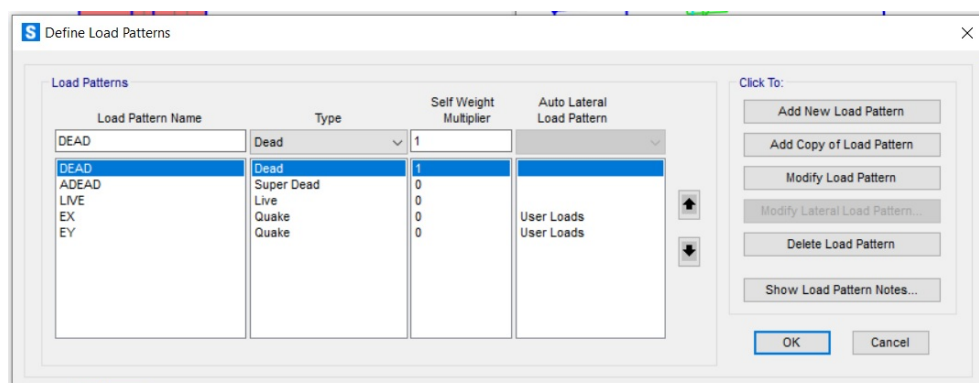
$$\begin{aligned} F_{\text{tingkat 1}} &= C_{v \text{ tingkat 1}} \times V \\ &= 0,007 \times 2298,482 \\ &= 16,050 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan gaya gempa lateral di setiap tingkat (F_i) dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2012)

Tingkat	W_i (kN)	H_i (m)	K	$W_i H_i^k$	C_{vi}	F_i (kN)
1	6695,906	3,6	1,611	52745	0,007	16,050
2	6974,157	7,8	1,611	190954	0,025	58,105
3	6130,688	11	1,611	292086	0,039	88,879
4	6130,688	14,2	1,611	440755	0,058	134,117
5	6130,688	17,4	1,611	611522	0,081	186,080
6	6130,688	20,6	1,611	802694	0,106	244,251
7	6130,688	23,8	1,611	1012965	0,134	308,235
8	6130,688	27	1,611	1241289	0,164	377,711
9	6130,688	30,2	1,611	1486797	0,197	452,417
10	4996,489	33,35	1,611	1421795	0,188	432,637
Jumlah				7553601,6		2298,482

Gaya lateral F_i pada Tabel 5.19 kemudian dimasukkan ke dalam *SAP2000* berupa beban EX dan EY dengan cara memilih menu *Define – Load Patterns* – mengisi Ex dan Ey pada kotak isian *Load* dengan tipe *Quake* – pada *Auto Lateral Load* dipilih *User Loads*. Detail pendefinisian EX dan EY dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Pendefinisian Gaya Gempa Lateral

Selanjutnya mengklik EX dan *Modify Lateral Load Pattern*. Kemudian mengisi kotak *User Seismic Loads* dengan gaya F_i pada Tabel 5.19 pada kolom FX seperti pada Gambar 5.3 berikut.

S User Seismic Load Pattern X

Edit

User Seismic Loads on Diaphragms

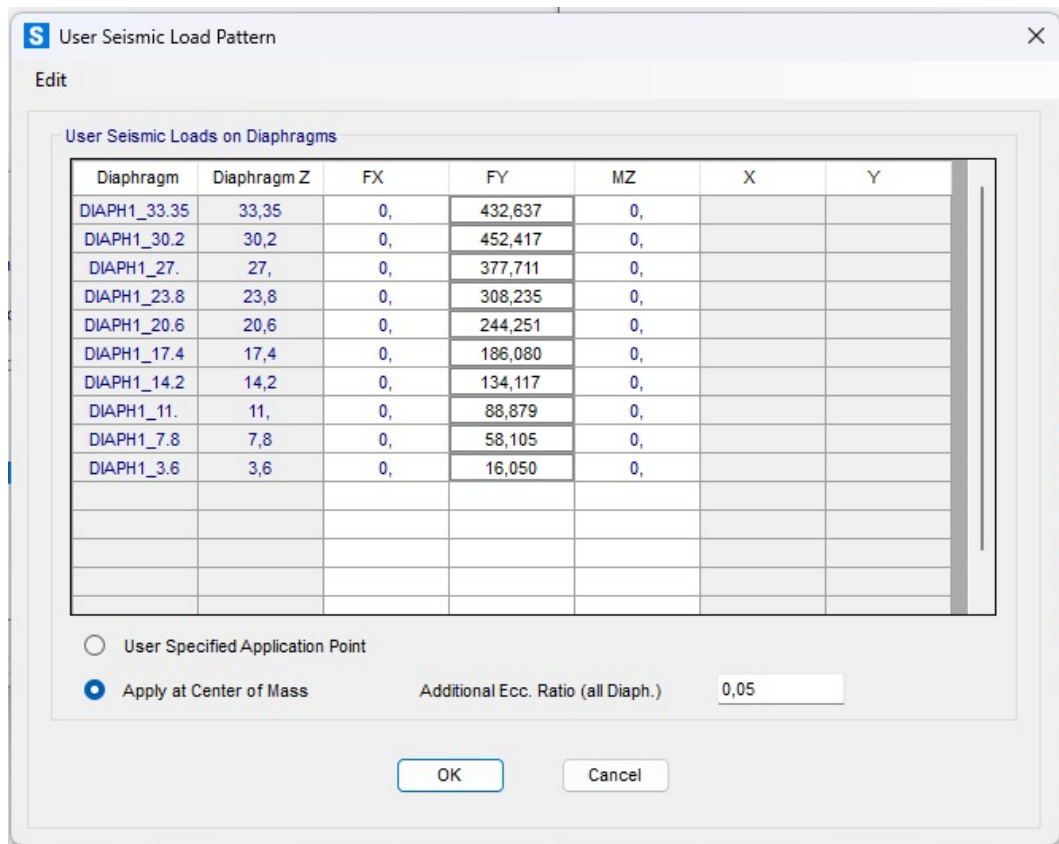
Diaphragm	Diaphragm Z	FX	FY	MZ	X	Y
DIAPH1_33.35	33,35	432,637	0,	0,		
DIAPH1_30.2	30,2	452,417	0,	0,		
DIAPH1_27.	27,	377,711	0,	0,		
DIAPH1_23.8	23,8	308,235	0,	0,		
DIAPH1_20.6	20,6	244,251	0,	0,		
DIAPH1_17.4	17,4	186,080	0,	0,		
DIAPH1_14.2	14,2	134,117	0,	0,		
DIAPH1_11.	11,	88,879	0,	0,		
DIAPH1_7.8	7,8	58,105	0,	0,		
DIAPH1_3.6	3,6	16,050	0,	0,		

User Specified Application Point
 Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)

Gambar 5.3 User Seismic Loads EX (SNI 1726-2012)

Pendefinisian beban gempa EY dilakukan dengan cara yang sama seperti pada EX. Pada kotak *User Seismic Loads*, beban gempa F_i diisikan pada kolom FY seperti pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 User Seismic Loads EY (SNI 1726-2012)

Beban gempa EX dan EY 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 jenis pemanfaatan gedung sesuai Tabel 3.8. Pada penelitian ini, Gedung diperuntukan sebagai gedung hotel maka gedung termasuk dalam kategori risiko II dan factor keutamaan gempa (I_e) berdasarkan Tabel 3.9 adalah 1,0. Hotel Neo ini berlokasi di Kaliwaru, Condongcatur, Depok, Sleman, Yogyakarta dengan asumsi jenis tanah sedang maka kelas situs gedung ini adalah SD.

2. Penentuan nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (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 1,143 g dan nilai S_1 sebesar 0,508 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 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 1,043. Cara yang sama berlaku untuk mencari nilai F_v , karena nilai S_1 berada pada rentang 0,5 – 0,6, maka nilai F_v berkisar antara 1,8 – 1,7. Nilai F_v yang didapatkan adalah sebesar 1,792.

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} .

$$\begin{aligned}
 S_{MS} &= F_a \times S_s \\
 &= 1,043 \times 1,143 \\
 &= 1,192 \text{ g} \\
 S_{M1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 1,792 \times 0,508 \\
 &= 0,911 \text{ g}
 \end{aligned}$$

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} .

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,192 \\
 &= 0,794 \text{ g} \\
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\
 &= \frac{2}{3} \times 0,911 \\
 &= 0,607 \text{ g}
 \end{aligned}$$

6. 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

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= 0,2 \times \frac{0,607}{0,794} \\
 &= 0,153 \text{ detik} \\
 T_S &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{0,607}{0,794} \\
 &= 0,764 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Penentuan nilai T_L menggunakan peta transisi periode Panjang pada Gambar 3.9. untuk mendapatkan 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 6 detik.

- b. Penentuan nilai S_a untuk $T < T_0$

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\ &= 0,794 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,153} \right) \\ &= 0,318 \text{ g} \end{aligned}$$

- c. Penentuan nilai S_a untuk $T_0 \leq T \leq T_s$

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DSR} \\ &= 0,794 \text{ g} \end{aligned}$$

- d. Penentuan nilai S_a untuk $T_s < T \leq T_L$

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{S_{D1}}{T} \\ &= \frac{0,506}{0,9} \\ &= 0,703 \text{ g} \end{aligned}$$

- e. Penentuan nilai S_a untuk $T > T_L$

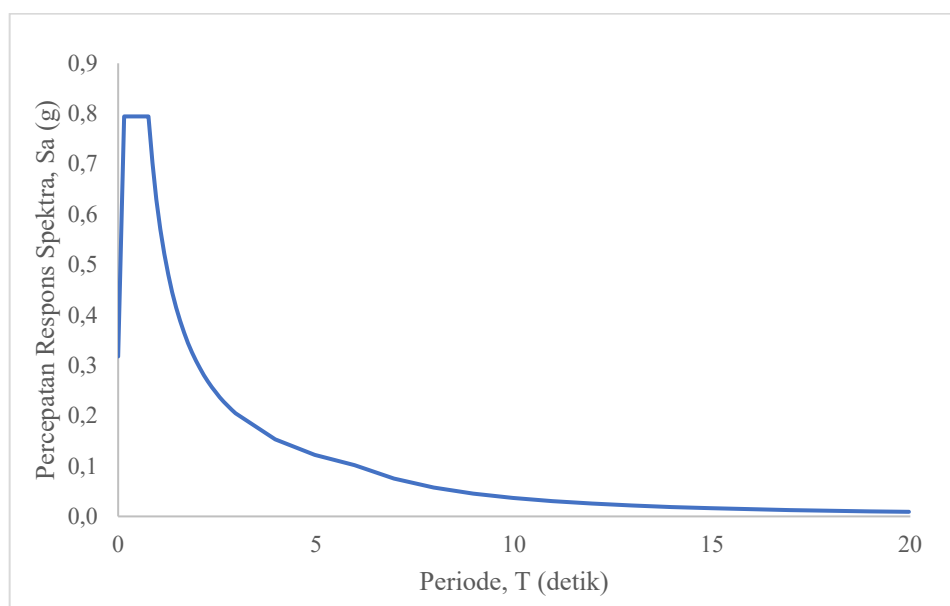
$$\begin{aligned} S_a &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \\ &= \frac{0,506 \times 6}{7^2} \\ &= 0,075 \text{ g} \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya, spektrum respons desain struktur dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2019

T (detik)	S _a (g)	T (detik)	S _a (g)	T (detik)	S _a (g)	T (detik)	S _a (g)
0,000	0,318	1,2	0,522	2,4	0,257	9,0	0,045
0,1	0,630	1,3	0,480	2,5	0,246	10,0	0,037
0,153	0,794	1,4	0,445	2,6	0,237	11,0	0,030
0,3	0,794	1,5	0,415	2,7	0,228	12,0	0,025
0,4	0,794	1,6	0,388	2,8	0,220	13,0	0,022
0,5	0,794	1,7	0,365	2,9	0,212	14,0	0,019
0,6	0,794	1,8	0,344	3,0	0,205	15,0	0,016
0,7	0,794	1,9	0,326	4,0	0,153	16,0	0,014
0,764	0,794	2,0	0,309	5,0	0,122	17,0	0,013
0,9	0,703	2,1	0,294	6,0	0,102	18,0	0,011
1,0	0,630	2,2	0,281	7,0	0,075	19,0	0,010
1,1	0,571	2,3	0,268	8,0	0,057	20,0	0,009

Dari hubungan antara periode getar (T) dan percepatan respons spektra (S_a), diperoleh kurva respons spektrum yang ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut.

**Gambar 5.5 Kurva Respons Spektrum SNI 1726-2019**

7. Penentuan kategori desain seismik

Kategori desain seismik ditentukan oleh nilai S_{DSR} dan S_{DIR} serta kategori risiko bangunan. Dari perhitungan sebelumnya, diketahui nilai S_{DSR} lebih dari 0,5 dan

S_{DIR} lebih dari 0,2 serta memiliki kategori risiko II, sehingga gedung ini memiliki kategori desain seismik D.

8. 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 peraturan SNI 1726-2012 yaitu 7 dan 5,5.

9. Pendekatan periode fundamental struktur (T)

Periode fundamental ditentukan dengan cara membandingkan 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 0,677 detik.

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

Karena tidak ada perubahan peraturan pada SNI 1726-2019, maka nilai T_a yang digunakan sama dengan peraturan pada SNI 1726-2012 yaitu sebesar 0,948 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 1,72261 detik

10. 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.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,794}{\left(\frac{7}{1}\right)}$$

$$= 0,1135 \text{ g}$$

b. Nilai C_s maksimum dihitung dengan persamaan 3.16.

$$\begin{aligned} C_{s \max} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,506}{1,723\left(\frac{7}{1}\right)} \\ &= 0,0504 \text{ g} \end{aligned}$$

c. Nilai C_s minimum dihitung dengan persamaan 3.18.

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,794 \times 1 \\ &= 0,035 > 0,01 \end{aligned}$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi $C_{s \max}$ dan tidak kurang dari $C_{s \min}$, sehingga nilai C_s yang dipakai adalah 0,0504 g.

11. Perhitungan gaya geser dasar

Gaya geser dasar dihitung dengan persamaan 3.14 berikut.

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W_t \\ &= 0,0504 \times 61581,365 \\ &= 3101,128 \text{ kN} \end{aligned}$$

12. 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.

d. 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 1,732, maka nilai k harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier agar nilai k yang dipakai lebih akurat.

$$\begin{aligned} k &= \left[\frac{(1,732-0,5) \times (2-1)}{(2,5-0,5)} \right] + 1 \\ &= 1,611 \end{aligned}$$

e. Nilai C_v

Nilai C_v diitung menggunakan persamaan 3.21. contoh perhitungan C_v pada tingkat 1 dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_{v \text{ tingkat 1}} &= \frac{W_i \times h_i^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k} \\ &= \frac{52745}{7553601,6} \\ &= 0,007 \end{aligned}$$

f. 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.

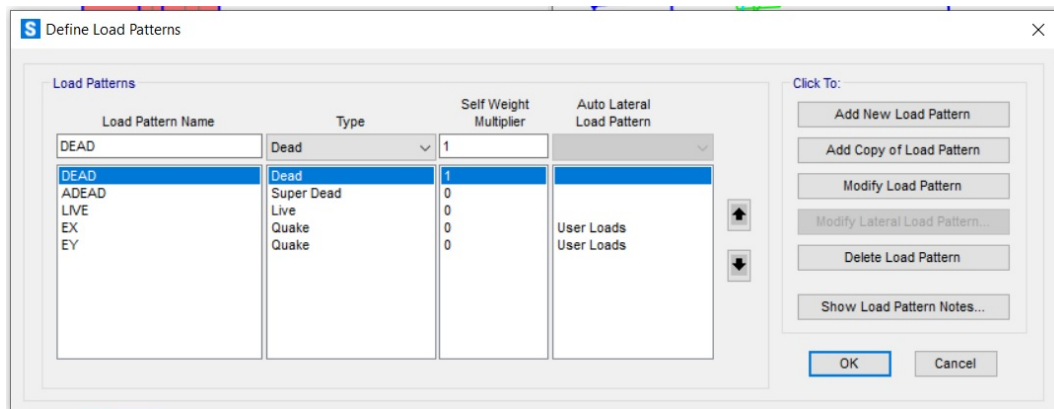
$$\begin{aligned} F_{\text{tingkat 1}} &= C_{v \text{ tingkat 1}} \times V \\ &= 0,007 \times 3101,128 \\ &= 21,654 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan gaya gempa lateral di setiap tingkat (F_i) dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Nilai Gaya Gempa Lateral (SNI 1726-2019)

Tingkat	W_i (kN)	H_i (m)	K	$W_i H_i^k$	C_{vi}	F_i (kN)
1	6695,906	3,6	1,611	52745	0,007	21,654
2	6974,157	7,8	1,611	190954	0,025	78,396
3	6130,688	11	1,611	292086	0,039	119,916
4	6130,688	14,2	1,611	440755	0,058	180,952
5	6130,688	17,4	1,611	611522	0,081	251,060
6	6130,688	20,6	1,611	802694	0,106	329,546
7	6130,688	23,8	1,611	1012965	0,134	415,872
8	6130,688	27	1,611	1241289	0,164	509,610
9	6130,688	30,2	1,611	1486797	0,197	610,404
10	4996,489	33,35	1,611	1421795	0,188	583,717
Jumlah				7553601,6		3101,128

Gaya lateral F_i pada Tabel 5.21 kemudian dimasukkan ke dalam *SAP2000* berupa beban EX dan EY dengan cara memilih menu *Define – Load Patterns –* mengisi Ex dan Ey pada kotak isian *Load* dengan tipe *Quake* – pada *Auto Lateral Load* dipilih *User Loads*. Detail pendefinisian EX dan EY dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Pendefinisian Gaya Gempa Lateral

Selanjutnya mengklik EX dan *Modify Lateral Load Pattern*. Kemudian mengisi kotak *User Seismic Loads* dengan gaya F_i pada Tabel 5.21 pada kolom FX seperti pada Gambar 5.7 berikut.

S User Seismic Load Pattern X

Edit

User Seismic Loads on Diaphragms

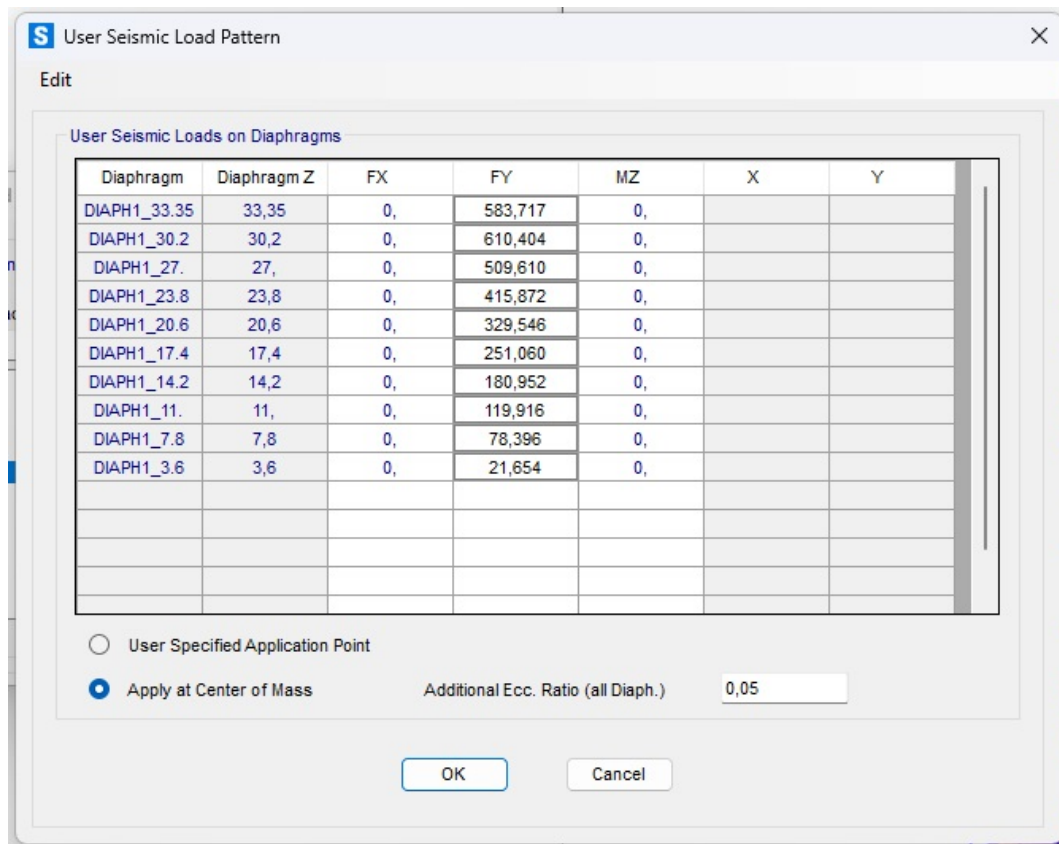
Diaphragm	Diaphragm Z	FX	FY	MZ	X	Y
DIAPH1_33.35	33,35	583,717	0,	0,		
DIAPH1_30.2	30,2	610,404	0,	0,		
DIAPH1_27.	27,	509,610	0,	0,		
DIAPH1_23.8	23,8	415,872	0,	0,		
DIAPH1_20.6	20,6	329,546	0,	0,		
DIAPH1_17.4	17,4	251,060	0,	0,		
DIAPH1_14.2	14,2	180,952	0,	0,		
DIAPH1_11.	11,	119,916	0,	0,		
DIAPH1_7.8	7,8	78,396	0,	0,		
DIAPH1_3.6	3,6	21,654	0,	0,		

User Specified Application Point
 Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)

Gambar 5.7 User Seismic Loads EX (SNI 1726-2019)

Pendefinisian beban gempa EY dilakukan dengan cara yang sama seperti pada EX. Pada kotak *User Seismic Loads*, beban gempa F_i diisikan pada kolom FY seperti pada Gambar 5.8 berikut.

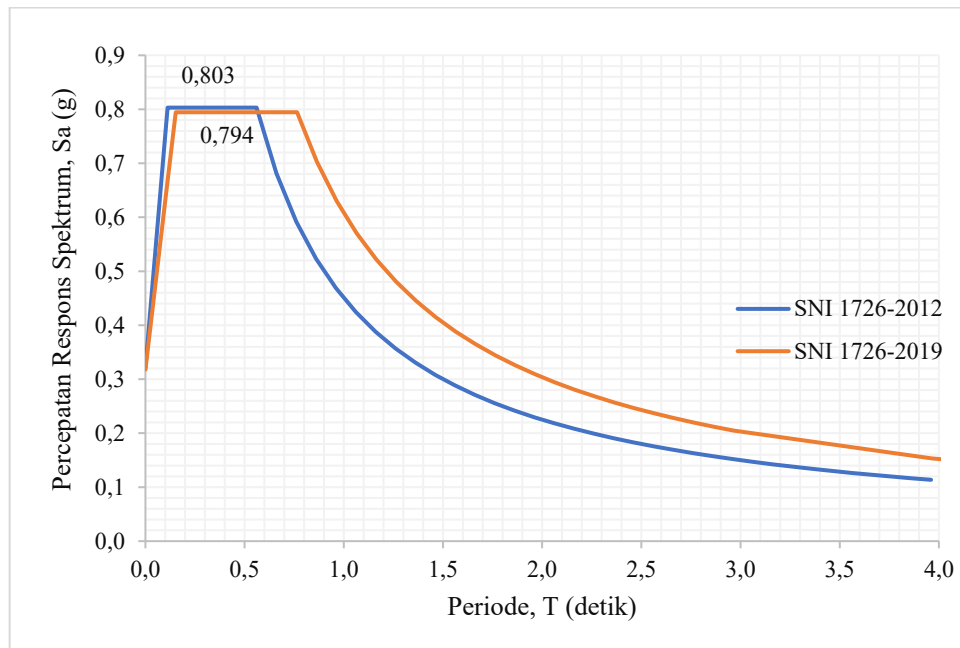


Gambar 5.8 User Seismic Loads EY (SNI 1726-2019)

Beban gempa EX dan EY secara otomatis akan didistribusikan di pusat massa pada setiap tingkat gedung.

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

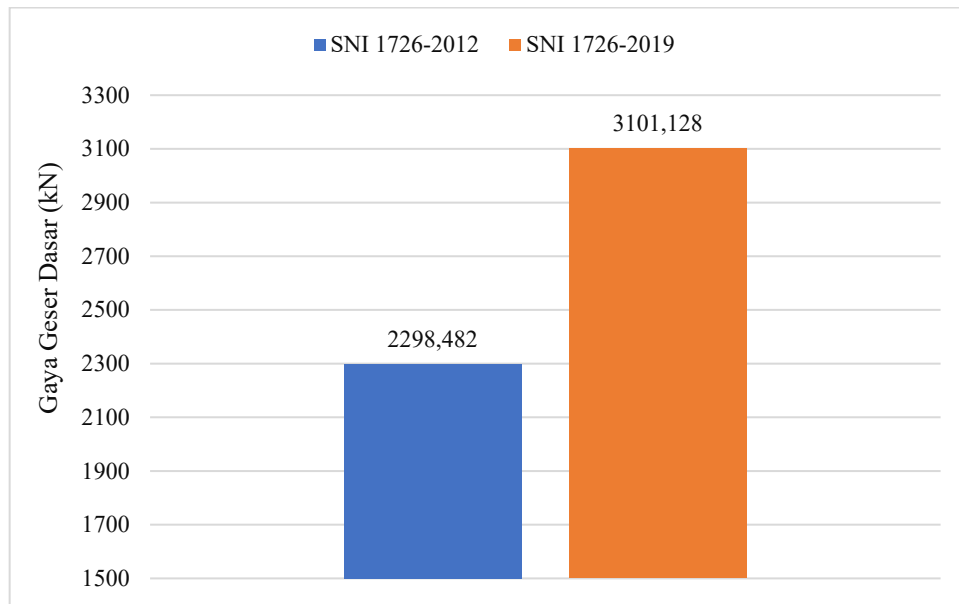
Respons spektrum merupakan kurva hubungan periode getar struktur (T) dengan spektrum respons percepatan desain (S_a). Gambar 5.9 memperlihatkan perbandingan antara respons spektrum SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.



Gambar 5.9 Perbandingan Percepatan Respons Spektrum 2012 dan 2019

Pada Gambar 5.9 terlihat nilai S_a maksimum kurva respons spektrum tahun 2012 adalah 0,803 g. sedangkan pada tahun 2019 adalah 0,794 g dengan selisih diantara keduanya sebesar 0,009 g. Faktor yang mempengaruhi perubahan respons spektrum adalah perbedaan percepatan batuan dasar. Adapun nilai percepatan batuan dasar pada SNI 1726-2012 yaitu 1,165 g (S_s) dan 0,430 g (S_1) dan pada SNI 1726-2019 yaitu 1,143 g (S_s) dan 0,508 g (S_1).

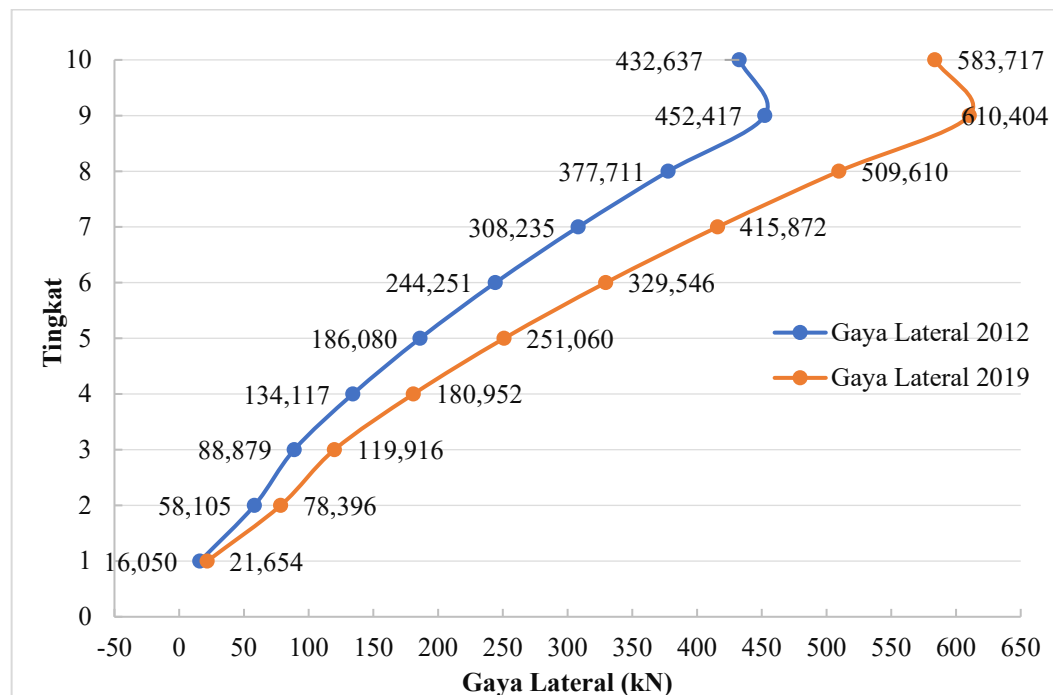
Gaya geser dasar mempresentasikan respons ragam pertama akibat pengaruh gempa rencana. Gaya geser dasar merupakan hasil perkalian antara faktor respons gempa (C) atau koefisien respons seismik (C_s) dengan berat efektif bangunan (W_t). Grafik perbandingan gaya geser dasar antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Perbandingan Gaya Geser Dasar 2012 dan 2019

Pada Gambar 5.10 terlihat bahwa gaya geser dasar dari tahun 2012 ke tahun 2019 mengalami peningkatan dari 2298,482 kN menjadi 3101,128 kN (dengan persentase peningkatan sebesar 34,92%). Peningkatan tersebut dipengaruhi oleh faktor respons gempa atau koefisien respons seismik (C_s).

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 5.11 dan persentase peningkatan gaya lateral (F_i) setiap tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.22.



Gambar 5.11 Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019

Tabel 5.22 Perbandingan Gaya Lateral 2012 dan 2019

Tingkat	Gaya Lateral 2012 (kN)	Gaya Lateral 2019 (kN)	Selisih	
			kN	Persentase
1	16,050	21,654	5,605	34,92%
2	58,105	78,396	20,291	34,92%
3	88,879	119,916	31,037	34,92%
4	134,117	180,952	46,835	34,92%
5	186,080	251,060	64,980	34,92%
6	244,251	329,546	85,294	34,92%
7	308,235	415,872	107,638	34,92%
8	377,711	509,610	131,899	34,92%
9	452,417	610,404	157,987	34,92%
10	432,637	583,717	151,080	34,92%

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 5.2 untuk model dengan peraturan SNI 1726-2012 dan Gambar 5.6 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 $9,81 \text{ m/s}^2$. I adalah faktor keutamaan bangunan sebesar 1 dan R adalah koefisien modifikasi respons sebesar 7.

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 orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Pada peraturan SNI 1726-2019, jumlah ragam yang disertakan harus cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dan sebagai alternatif, diizinkan memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%. Nilai partisipasi massa yang diperoleh dari program *SAP2000 v.22* berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI1726-2019 dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Partisipasi Massa

Mode	Partisipasi Massa (%)			
	SNI 1726-2012		SNI 1726-2019	
	SumUX	SumUY	SumUX	SumUY
1	17,44	9,568	17,243	9,63
2	74,904	13,792	74,605	13,858
3	75,07	72,846	74,778	72,852
4	77,311	74,359	77,016	74,367
5	88,526	75,072	88,38	75,133
6	88,947	78,841	88,796	78,795
7	89,332	90,644	89,202	90,654
8	89,455	90,89	89,331	90,898
9	93,212	91,523	93,111	91,542
10	93,212	91,524	93,112	91,543
11	93,214	91,656	93,112	91,621
12	93,214	91,657	93,112	91,622
13	93,225	91,836	93,115	91,688
14	93,257	92,249	93,132	91,947
15	93,276	92,42	93,14	92,026

Pada Tabel 5.23 dapat dilihat bahwa untuk mencapai partisipasi massa 90%, model Gedung dengan peraturan SNI 1726-2012 membutuhkan 9 mode dengan nilai sebesar 93,212% untuk arah x dan 91,523% untuk arah y. Untuk model Gedung dengan peraturan SNI 1726-2019, dibutuhkan 9 mode agar mencapai partisipasi massa 90% dengan nilai sebesar 93,111% untuk arah x dan 91,542% untuk arah y.

5.6.2 Kontrol Nilai Gaya Geser Dasar

1. SNI 1726-2012

SNI 1726-2012 menyatakan nilai gaya geser dasar dinamik respon 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 5.24.

Tabel 5.24 Kontrol Gaya Geser Dasar Respons Spektrum SNI 1726-2012

Arah	Faktor Skala		Gaya Geser Dasar			Keterangan
	U1	U2	V_S	85% V_S	V_D	
X	1,401	0,420	2298,482244	1953,710	1898,96	Koreksi SF
Y	0,420	1,401	2298,482244	1953,710	2415,835	OK

Berdasarkan Tabel 5.24, kontrol gaya geser dasar untuk arah x tidak memenuhi syarat $V_D \geq 85\% V_S$. Sehingga, nilai faktor skala respons spektrum perlu dikalikan dengan faktor skala koreksi.

$$\begin{aligned}
 SF_{\text{koreksi}} &= \frac{85\% V_S}{V_D} \\
 &= \frac{1953,710}{1898,96} \\
 &= 1,029 \\
 U_1 &= \frac{1}{R} \times g \times SF_{\text{koreksi}} \\
 &= \frac{1}{7} \times 9,81 \times 1,029
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,442 \\
 U_2 &= 30\% \times 1,442 \\
 &= 0,433
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai faktor skala baru, selanjutnya nilai tersebut dimasukkan pada *SAP 2000 v.22* dan dilakukan analisis ulang. Perbandingan nilai gaya geser dasar akhir dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 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	1,442	0,433	2298,482	1864,559	1953,988	OK
Y	0,420	1,401	2298,482	1953,710	2415,835	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 5.26 berikut.

Tabel 5.26 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	1,401	0,420	3101,128	2434,971	Koreksi SF
Y	0,420	1,401	3101,128	3101,165	OK

Berdasarkan Tabel 5.26, kontrol gaya geser dasar untuk arah x dan 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

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3101,128}{2434,971} \\
 &= 1,274 \\
 U_1 &= \frac{1}{R} \times g \times SF_{\text{koreksi}} \\
 &= \frac{1}{7} \times 9,81 \times 1,274 \\
 &= 1,785 \\
 U_2 &= 30\% \times 1,785 \\
 &= 0,535
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai faktor skala baru, selanjutnya nilai tersebut dimasukkan pada *SAP 2000 v.22* dan dilakukan analisis ulang. Perbandingan nilai gaya geser dasar akhir dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.27 Kontrol Gaya Geser Dasar Akhir Respons Spektrum SNI 1726-2019

Arah	Faktor Skala		Gaya Geser Dasar		Keterangan
	U1	U2	V _s	V _D	
X	1,785	0,535	3101,128	3101,191	OK
Y	0,420	1,401	3101,128	3101,165	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 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

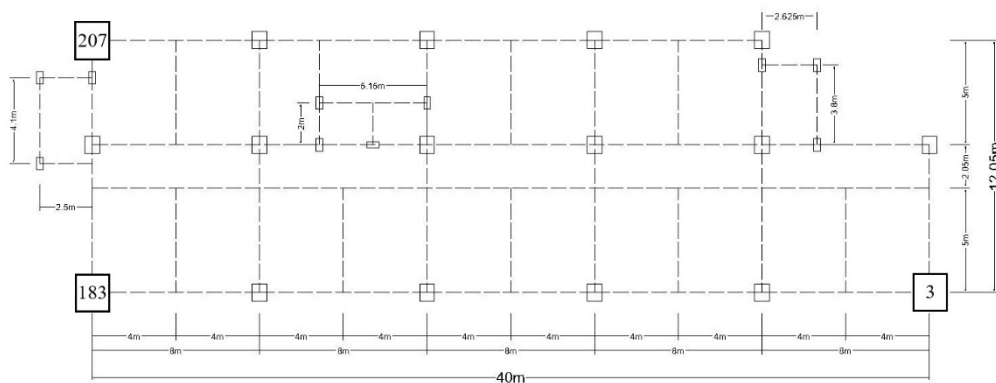
Ketentuan-ketentuan menurut SNI 1726-2012 yang ditinjau adalah sebagai berikut.

1. Ketidakberaturan torsi

Torsi adalah putaran bangunan yang terjadi akibat gaya gempa yang mengenyainya. 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.

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

Pengecekan torsi dilakukan terhadap joint-joint yang diberi symbol lingkaran pada Gambar 5.12



Gambar 5.12 Joint yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi

Perhitungan pengecekan torsi arah gempa x pada tingkat 10 dijabarkan sebagai berikut.

$$U_{x3} \text{ tingkat 10} = 40,123$$

$$U_{x3} \text{ tingkat 9} = 37,674$$

$$U_{x183} \text{ tingkat 10} = 45,108$$

$$U_{x183} \text{ tingkat 9} = 41,459$$

$$\Delta_{x3} \text{ tingkat 10} = U_{x3} \text{ tingkat 10} - U_{x3} \text{ tingkat 9}$$

$$\begin{aligned}
 &= 40,123 - 37,674 \\
 &= 2,449 \text{ mm} \\
 \Delta_{x183} \text{ tingkat 10} &= U_{x183} \text{ tingkat 10} - U_{x183} \text{ tingkat 9} \\
 &= 45,108 - 41,459 \\
 &= 3,650 \text{ mm} \\
 \Delta_{avg} &= \frac{(\Delta_{x3} \text{ tingkat 10} + \Delta_{x183} \text{ tingkat 10})}{2} \\
 &= \frac{(2,449 + 3,650)}{2} \\
 &= 3,049 \text{ mm} \\
 \Delta_{max} &= 3,650 \text{ mm} \\
 1,2 \Delta_{avg} &= 1,2 \times 3,049 \\
 &= 3,659 \text{ mm} \\
 1,4 \Delta_{avg} &= 1,4 \times 3,049 \\
 &= 4,269 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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 10 arah gempa x dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah X (SNI 1726-2012)

Tingkat	Δ_{x3} (mm)	Δ_{x183} (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	$1,2\Delta_{avg}$ (mm)	$1,4\Delta_{avg}$ (mm)	Keterangan
10	2,449	3,650	3,049	3,650	3,659	4,269	Regular
9	3,232	4,334	3,783	4,334	4,539	5,296	Regular
8	3,883	4,733	4,308	4,733	5,170	6,031	Regular
7	4,376	5,043	4,709	5,043	5,651	6,593	Regular
6	4,726	5,260	4,993	5,260	5,991	6,990	Regular
5	4,910	5,320	5,115	5,320	6,138	7,162	Regular
4	4,863	5,150	5,006	5,150	6,008	7,009	Regular
3	4,432	4,665	4,548	4,665	5,458	6,368	Regular
2	5,049	5,013	5,031	5,049	6,037	7,044	Regular
1	2,204	1,941	2,072	2,204	2,487	2,901	Regular

Perhitungan pengekan torsi arah gempa y pada tingkat 10 dijabarkan sebagai berikut.

$$U_{x183} \text{ tingkat 10} = 32,951$$

$$U_{x183} \text{ tingkat 9} = 30,478$$

$$U_{x207} \text{ tingkat 10} = 25,164$$

$$U_{x207} \text{ tingkat 9} = 22,781$$

$$\begin{aligned} \Delta_{x183} \text{ tingkat 10} &= U_{x183} \text{ tingkat 10} - U_{x183} \text{ tingkat 9} \\ &= 32,951 - 30,478 \\ &= 2,473 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{x207} \text{ tingkat 10} &= U_{x207} \text{ tingkat 10} - U_{x207} \text{ tingkat 9} \\ &= 25,164 - 22,781 \\ &= 2,383 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{avg} &= \frac{(\Delta_{x183} \text{ tingkat 10} + \Delta_{x207} \text{ tingkat 10})}{2} \\ &= \frac{(2,473 + 2,383)}{2} \\ &= 2,428 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\Delta_{max} = 2,473 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 1,2 \Delta_{avg} &= 1,2 \times 2,428 \\ &= 2,913 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,4 \Delta_{avg} &= 1,4 \times 2,428 \\ &= 3,399 \text{ mm} \end{aligned}$$

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 10 arah gempa x dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah Y (SNI 1726-2012)

Tingkat	Δ_{x183} (mm)	Δ_{x207} (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	$1,2\Delta_{avg}$ (mm)	$1,4\Delta_{avg}$ (mm)	Keterangan
10	2,473	2,383	2,428	2,473	2,913	3,399	<i>Regular</i>
9	3,132	2,789	2,960	3,132	3,553	4,145	<i>Regular</i>

Lanjutan Tabel 5.29 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah Y (SNI 1726-2012)

8	3,505	2,937	3,221	3,505	3,865	4,509	<i>Regular</i>
7	3,718	2,985	3,352	3,718	4,022	4,692	<i>Regular</i>
6	3,823	2,955	3,389	3,823	4,067	4,745	<i>Regular</i>
5	3,809	2,834	3,322	3,809	3,986	4,651	<i>Regular</i>
4	3,642	2,602	3,122	3,642	3,747	4,371	<i>Regular</i>
3	3,314	2,238	2,776	3,314	3,332	3,887	<i>Regular</i>
2	3,865	2,396	3,131	3,865	3,757	4,383	Torsi 1a
1	1,668	1,044	1,356	1,668	1,627	1,898	Torsi 1a

Berdasarkan Tabel 5.32 diketahui bahwa torsi 1a terjadi pada tingkat 1 dan 2 arah y dengan selisih antara nilai $1,2 \Delta_{avg}$ dan Δ_{max} masing-masing sebesar 0,109 mm dan 0,041 mm.

2. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ad ajika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi 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 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Rasio Bukaan Struktur Gedung

Tingkat	Luas Lantai (m²)	Luas Bukaan (m²)	Rasio Bukaan (%)
1	482	20,28	4,21
2	482	20,28	4,21
3	442	10,30	2,26
4	442	10,30	2,26
5	442	10,30	2,26
6	442	10,30	2,26
7	442	10,30	2,26
8	442	10,30	2,26
9	442	10,30	2,26
10	442	10,30	2,26

Dari Tabel 5.30, 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
- Ketidakteraturan 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 5.31 dan Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.31 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%
10	432,637	3,512	123,192				
9	885,054	3,935	224,897	OK		OK	
8	1262,765	4,366	289,213	OK		OK	
7	1571,000	4,761	329,972	OK	OK	OK	OK
6	1815,252	5,046	359,736	OK	OK	OK	OK
5	2001,331	5,165	387,455	OK	OK	OK	OK
4	2135,449	5,065	421,636	OK	OK	OK	OK
3	2224,327	4,678	475,525	OK	OK	OK	OK
2	2282,432	4,908	465,042	OK	OK	OK	OK
1	2298,482	1,965	1169,944	OK	OK	OK	OK

Tabel 5.32 Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2012)

Tingkat	Shear (kN)	Story Drift (mm)	Kekakuan (kN/mm)	1a		1b	
				Cek 70%	Cek 80%	Cek 60%	Cek 70%
10	432,637	2,395	180,622				
9	885,054	2,925	302,569	OK		OK	
8	1262,765	3,178	397,380	OK		OK	
7	1571,000	3,295	476,797	OK	OK	OK	OK
6	1815,252	3,319	546,893	OK	OK	OK	OK
5	2001,331	3,240	617,628	OK	OK	OK	OK
4	2135,449	3,032	704,292	OK	OK	OK	OK
3	2224,327	2,679	830,376	OK	OK	OK	OK
2	2282,432	3,013	757,438	OK	OK	OK	OK
1	2298,482	1,318	1743,525	OK	OK	OK	OK

Dari Tabel 5.31 dan Tabel 5.32 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 5.33 berikut.

Tabel 5.33 Kontrol Berat Bangunan (SNI 1726-2012)

Tingkat	Berat Tingkat (kN)	Persentase Terhadap Tingkat di Atasnya (%)	Persentase Terhadap Tingkat di Bawahnya (%)
1	6695,906	96,01%	
2	6974,157	113,76%	104,16%
3	6130,688	100,00%	87,91%
4	6130,688	100,00%	100,00%
5	6130,688	100,00%	100,00%
6	6130,688	100,00%	100,00%
7	6130,688	100,00%	100,00%
8	6130,688	100,00%	100,00%
9	6130,688	122,70%	100,00%
10	4996,489		81,50%

Dari Tabel 5.33 diperoleh nilai persentase berat tiap tingkat tidak lebih dari 150% tingkat di atasnya ataupun tingkat di bawahnya.

5. Ketidakberaturan geometri vertikal

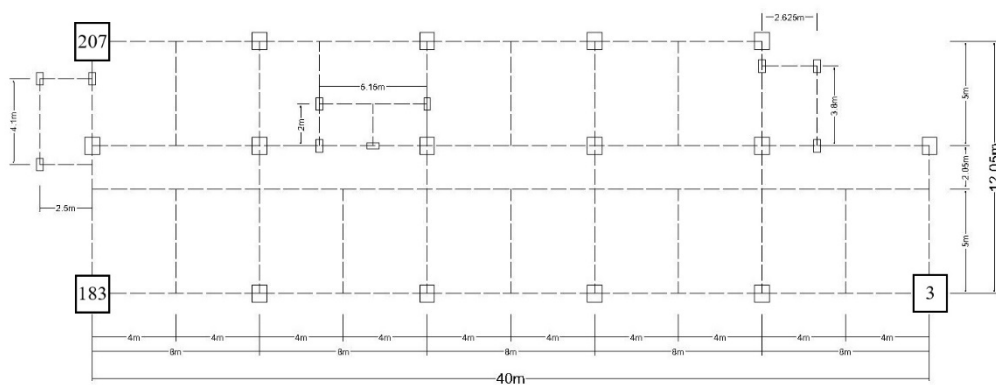
Sesuai Tabel 3.2 struktur Gedung ditetapkan sebagai Gedung tidak beraturan apabila dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di semua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya. Struktur hotel Neo tidak mengalami pengecilan atau pembesaran dimensi kolom dan dinding geser pada tingkat di atas maupun di bawahnya.

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 symbol lingkaran pada Gambar 5.13



Gambar 5.13 Joint yang Ditinjau untuk Pengecekan Torsi

Perhitungan pengecekan torsi arah gempa x pada tingkat 10 dijabarkan sebagai berikut.

$$U_{x3} \text{ tingkat 10} = 54,134$$

$$U_{x3} \text{ tingkat 9} = 50,830$$

$$U_{x183} \text{ tingkat 10} = 60,861$$

$$U_{x183} \text{ tingkat 9} = 55,937$$

$$\begin{aligned} \Delta_{x3} \text{ tingkat 10} &= U_{x3} \text{ tingkat 10} - U_{x3} \text{ tingkat 9} \\ &= 54,134 - 50,830 \\ &= 3,304 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{x183} \text{ tingkat 10} &= U_{x183} \text{ tingkat 10} - U_{x183} \text{ tingkat 9} \\ &= 60,861 - 55,937 \\ &= 4,924 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{avg} &= \frac{(\Delta_{x3} \text{ tingkat 10} + \Delta_{x183} \text{ tingkat 10})}{2} \\ &= \frac{(3,304 + 4,924)}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,114 \text{ mm} \\
 \Delta_{max} &= 4,924 \text{ mm} \\
 1,2 \Delta_{avg} &= 1,2 \times 4,114 \\
 &= 4,937 \text{ mm} \\
 1,4 \Delta_{avg} &= 1,4 \times 4,114 \\
 &= 5,760 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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 10 arah gempa x dapat dilihat pada Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah X (SNI 1726-2019)

Tingkat	Δ_{x3} (mm)	Δ_{x183} (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	$1,2\Delta_{avg}$ (mm)	$1,4\Delta_{avg}$ (mm)	Keterangan
10	3,304	4,924	4,114	4,924	4,937	5,760	<i>Regular</i>
9	4,361	5,847	5,104	5,847	6,125	7,145	<i>Regular</i>
8	5,239	6,385	5,812	6,385	6,975	8,137	<i>Regular</i>
7	5,904	6,804	6,354	6,804	7,624	8,895	<i>Regular</i>
6	6,376	7,097	6,736	7,097	8,083	9,431	<i>Regular</i>
5	6,625	7,178	6,902	7,178	8,282	9,662	<i>Regular</i>
4	6,561	6,949	6,755	6,949	8,106	9,457	<i>Regular</i>
3	5,980	6,294	6,137	6,294	7,364	8,591	<i>Regular</i>
2	6,812	6,764	6,788	6,812	8,146	9,503	<i>Regular</i>
1	2,973	2,619	2,796	2,973	3,355	3,914	<i>Regular</i>

Perhitungan pengekan torsi arah gempa y pada tingkat 10 dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 U_{x183} \text{ tingkat 10} &= 44,457 \\
 U_{x183} \text{ tingkat 9} &= 41,121 \\
 U_{x207} \text{ tingkat 10} &= 33,952 \\
 U_{x207} \text{ tingkat 9} &= 30,737 \\
 \Delta_{x183} \text{ tingkat 10} &= U_{x183} \text{ tingkat 10} - U_{x183} \text{ tingkat 9} \\
 &= 44,457 - 41,121
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,336 \text{ mm} \\
 \Delta_{x207} \text{ tingkat 10} &= U_{x207} \text{ tingkat 10} - U_{x207} \text{ tingkat 9} \\
 &= 33,952 - 30,737 \\
 &= 3,215 \text{ mm} \\
 \Delta_{avg} &= \frac{(\Delta_{x183} \text{ tingkat 10} + \Delta_{x207} \text{ tingkat 10})}{2} \\
 &= \frac{(3,336 + 3,215)}{2} \\
 &= 3,276 \text{ mm} \\
 \Delta_{max} &= 3,336 \text{ mm} \\
 1,2 \Delta_{avg} &= 1,2 \times 3,276 \\
 &= 3,931 \text{ mm} \\
 1,4 \Delta_{avg} &= 1,4 \times 3,276 \\
 &= 4,586 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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 10 arah gempa x dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Kontrol Ketidakberaturan Torsi 1a dan 1b arah Y (SNI 1726-2019)

Tingkat	Δ_{x183} (mm)	Δ_{x207} (mm)	Δ_{avg} (mm)	Δ_{max} (mm)	$1,2\Delta_{avg}$ (mm)	$1,4\Delta_{avg}$ (mm)	Keterangan
10	3,336	3,215	3,276	3,336	3,931	4,586	<i>Regular</i>
9	4,226	3,763	3,994	4,226	4,793	5,592	<i>Regular</i>
8	4,729	3,963	4,346	4,729	5,215	6,084	<i>Regular</i>
7	5,017	4,027	4,522	5,017	5,427	6,331	<i>Regular</i>
6	5,159	3,987	4,573	5,159	5,487	6,402	<i>Regular</i>
5	5,140	3,824	4,482	5,140	5,378	6,275	<i>Regular</i>
4	4,914	3,511	4,213	4,914	5,055	5,898	<i>Regular</i>
3	4,472	3,020	3,746	4,472	4,495	5,244	<i>Regular</i>
2	5,215	3,233	4,224	5,215	5,069	5,914	Torsi 1a
1	2,250	1,409	1,829	2,250	2,195	2,561	Torsi 1a

Berdasarkan Tabel 5.35 diketahui bahwa torsi 1a terjadi pada tingkat 1 dan 2 arah y dengan selisih antara nilai $1,2 \Delta_{avg}$ dan Δ_{max} masing-masing sebesar 0,146 mm dan 0,055 mm.

2. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Ketidakteraturan diskontinuitas diafragma pada SNI 1726-2019 diperhitungkan dengan cara yang sama seperti SNI 1726-2012. Dari Tabel 5.30, 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

Ketidakteraturan 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 5.36 dan Tabel 5.37 berikut.

Tabel 5.36 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%
10	583,717	4,738	123,192				
9	1194,121	5,310	224,897	OK		OK	
8	1703,731	5,891	289,213	OK		OK	
7	2119,604	6,424	329,972	OK	OK	OK	OK
6	2449,150	6,808	359,736	OK	OK	OK	OK
5	2700,210	6,969	387,455	OK	OK	OK	OK
4	2881,161	6,833	421,636	OK	OK	OK	OK
3	3001,077	6,311	475,525	OK	OK	OK	OK
2	3079,473	6,622	465,042	OK	OK	OK	OK
1	3101,128	2,651	1169,944	OK	OK	OK	OK

Tabel 5.37 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%
10	583,717	3,232	180,622				
9	1194,121	3,947	302,569	OK		OK	
8	1703,731	4,287	397,380	OK		OK	
7	2119,604	4,446	476,797	OK	OK	OK	OK

Lanjutan Tabel 5.37 Kontrol Kekakuan Lateral Arah Y (SNI 1726-2019)

6	2449,150	4,478	546,893	OK	OK	OK	OK
5	2700,210	4,372	617,628	OK	OK	OK	OK
4	2881,161	4,091	704,292	OK	OK	OK	OK
3	3001,077	3,614	830,376	OK	OK	OK	OK
2	3079,473	4,066	757,438	OK	OK	OK	OK
1	3101,128	1,779	1743,525	OK	OK	OK	OK

Dari Tabel 5.36 dan Tabel 5.37 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)

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma pada SNI 1726-2019 diperhitungkan dengan cara yang sama seperti SNI 1726-2012. Dari Tabel 5.33 diperoleh nilai persentase berat tiap tingkat tidak lebih dari 150% tingkat di atasnya ataupun tingkat di bawahnya.

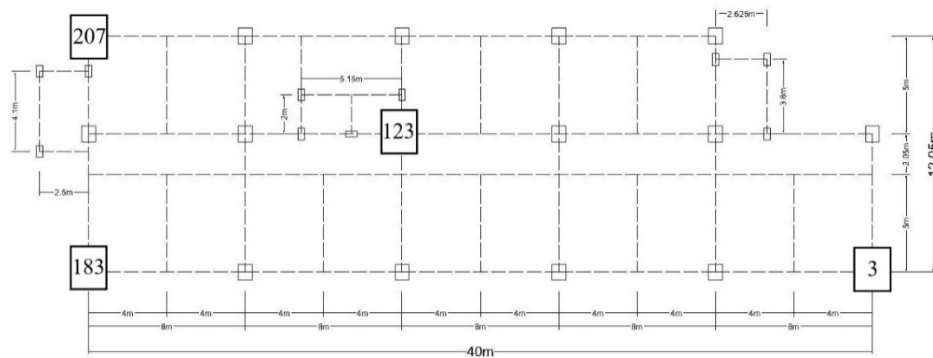
5. Ketidakberaturan geometri vertikal

Sesuai Tabel 3.2 struktur Gedung ditetapkan sebagai Gedung tidak beraturan apabila dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di semua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya. Struktur hotel Neo tidak mengalami pengecilan atau pembesaran dimensi kolom dan dinding geser pada tingkat di atas maupun di bawahnya.

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 5.14



Gambar 5.14 Tampak Atas *Joint* yang Ditinjau

5.8.1 Perbandingan Simpangan Akibat Beban Respons Spektrum

Simpangan (*Displacement*) merupakan salah satu parameter penting di dalam perencanaan struktur bangunan. Simpangan adalah besarnya perpindahan dari suatu tingkat yang diukur berdasarkan tingkat didasarnya. Nilai simpangan didapatkan dari hasil analisis gedung dengan bantuan program *SAP2000 v.22*. Rekapitulasi nilai simpangan elastis arah x dan y akibat beban respons spektrum dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

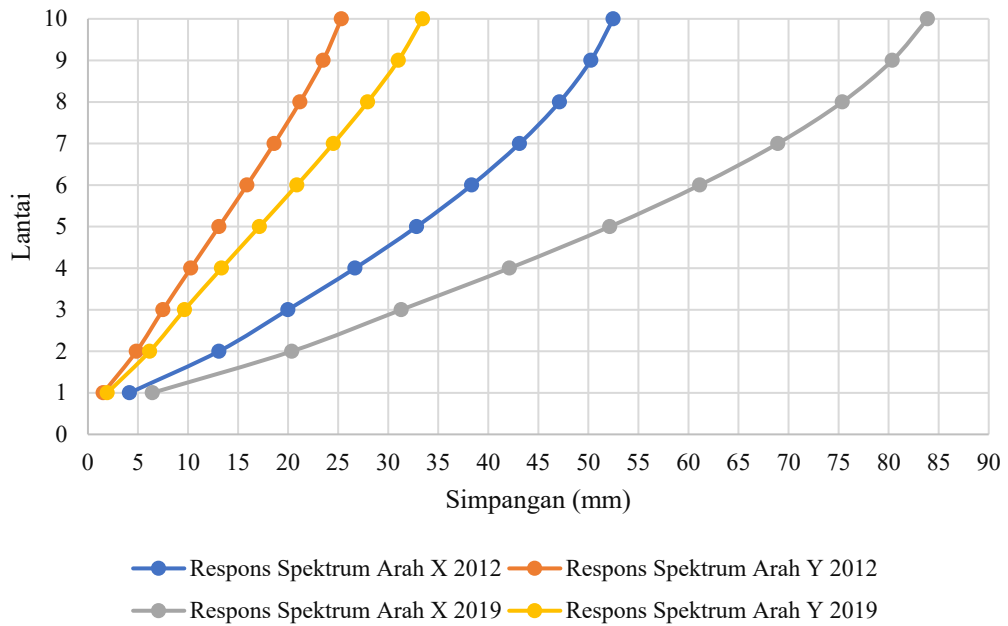
Tabel 5.38 Rekapitulasi Nilai Simpangan Akibat beban Gempa Respons Spektrum Arah X dan Y

<i>Joint</i>	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)
3	1	4,161	1,538	6,438	1,936
	2	13,090	4,850	20,372	6,178
	3	19,981	7,506	31,316	9,661
	4	26,689	10,283	42,124	13,358
	5	32,846	13,101	52,148	17,135
	6	38,344	15,896	61,137	20,885
	7	43,126	18,614	68,930	24,521
	8	47,127	21,188	75,384	27,951
	9	50,251	23,499	80,361	31,019
	10	52,488	25,324	83,893	33,441

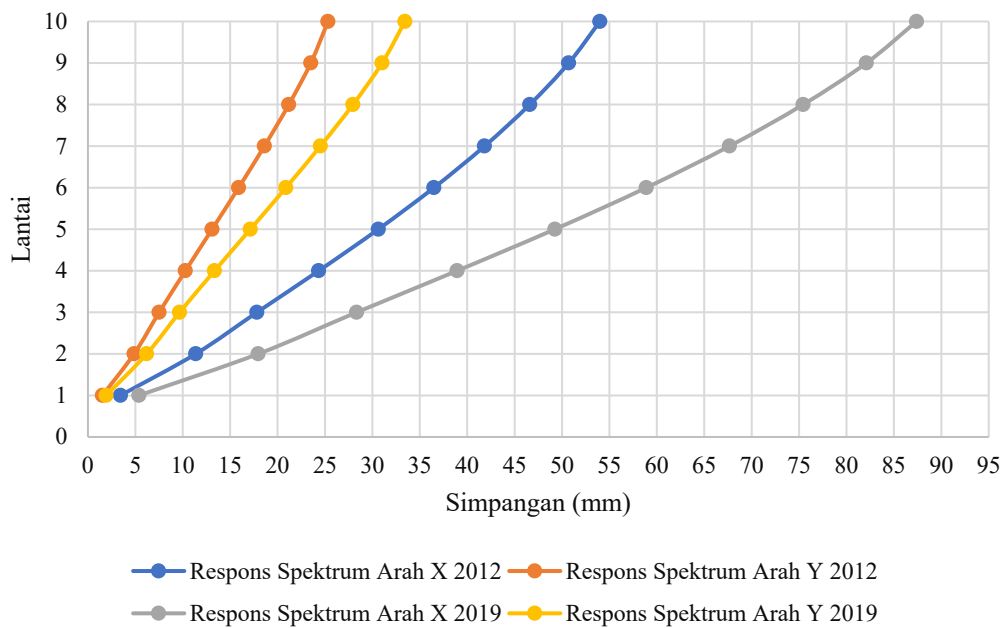
**Lanjutan Tabel 5.38 Rekapitulasi Nilai Simpangan Akibat beban Gempa
Respons Spektrum Arah X dan Y**

183	1	3,435	1,528	5,388	1,922
	2	11,372	4,868	17,966	6,201
	3	17,827	7,516	28,341	9,674
	4	24,347	10,282	38,943	13,357
	5	30,633	13,099	49,249	17,133
	6	36,494	15,895	58,892	20,884
	7	41,832	18,613	67,659	24,521
	8	46,594	21,190	75,431	27,953
	9	50,710	23,503	82,100	31,025
	10	53,993	25,319	87,392	33,435
207	1	3,432	1,398	5,384	1,819
	2	11,374	4,443	17,970	5,834
	3	17,807	7,099	28,309	9,377
	4	24,322	10,042	38,904	13,330
	5	30,607	13,129	49,209	17,491
	6	36,471	16,253	58,855	21,703
	7	41,813	19,334	67,627	25,849
	8	46,578	22,306	75,405	29,834
	9	50,694	25,070	82,073	33,528
	10	53,969	27,377	87,352	36,605
123	1	1,572	1,225	2,548	1,581
	2	5,320	3,893	8,699	5,083
	3	8,762	6,184	14,410	8,147
	4	12,408	8,729	20,518	11,583
	5	16,076	11,424	26,668	15,232
	6	19,607	14,180	32,590	18,962
	7	22,913	16,926	38,118	22,667
	8	25,946	19,589	43,156	26,249
	9	28,693	22,049	47,688	29,547
	10	31,162	24,054	51,737	32,231

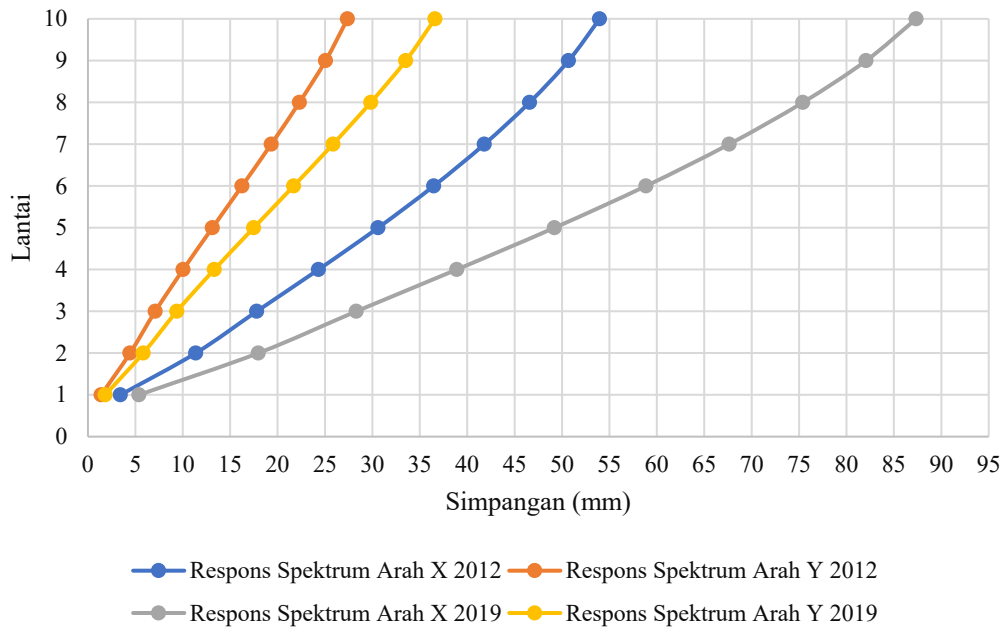
Dari nilai simpangan pada Tabel 5.38 dapat dibuat grafik perbandingan simpangan akibat beban gempa respons spektrum arah x dan arah y. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.15 hingga Gambar 5.18.



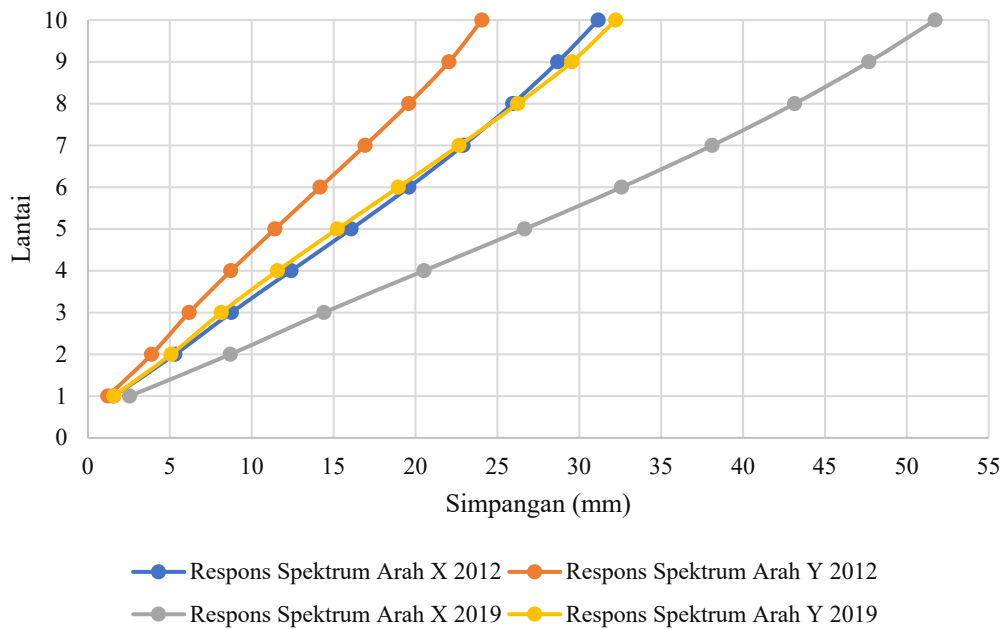
Gambar 5.15 Perbandingan Simpangan *Joint 3* Akibat Beban Respons Spektrum



Gambar 5.16 Perbandingan Simpangan *Joint 183* Akibat Beban Respons Spektrum



Gambar 5.17 Perbandingan Simpangan *Joint* 207 Akibat Beban Respons Spektrum



Gambar 5.18 Perbandingan Simpangan *Joint* 123 Akibat Beban Respons Spektrum

Berdasarkan Tabel 5.38 dapat dilihat simpangan akibat beban gempa respons spektrum arah x maksimum terdapat pada *joint* 183 lantai 10 yaitu sebesar 53,993 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 87,392 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 33,398 mm. Untuk arah y simpangan maksimum terdapat pada *joint* 207 lantai 10 yaitu sebesar 27,377 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 36,605 untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 9,228 mm. Nilai simpangan menurut peraturan SNI 1726-2019 memiliki nilai yang besar daripada SNI 1726-2012. Hal ini disebabkan oleh beban gempa respons spektrum SNI 1726-2019 yang bernilai lebih besar.

5.8.2 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Respons Spektrum

Untuk menghitung simpangan antar tingkat diperlukan nilai simpangan yang dapat dilihat pada Tabel 5.38 rekapitulasi nilai simpangan elastis akibat beban gempa respons spektrum.

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 respons spektrum pada *joint* 3 arah x dijabarkan sebagai berikut.

Diketahui:

Perpindahan elastis tingkat 1 (δ_{e1})	= 4,161 mm
Perpindahan elastis tingkat 2 (δ_{e2})	= 13,090 mm
Faktor keutamaan gedung (I)	= 1
Faktor pembesaran defleksi (C_d)	= 5,5
Faktor redudansi (ρ)	= 1
Tinggi tingkat 2 (h_s)	= 4200 mm

Maka, simpangan antar tingkat 2 dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= \frac{C_d(\delta_{e2}-\delta_{e1})}{I_e} < 0,02 \frac{h_s}{\rho} \\ &= \frac{5,5 \times (13,090-4,161)}{1} < 0,02 \frac{4200}{1} \\ &= 49,11 < 84,000 \text{ mm}\end{aligned}$$

Rekapitulasi simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik ekuivalen pada setiap *joint* yang ditinjau arah x dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2012)

<i>Joint</i>	Tingkat	h_s (mm)	<i>Displacement,</i> δ_i (mm)	<i>Story Drift,</i> Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
3	1	3600	4,161	22,89	72,000	OK
	2	4200	13,090	49,11	84,000	OK
	3	3200	19,981	37,90	64,000	OK
	4	3200	26,689	36,89	64,000	OK
	5	3200	32,846	33,87	64,000	OK
	6	3200	38,344	30,24	64,000	OK
	7	3200	43,126	26,30	64,000	OK
	8	3200	47,127	22,00	64,000	OK
	9	3200	50,251	17,18	64,000	OK
	10	3200	52,488	12,30	63,000	OK
183	1	3600	3,435	18,89	72,000	OK
	2	4200	11,372	43,65	84,000	OK
	3	3200	17,827	35,50	64,000	OK
	4	3200	24,347	35,86	64,000	OK
	5	3200	30,633	34,57	64,000	OK
	6	3200	36,494	32,24	64,000	OK
	7	3200	41,832	29,36	64,000	OK
	8	3200	46,594	26,19	64,000	OK
	9	3200	50,710	22,64	64,000	OK
	10	3200	53,993	18,06	63,000	OK
207	1	3600	3,432	18,88	72,000	OK
	2	4200	11,374	43,68	84,000	OK
	3	3200	17,807	35,38	64,000	OK
	4	3200	24,322	35,83	64,000	OK
	5	3200	30,607	34,57	64,000	OK
	6	3200	36,471	32,25	64,000	OK
	7	3200	41,813	29,38	64,000	OK
	8	3200	46,578	26,21	64,000	OK

**Lanjutan Tabel 5.39 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X
Respons Spektrum (SNI 1726-2012)**

207	9	3200	50,694	22,64	64,000	OK
	10	3200	53,969	18,01	63,000	OK
123	1	3600	1,572	8,64	72,000	OK
	2	4200	5,320	20,62	84,000	OK
	3	3200	8,762	18,93	64,000	OK
	4	3200	12,408	20,06	64,000	OK
	5	3200	16,076	20,17	64,000	OK
	6	3200	19,607	19,42	64,000	OK
	7	3200	22,913	18,19	64,000	OK
	8	3200	25,946	16,68	64,000	OK
	9	3200	28,693	15,11	64,000	OK
	10	3200	31,162	13,58	63,000	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 respons spektrum dapat dilihat Tabel 5.40 berikut.

**Tabel 5.40 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons
Spektrum (SNI 1726-2012)**

<i>Joint</i>	Tingkat	h_s (mm)	<i>Displacement,</i> δ_i (mm)	<i>Story Drift,</i> Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
3	1	3600	1,538	8,46	72,000	OK
	2	4200	4,850	18,22	84,000	OK
	3	3200	7,506	14,61	64,000	OK
	4	3200	10,283	15,27	64,000	OK
	5	3200	13,101	15,50	64,000	OK
	6	3200	15,896	15,38	64,000	OK
	7	3200	18,614	14,95	64,000	OK
	8	3200	21,188	14,16	64,000	OK
	9	3200	23,499	12,71	64,000	OK
	10	3200	25,324	10,04	63,000	OK
183	1	3600	1,528	8,40	72,000	OK
	2	4200	4,868	18,37	84,000	OK
	3	3200	7,516	14,56	64,000	OK
	4	3200	10,282	15,21	64,000	OK
	5	3200	13,099	15,49	64,000	OK
	6	3200	15,895	15,38	64,000	OK
	7	3200	18,613	14,95	64,000	OK

**Lanjutan Tabel 5.40 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y
Respons Spektrum (SNI 1726-2012)**

183	8	3200	21,190	14,17	64,000	OK
	9	3200	23,503	12,72	64,000	OK
	10	3200	25,319	9,99	63,000	OK
207	1	3600	1,398	7,69	72,000	OK
	2	4200	4,443	16,75	84,000	OK
	3	3200	7,099	14,61	64,000	OK
	4	3200	10,042	16,19	64,000	OK
	5	3200	13,129	16,98	64,000	OK
	6	3200	16,253	17,18	64,000	OK
	7	3200	19,334	16,95	64,000	OK
	8	3200	22,306	16,34	64,000	OK
	9	3200	25,070	15,21	64,000	OK
	10	3200	27,377	12,69	63,000	OK
123	1	3600	1,225	6,74	72,000	OK
	2	4200	3,893	14,67	84,000	OK
	3	3200	6,184	12,60	64,000	OK
	4	3200	8,729	14,00	64,000	OK
	5	3200	11,424	14,82	64,000	OK
	6	3200	14,180	15,16	64,000	OK
	7	3200	16,926	15,10	64,000	OK
	8	3200	19,589	14,65	64,000	OK
	9	3200	22,049	13,53	64,000	OK
	10	3200	24,054	11,03	63,000	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 respons spektrum pada *joint 3* arah x dijabarkan sebagai berikut.

Diketahui:

Perpindahan elastis tingkat 1 (δ_{e1})	= 6,438 mm
Perpindahan elastis tingkat 2 (δ_{e2})	= 20,372 mm
Faktor keutamaan gedung (I)	= 1
Faktor pembesaran defleksi (C_d)	= 5,5
Faktor redudansi (ρ)	= 1

$$\text{Tinggi tingkat 2 (h}_s\text{)} = 4200 \text{ mm}$$

Maka, simpangan antar tingkat 2 dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= \frac{C_d(\delta_{e2}-\delta_{e1})}{I_e} < 0,02 \frac{h_s}{\rho} \\ &= \frac{5,5 \times (20,372-6,438)}{1} < 0,02 \frac{4200}{1} \\ &= 76,64 < 84,000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rekapitulasi simpangan antar tingkat akibat beban gempa statik ekuivalen pada setiap *joint* yang ditinjau arah x dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X Respons Spektrum (SNI 1726-2019)

<i>Joint</i>	Tingkat	h _s (mm)	Displacement, δ _i (mm)	Story Drift, Δ _i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ _s /ρ (mm)	Keterangan
3	1	3600	6,438	35,41	72,000	OK
	2	4200	20,372	76,64	84,000	OK
	3	3200	31,316	60,19	64,000	OK
	4	3200	42,124	59,45	64,000	OK
	5	3200	52,148	55,13	64,000	OK
	6	3200	61,137	49,44	64,000	OK
	7	3200	68,930	42,86	64,000	OK
	8	3200	75,384	35,50	64,000	OK
	9	3200	80,361	27,38	64,000	OK
	10	3200	83,893	19,42	63,000	OK
183	1	3600	5,388	29,64	72,000	OK
	2	4200	17,966	69,18	84,000	OK
	3	3200	28,341	57,06	64,000	OK
	4	3200	38,943	58,31	64,000	OK
	5	3200	49,249	56,68	64,000	OK
	6	3200	58,892	53,04	64,000	OK
	7	3200	67,659	48,22	64,000	OK
	8	3200	75,431	42,75	64,000	OK
	9	3200	82,100	36,68	64,000	OK
	10	3200	87,392	29,11	63,000	OK
207	1	3600	5,384	29,61	72,000	OK
	2	4200	17,970	69,22	84,000	OK
	3	3200	28,309	56,87	64,000	OK

**Lanjutan Tabel 5.41 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah X
Respons Spektrum (SNI 1726-2019)**

207	4	3200	38,904	58,27	64,000	OK
	5	3200	49,209	56,68	64,000	OK
	6	3200	58,855	53,05	64,000	OK
	7	3200	67,627	48,25	64,000	OK
	8	3200	75,405	42,78	64,000	OK
	9	3200	82,073	36,67	64,000	OK
	10	3200	87,352	29,04	63,000	OK
123	1	3600	2,548	14,01	72,000	OK
	2	4200	8,699	33,83	84,000	OK
	3	3200	14,410	31,41	64,000	OK
	4	3200	20,518	33,59	64,000	OK
	5	3200	26,668	33,82	64,000	OK
	6	3200	32,590	32,57	64,000	OK
	7	3200	38,118	30,40	64,000	OK
	8	3200	43,156	27,71	64,000	OK
	9	3200	47,688	24,93	64,000	OK
	10	3200	51,737	22,27	63,000	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 brban gempa respons spektrum dapat dilihat Tabel 5.42 berikut.

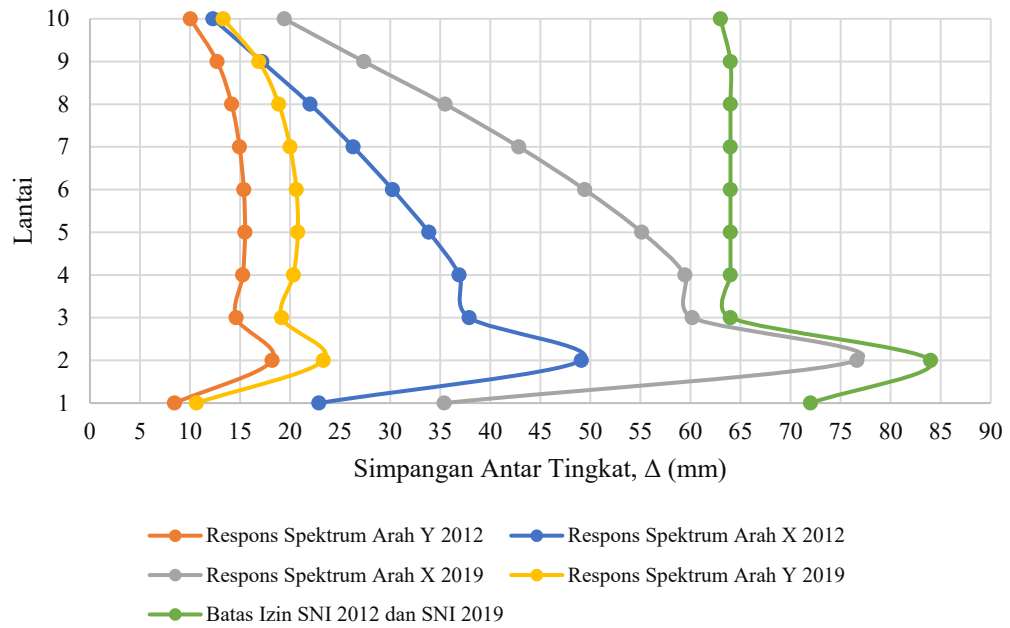
**Tabel 5.42 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y Respons
Spektrum (SNI 1726-2019)**

<i>Joint</i>	Tingkat	h_s (mm)	<i>Displacement,</i> δ_i (mm)	<i>Story Drift,</i> Δ_i (mm)	Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a/ρ (mm)	Keterangan
3	1	3600	1,936	10,65	72,000	OK
	2	4200	6,178	23,33	84,000	OK
	3	3200	9,661	19,16	64,000	OK
	4	3200	13,358	20,33	64,000	OK
	5	3200	17,135	20,77	64,000	OK
	6	3200	20,885	20,63	64,000	OK
	7	3200	24,521	20,00	64,000	OK
	8	3200	27,951	18,86	64,000	OK
	9	3200	31,019	16,88	64,000	OK
	10	3200	33,441	13,32	63,000	OK
183	1	3600	1,922	10,57	72,000	OK
	2	4200	6,201	23,53	84,000	OK

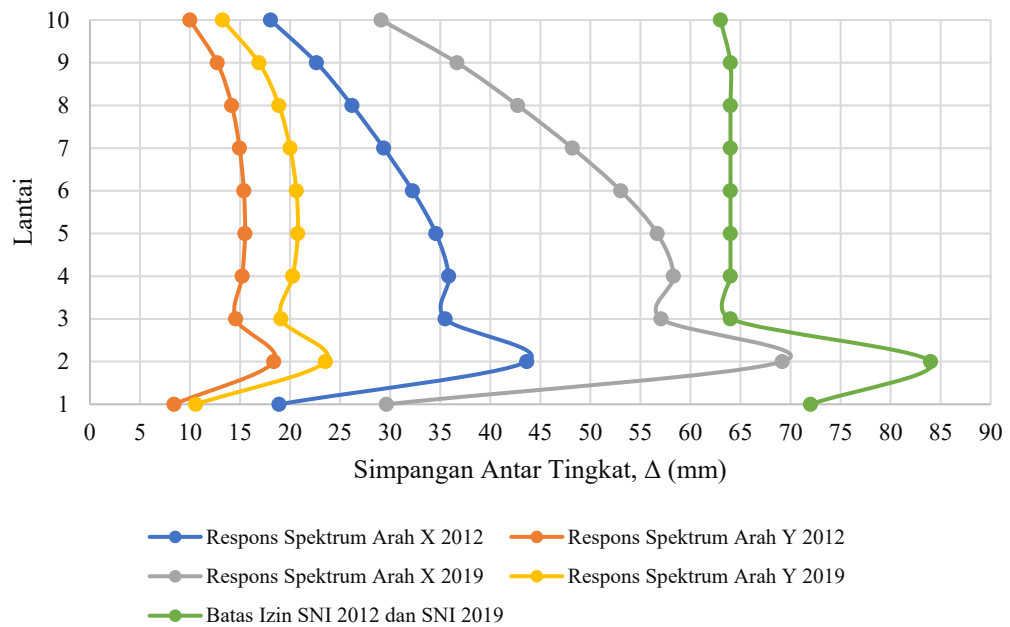
**Lanjutan Tabel 5.42 Rekapitulasi Simpangan Antar Tingkat Arah Y
Respons Spektrum (SNI 1726-2019)**

183	3	3200	9,674	19,10	64,000	OK
	4	3200	13,357	20,26	64,000	OK
	5	3200	17,133	20,77	64,000	OK
	6	3200	20,884	20,63	64,000	OK
	7	3200	24,521	20,00	64,000	OK
	8	3200	27,953	18,88	64,000	OK
	9	3200	31,025	16,89	64,000	OK
	10	3200	33,435	13,25	63,000	OK
207	1	3600	1,819	10,01	72,000	OK
	2	4200	5,834	22,08	84,000	OK
	3	3200	9,377	19,49	64,000	OK
	4	3200	13,330	21,74	64,000	OK
	5	3200	17,491	22,88	64,000	OK
	6	3200	21,703	23,17	64,000	OK
	7	3200	25,849	22,81	64,000	OK
	8	3200	29,834	21,91	64,000	OK
	9	3200	33,528	20,32	64,000	OK
	10	3200	36,605	16,92	63,000	OK
123	1	3600	1,581	8,69	72,000	OK
	2	4200	5,083	19,26	84,000	OK
	3	3200	8,147	16,86	64,000	OK
	4	3200	11,583	18,90	64,000	OK
	5	3200	15,232	20,07	64,000	OK
	6	3200	18,962	20,52	64,000	OK
	7	3200	22,667	20,38	64,000	OK
	8	3200	26,249	19,70	64,000	OK
	9	3200	29,547	18,14	64,000	OK
	10	3200	32,231	14,77	63,000	OK

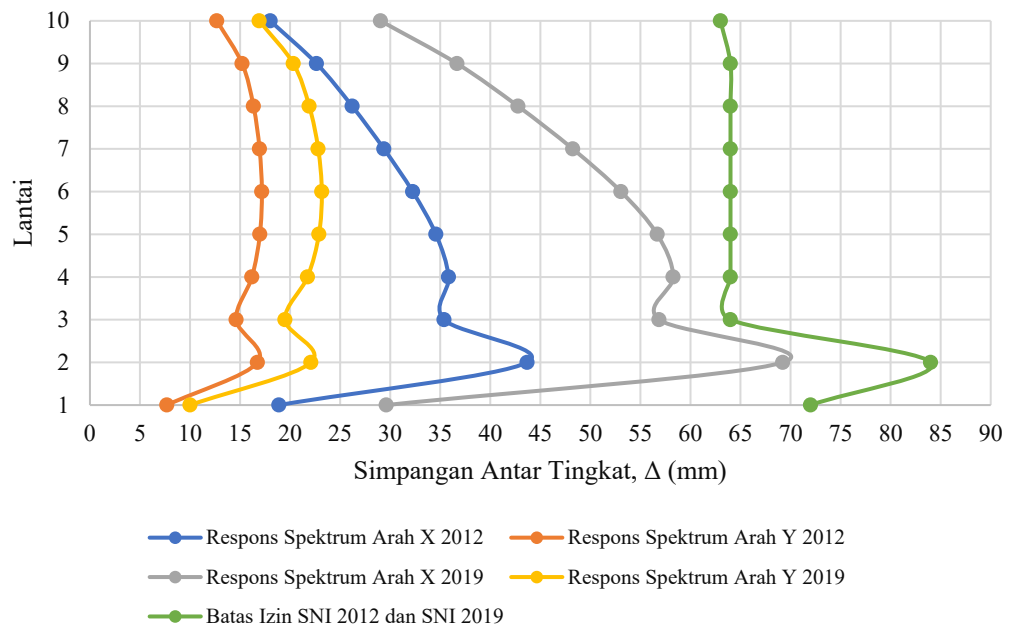
Dari nilai simpangan antar tingkat pada Tabel 5.39 hingga Tabel 5.42 dapat dibuat grafik perbandingan simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum sesuai batas syarat SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.19 hingga Gambar 5.22.



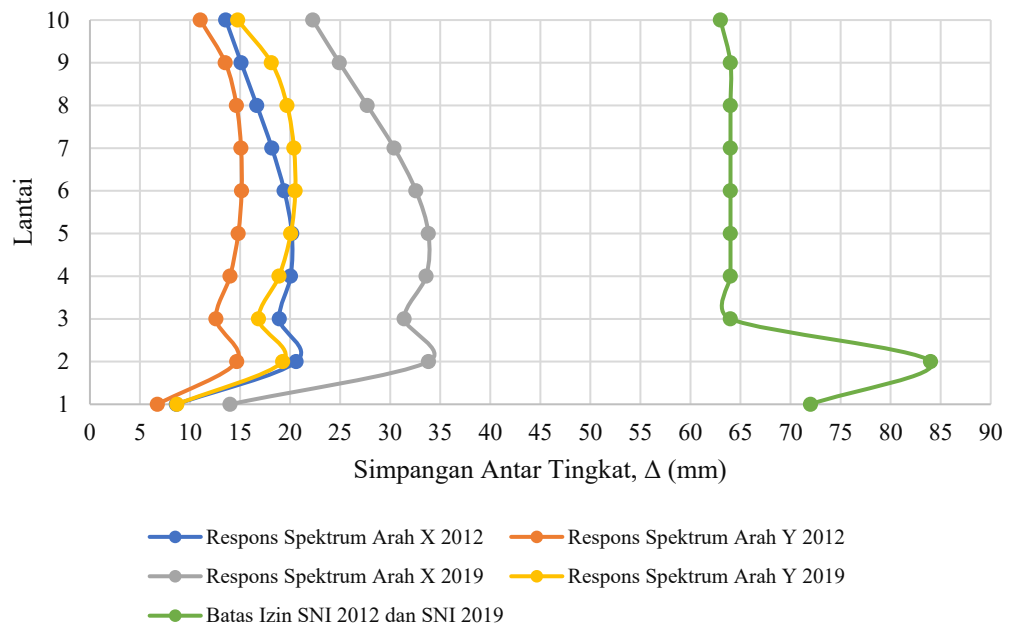
Gambar 5.19 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint 3* Akibat Beban Respons Spektrum



Gambar 5.20 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint 183* Akibat Beban Respons Spektrum



Gambar 5.21 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 207 Akibat Beban Respons Spektrum



Gambar 5.22 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat *Joint* 123 Akibat Beban Respons Spektrum

5.8.3 Perbandingan *Drift Ratio* Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Nilai *drift ratio* diperoleh dari simpangan antar tingkat dibagi dengan tinggi tingkat. Rekapitulasi perbandingan *drift ratio* akibat beban gempa respons spektrum dapat dilihat pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 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
3	1	3600	0,636%	0,984%	0,235%	0,296%
	2	4200	1,169%	1,825%	0,434%	0,556%
	3	3200	1,184%	1,881%	0,457%	0,599%
	4	3200	1,153%	1,858%	0,477%	0,635%
	5	3200	1,058%	1,723%	0,484%	0,649%
	6	3200	0,945%	1,545%	0,480%	0,645%
	7	3200	0,822%	1,339%	0,467%	0,625%
	8	3200	0,688%	1,109%	0,442%	0,589%
	9	3200	0,537%	0,855%	0,397%	0,527%
	10	3150	0,391%	0,617%	0,319%	0,423%
183	1	3600	0,525%	0,823%	0,233%	0,294%
	2	4200	1,039%	1,647%	0,437%	0,560%
	3	3200	1,110%	1,783%	0,455%	0,597%
	4	3200	1,121%	1,822%	0,475%	0,633%
	5	3200	1,080%	1,771%	0,484%	0,649%
	6	3200	1,007%	1,657%	0,481%	0,645%
	7	3200	0,918%	1,507%	0,467%	0,625%
	8	3200	0,818%	1,336%	0,443%	0,590%
	9	3200	0,708%	1,146%	0,398%	0,528%
	10	3150	0,573%	0,924%	0,317%	0,421%
207	1	3600	0,524%	0,823%	0,214%	0,278%
	2	4200	1,040%	1,648%	0,399%	0,526%
	3	3200	1,106%	1,777%	0,456%	0,609%
	4	3200	1,120%	1,821%	0,506%	0,679%
	5	3200	1,080%	1,771%	0,531%	0,715%
	6	3200	1,008%	1,658%	0,537%	0,724%
	7	3200	0,918%	1,508%	0,530%	0,713%
	8	3200	0,819%	1,337%	0,511%	0,685%
	9	3200	0,707%	1,146%	0,475%	0,635%
	10	3150	0,572%	0,922%	0,403%	0,537%
123	1	3600	0,240%	0,389%	0,187%	0,242%
	2	4200	0,491%	0,806%	0,349%	0,459%
	3	3200	0,592%	0,982%	0,394%	0,527%
	4	3200	0,627%	1,050%	0,437%	0,590%

Lanjutan Tabel 5.43 Perbandingan *Drift Ratio* Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

	5	3200	0,630%	1,057%	0,463%	0,627%
	6	3200	0,607%	1,018%	0,474%	0,641%
	7	3200	0,568%	0,950%	0,472%	0,637%
	8	3200	0,521%	0,866%	0,458%	0,616%
	9	3200	0,472%	0,779%	0,423%	0,567%
	10	3150	0,431%	0,707%	0,350%	0,469%

Setelah melakukan analisis statik ekuivalen dan respons spektrum pada Hotel NEO, didapatkan perbandingan perilaku struktur berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019, maka hasil analisis secara keseluruhan dapat dirangkum dalam Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

No.	Parameter	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019	Selisih
1	Kategori risiko	II	II	-
2	Faktor keutamaan gempa	I = 1	I = 1	0 %
3	Kelas situs	SD	SD	-
4	Peta gempa	2010	2017	-
5	Percepatan respons spektral	$S_S = 1,165 \text{ g}$	$S_S = 1,143 \text{ g}$	1,925%
		$S_I = 0,430 \text{ g}$	$S_I = 0,508 \text{ g}$	18,14%
6	Koefisien situs	$F_a = 1,034$	$F_a = 1,043$	0,8%
		$F_v = 1,57$	$F_v = 1,792$	14,14%
7	Percepatan spektrum respons	$S_{MS} = 1,205 \text{ g}$	$S_{MS} = 1,192 \text{ g}$	1,091%
		$S_{M1} = 0,675 \text{ g}$	$S_{M1} = 0,911 \text{ g}$	34,963%
8	Percepatan spektral desain	$S_{DS} = 0,803 \text{ g}$	$S_{DS} = 0,794 \text{ g}$	1,134%
		$S_{D1} = 0,450 \text{ g}$	$S_{D1} = 0,607 \text{ g}$	34,889%
9	Periode spektrum respons desain	$T_0 = 0,112 \text{ detik}$	$T_0 = 0,153 \text{ detik}$	36,607%
		$T_S = 0,560 \text{ detik}$	$T_S = 0,764 \text{ detik}$	36,429
			$T_L = 6 \text{ detik}$	-
10.	Penentuan faktor respons gempa	Untuk $T < T_0$, $S_a = 0,321 \text{ g}$	Untuk $T < T_0$, $S_a = 0,318 \text{ g}$	0,943%
		Untuk $T_0 \leq T \leq T_S$, $S_a = 0,803 \text{ g}$	Untuk $T_0 \leq T \leq T_S$, $S_a = 0,794 \text{ g}$	1,134%
		Untuk $T > T_S$, $S_a = 0,681 \text{ g}$	Untuk $T_S < T \leq T_L$, $S_a = 0,703 \text{ g}$	3,231%
			Untuk $T > T_L$, $S_a = 0,075 \text{ g}$	-
11	Faktor reduksi gempa	7 (Sistem Ganda)	7 (Sistem Ganda)	0%
12		$T_c = 1,723 \text{ detik}$	$T_c = 1,723 \text{ detik}$	0%

	Waktu getar fundamental	$T_a = 0,677$ detik	$T_a = 0,677$ detik	0%
		$T_{max} = 0,948$ detik	$T_{max} = 0,948$ detik	0%
		$T_{pakai} = 1,723$ detik	$T_{pakai} = 1,723$ detik	0%
13	Koefisien respons seismik	$C_s = 0,1147$ g	$C_s = 0,1135$ g	1,057%
		$C_{s\ max} = 0,0373$ g	$C_{s\ max} = 0,0504$ g	35,121%
		$C_{s\ min} = 0,0353$ g	$C_{s\ min} = 0,035$ g	0,857%
		$C_{s\ pakai} = 0,0373$ g	$C_{s\ pakai} = 0,0504$ g	35,121%
14	Berat efektif bangunan	$W_e = 61581,365$ kN	$W_e = 61581,365$ kN	0%
15	Distribusi vertikal gaya gempa	$F_1 = 16,050$ kN	$F_1 = 21,654$ kN	34,921%
		$F_2 = 58,105$ kN	$F_2 = 78,396$ kN	34,921%
		$F_3 = 88,879$ kN	$F_3 = 119,916$ kN	34,921%
		$F_4 = 134,117$ kN	$F_4 = 180,952$ kN	34,921%
		$F_5 = 186,080$ kN	$F_5 = 251,060$ kN	34,921%
		$F_6 = 244,251$ kN	$F_6 = 329,546$ kN	34,921%
		$F_7 = 308,235$ kN	$F_7 = 415,872$ kN	34,921%
		$F_8 = 377,711$ kN	$F_8 = 509,610$ kN	34,921%
		$F_9 = 452,417$ kN	$F_9 = 610,404$ kN	34,921%
		$F_{10} = 432,637$ kN	$F_{10} = 583,717$ kN	34,921%
16	Simpangan hasil analisis respons spektrum arah x	δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 183 sebesar 53,993 mm	δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 183 sebesar 87,392 mm	61,856%
17	Simpangan hasil analisis respons spektrum arah y	δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 207 sebesar 27,377 mm	δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 207 sebesar 36,605 mm	33,706%
18	Simpangan antar tingkat hasil analisis respons spektrum arah x	Δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 3 sebesar 49,106 mm	Δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 3 sebesar 76,642 mm	56,075%
19	Simpangan antar tingkat hasil analisis respons spektrum arah y	Δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 183 sebesar 18,375 mm	Δ_{max} terdapat pada <i>joint</i> 183 sebesar 23,535 mm	28,084%
20	<i>Drift ratio</i> hasil analisis respons spektrum arah x	DR_{max} terdapat pada <i>joint</i> 3 sebesar 1,184%	DR_{max} terdapat pada <i>joint</i> 3 sebesar 1,881%	58,804%
21	<i>Drift ratio</i> hasil analisis respons spektrum arah y	DR_{max} terdapat pada <i>joint</i> 207 sebesar 0,537%	DR_{max} terdapat pada <i>joint</i> 207 sebesar 0,724%	34,850%

Diketahui dari hasil perbandingan simpangan, simpangan antar tingkat dan *drift ratio* berdasarkan peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019, nilai-nilai pada SNI 1726-2019 relatif lebih besar daripada SNI 1726-2012.

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 sebagai berikut:

1. Nilai gaya geser dasar mengalami peningkatan dari 2298,482 kN untuk SNI 1726-2012 menjadi 3101,128 kN untuk SNI 1726-2019 dengan persentase peningkatan sebesar 34,921%. Peningkatan tersebut dipengaruhi oleh faktor respons gempa atau koefisien respons seismik (C_s).
2. Nilai simpangan, simpangan antar tingkat dan rasio simpangan antar tingkat akibat beban gempa respons spektrum.
 - a. Simpangan maksimum hasil analisis respons spektrum arah x terdapat pada *joint* 183 lantai 10 yaitu sebesar 53,993 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 87,932 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 61,856%. Untuk arah y simpangan maksimum terdapat pada *joint* 207 lantai 10 yaitu sebesar 27,377 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 36,605 untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 33,706%.
 - b. Simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis respons spektrum arah x terdapat pada *joint* 3 lantai 2 sebesar 49,106 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 76,642 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 56,075%. Untuk arah y simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 183 lantai 2 sebesar 18,375 mm untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 23,535 mm untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 28,084%.
 - c. Rasio simpangan antar tingkat maksimum hasil analisis respons spektrum arah x terdapat pada *joint* 3 lantai 3 sebesar 1,184% untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 1,881% untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih

sebesar 58,804%. Untuk arah y rasio simpangan antar tingkat maksimum terdapat pada *joint* 207 lantai 6 sebesar 0,537% untuk peraturan SNI 1726-2012 dan 0,724% untuk peraturan SNI 1726-2019 dengan selisih sebesar 34,850%.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

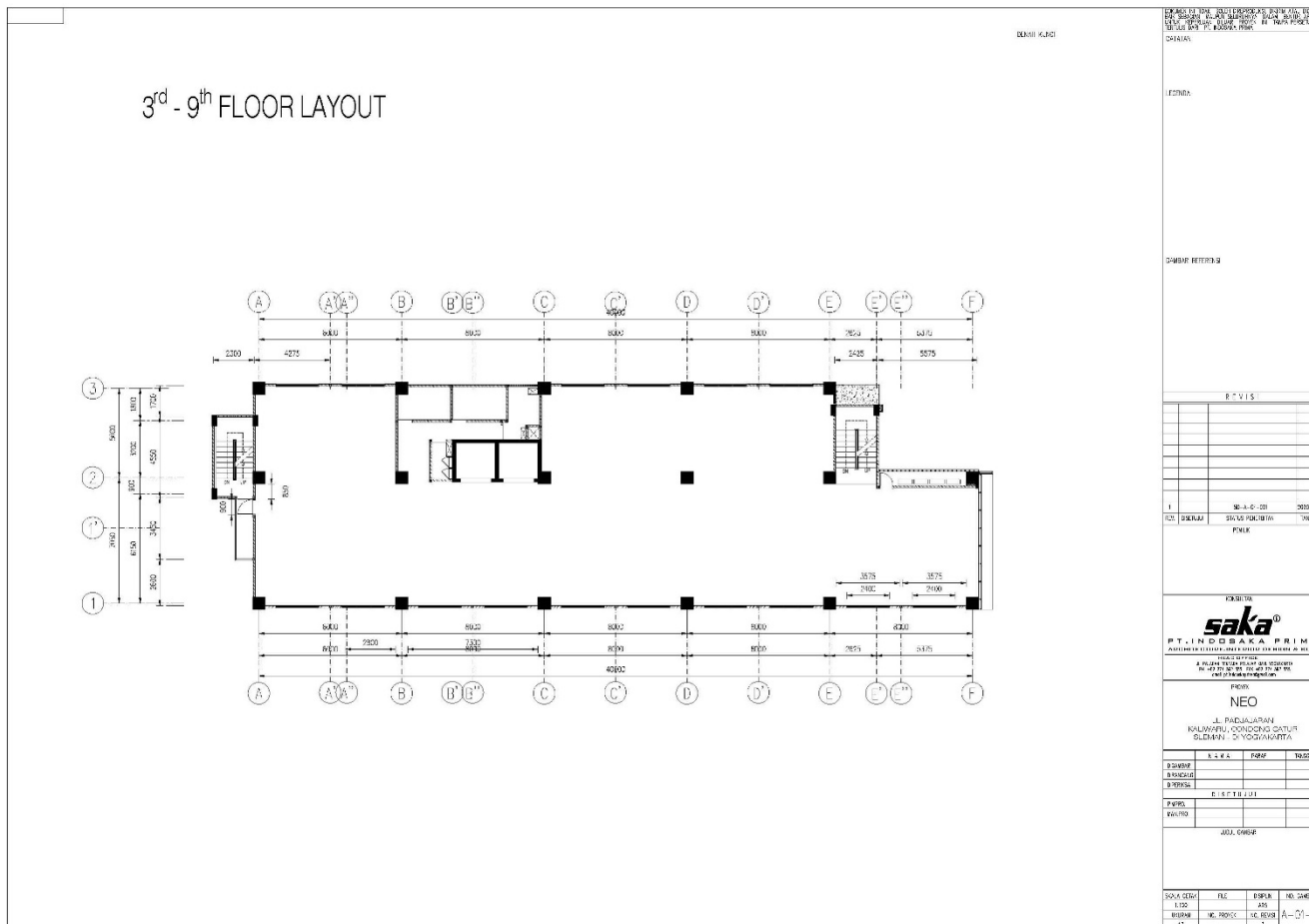
1. Apabila peraturan mengenai ketahanan bangunan terhadap gempa telah diperbarui maka analisis ulang terhadap bangunan sangat dianjurkan.
2. Kinerja struktur gedung perlu dievaluasi lebih mendalam, salah satunya dengan menggunakan metode analisis *pushover*.
3. Riset mengenai gempa perlu ditingkatkan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

DAFTAR PUSTAKA

- 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). 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
- Dona, M.T. et al. 2022. *Beban Gempa dan Base Shear Menurut SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang*. Seminar Nasional 2022 Peluang dan Tantangan Pendidikan Tinggi di Era Industri 5.0. Malang.
- Fitri, R. 2020. *Kajian Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Lima Lantai*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Purbiantoro F.H. 2020. *Perbandingan Kebutuhan Tulangan Gedung FIAI UII Berdasarkan SNI 1726-2012 Dengan Peta Gempa 2010 dan 2017*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Fadhila, M. R. 2020. *Analisis Pengaruh Perubahan Beban Gempa Terhadap Perilaku Struktur Bangunan Bertingkat Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Noor, D. (2005). *Geologi Lingkungan*. Edisi Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Wicaksana dan Rosyidah. 2021. *Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil. Vol.18 No.1. (<http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/>)
- Yulianto, H. 2021. *SAP2000 Advance*. (Video). Hariadi Yulianto. (<https://www.youtube.com/playlist?list=PLTJzaT4VFskKL0KEBIhTS25X3QPoTkCZK>. Diakses 6 Januari 2023).

LAMPIRAN

Lampiran 3 Denah Lantai 3-9



Gambar L-3 Denah Lantai 3-9

