

**STUDI PERBANDINGAN BEBAN GEMPA PADA GEDUNG RAWAT
INAP NON BEDAH RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK, BANDAR
LAMPUNG DENGAN ANALISIS RESPON SPEKTRUM SESUAI SNI
1726:2012 DAN SNI 1726:2019**

(Skripsi)

Oleh

ADE PERMATA HANIA CIPTA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF EARTHQUAKE LOAD IN NON-SURGICAL INPATIENT BUILDING OF DR. H. ABDUL MOELOEK, BANDAR LAMPUNG USING SPECTRUM RESPONSE ANALYSIS ACCORDING TO SNI 1726:2012 AND SNI 1726:2019

By

ADE PERMATA HANIA CIPTA

The rapidly growing population is directly proportional to the increasing amount of land use, especially in urban areas, one of which is in the city of Bandar Lampung. The construction of vertical structures or high-rise building structures is an option in overcoming the limited land. However, high-rise building structures are considered to be risky to lateral loads such as earthquake loads, so that in planning, earthquake loads must be considered. This study aims to determine differences in response to the earthquake acceleration spectrum in the City of Bandar Lampung, especially the Non-Surgical Inpatient Building at Dr. H. Abdul Moeloek based on SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019, then the earthquake load acting on the structure will be calculated using the dynamic response spectrum analysis using structure analyzing software. Based on the results of this study, it was found that due to the influence of the earthquake the input spectrum response was in accordance with SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019, the base shear force due to the earthquake spectrum response for SNI 1726:2012 was 12900.4864 kN and SNI 1726:2019 was 14931.0787 kN . Interstory drift between levels that occur in the structure are still in the safe category because they do not exceed the story drift allowable levels, 48.4615 mm.

Keywords: earthquake, response spectrum, base shear, interstory drift

ABSTRAK

STUDI PERBANDINGAN BEBAN GEMPA PADA GEDUNG RAWAT INAP NON BEDAH RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK, BANDAR LAMPUNG DENGAN ANALISIS RESPON SPEKTRUM SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019

Oleh

ADE PERMATA HANIA CIPTA

Jumlah penduduk yang berkembang pesat, berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah penggunaan lahan terutama di daerah perkotaan, salah satunya di Kota Bandar Lampung. Pembangunan struktur gedung vertikal atau bertingkat tinggi menjadi pilihan dalam mengatasi keterbatasan lahan tersebut. Namun, struktur gedung tingkat tinggi dinilai beresiko terhadap beban lateral seperti beban gempa, sehingga pada perencanaannya, beban gempa wajib diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan respon spektrum percepatan gempa di wilayah Kota Bandar Lampung khususnya Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019, kemudian akan dihitung besarnya beban gempa yang bekerja pada struktur menggunakan analisis dinamik respon spektrum tersebut dengan bantuan *software* analisis struktur. Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan bahwa akibat pengaruh gempa masukan respon spektrum sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019, gaya geser dasar akibat gempa masukan respon spektrum SNI 1726:2012 sebesar 12900,4864 kN dan SNI 1726:2019 sebesar 14931,0787 kN . Simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur masih dalam kategori aman karena tidak melebihi simpangan antar tingkat ijin yaitu 48,4615 mm.

Kata kunci: gempa, respon spektrum, geser dasar, simpangan antar tingkat

**STUDI PERBANDINGAN BEBAN GEMPA PADA GEDUNG GEDUNG
RAWAT INAP NON BEDAH RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK, BANDAR
LAMPUNG DENGAN ANALISIS RESPON SPEKTRUM SESUAI SNI
1726:2012 DAN SNI 1726:2019**

Oleh

ADE PERMATA HANIA CIPTA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**Judul Skripsi : STUDI PERBANDINGAN BEBAN GEMPA
PADA GEDUNG RAWAT INAP NON BEDAH
RSUD DR. H. ABDUL MOELOEK, BANDAR
LAMPUNG DENGAN ANALISIS RESPON
SPEKTRUM SESUAI SNI 1726:2012 DAN
SNI 1726:2019**

Nama Mahasiswa : Ade Permata Hania Cipta

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615011083

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.
NIP 19721026 200003 1 001

Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.
NIP 19740530 200012 2 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.

Sekretaris

: Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Andi Kusnadi, M.T., M.M.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juni 2023

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ade Permata Hania Cipta

NPM : 1615011083

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas/Institusi : Teknik/Universitas Lampung

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Studi Perbandingan Beban Gempa Pada Gedung Gedung Rawat Inap Non Bedah Rsud Dr. H. Abdul Moeloek, Bandar Lampung Dengan Analisis Respon Spektrum Sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali yang secara tertulis dimuat dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran, saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Juni 2023

: Pernyataan


C2BAKX458495816 mata Hania Cipta
NPM. 1615011083

PERSEMBAHAN

Skripsi ini merupakan salah satu bentuk tanggung jawab dan rasa syukurku kepada Allah SWT, yang telah memberikan segala bentuk kemudahan maupun kasih sayangNya kepada hamba-Nya yang kecil ini.

Teriring cinta dan sayang yang begitu luas kepada Ibu dan Bapak yang telah menjadikanku manusia berharga. Terimakasih banyak untuk semuanya, bahkan sebanyak apapun terimakasih yang kuucapkan tidak akan membalas cinta dan kasih kalian kepadaku. Semoga Allah senantiasa mempertemukan kita di Surga-Nya.

Kepada semua guruku yang telah memberikan banyak pembelajaran, terimakasih banyak semoga keberkahan dan amalan ilmu yang bermanfaat menyertai kalian.

Untuk teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2016, terimakasih telah banyak membantu dan memberikan dorongan semangat kepadaku. Semoga kita menjadi manusia yang lebih baik di perjalanan selanjutnya.

Untuk semua yang telah menjadi cerita dalam hidupku, terimakasih telah memberikan pelajaran, pengalaman, serta kenangan bagiku.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya”

– Qs. Al-Baqarah 286 –

*“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka
mengubah keadaan diri mereka sendiri”*

– Qs. Ar-Rad 286 –

“Pendidikan adalah langkah awal hidup lebih baik”

– Bapak –

“Berhenti menunda, hargai dan cintai waktu yang masih tuhan berikan”

–Chandra –

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Rajabasa pada tanggal 19 Januari 1998, merupakan anak pertama dari dua bersaudara, buah kasih dari pasangan Bapak Harlan dan Ibu Suyatni.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Bina Insan Mandira diselesaikan pada tahun 2004, Sekolah Dasar di SD Muhammadiyah 1 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 22 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2013, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 15 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2016 melalui jalur SBMPTN.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata di Desa Suka Bhakti, Kecamatan Gedung Aji Baru, Kabupaten Tulang Bawang selama 40 hari yaitu pada periode 2, 1 Juli – 9 Agustus 2019. Dalam penerapan ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis telah melaksanakan kegiatan Kerja Praktik di PT Nindya Karya Perseo pada Proyek Pembangunan Gedung Kampus B UIN Raden Fatah Palembang selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis berperan aktif sebagai Anggota Divisi Penelitian Departemen Penelitian dan Pengembangan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung pada periode 2018/2019.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi, dengan judul Studi Perbandingan Beban Gempa Pada Gedung Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek, Bandar Lampung Dengan Analisis Respon Spektrum Sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya yang tiada henti, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tak lupa, sholawat teriring salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi teladan untuk semua umatnya.

Selama proses pengerjaan skripsi yang berjudul “Studi Perbandingan Beban Gempa Pada Gedung Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek, Bandar Lampung Dengan Analisis Respon Spektrum Sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019”, banyak pihak yang berperan dalam memberikan bantuan, doa, motivasi, serta saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

4. Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T., selaku pembimbing I atas ketersediaannya dalam memberikan arahan, masukan, bimbingan, serta bantuannya dalam hal penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang telah memberikan masukan serta bimbingannya selama proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Ir. Andi Kusnadi, M.T., M.M. sebagai Penguji atas kesediaannya memberi arahan maupun saran supaya skripsi ini lebih baik.
7. Bapak Subuh Tugiono, S.T. M.T., selaku Pembimbing Akademik penulis.
8. Bapak dan Ibu Dosen Prodi S1 Teknik Sipil atas semua bekal ilmu pengetahuan yang telah diberikan selama perkuliahan. Serta staf-staf Prodi S1 Teknik Sipil yang banyak membantu penulis.
9. Kedua orangtuaku tercinta, Bapak Harlan dan Ibu Suyatni yang selalu memberikan cinta dan kasih sayangnya kepadaku, serta tanpa henti mendukung dan mendoakanku di setiap langkah kecilku.
10. Adikku, Akbar Ananda Cipta yang senantiasa selalu menemaniku, mengantarku dan mendukungku.
11. Rekan seperjuangan penelitian, Siti Zalfa Mardhatillah, Risty Amelia Firdha, dan Fadila Amelia Karima yang telah melalui skripsi ini bersama.
12. Temanku Titik Ayuningsih yang selalu mendengarkan keluh kesahku, telah menemani dan menjadi tempat bertanyaku.
13. Teman-teman dalam grup *The Last of Us* yang selalu memberikan semangat dan pantang menyerah.

14. Keluarga Besar Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2016 yang banyak membantuku dan menciptakan banyak cerita selama masa perkuliahan.
15. Kakak dan adik tingkat di Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung atas semua bantuan yang diberikan.
16. Semua pihak yang banyak membantu, memberikan dukungan, doa, serta motivasi yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Namun, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 2023
Penulis,

Ade Permata Hania Cipta

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Konsep Bangunan Gedung Tahan Gempa	4
B. Sistem Struktur Dinamik	5
C. Pembebanan	7
D. Ketentuan Umum Respon Spektrum Desain Berdasarkan SNI 1726:2012	8
E. Ketentuan Umum Respon Spektrum Desain Berdasarkan SNI 1726:2012	15
F. Analisis Respon Spektrum	22
G. Penelitian Terdahulu	26
III. METODE PENELITIAN	
A. Umum	28
B. Studi Literatur	28
C. Data Penelitian	29
D. Tahapan Penelitian	32
E. Diagram Alir Penelitian	33

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemodelan Struktur.....	34
B. Sistem Pembebanan	34
C. Respon Spektrum Desain SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.....	37
D. Periode Fundamental Struktur	39
E. Gaya Geser Dasar Seismik.....	39
F. Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik	41
G. Kontrol Dinamik Struktur	43
H. Perpindahan Lantai (<i>Displacement</i>).....	45
I. Simpangan Antar Tingkat (<i>Interstory Drift</i>).....	47
J. Hasil Penelitian Terdahulu.....	50

V. PENUTUP

A. Kesimpulan	52
B. Saran	53

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN****LAMPIRAN A****LAMPIRAN B**

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa SNI 1726:2012.....	9
2. Faktor keutamaan gempa SNI 1726:2012.....	11
3. Koefisien situs, F_a SNI 1726:2012.....	12
4. Koefisien situs, F_v SNI 1726:2012.....	12
5. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa SNI 1726:2019.....	16
6. Faktor keutamaan gempa SNI 1726:2019.....	18
7. Koefisien situs, F_a SNI 1726:2019.....	19
8. Koefisien situs, F_v SNI 1726:2019.....	19
9. KDS parameter respons percepatan periode pendek.....	22
10. KDS parameter respons percepatan periode 1 detik.....	22
11. Faktor R , Ω_0 , dan C_d sistem penahan gaya gempa.....	23
12. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	24
13. Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	24
14. Simpangan antar tingkat izin.....	26
15. Dekripsi struktur gedung.....	30
16. Tebal pelat lantai.....	31
17. Tipe dan dimensi balok.....	31
18. Tipe dan dimensi kolom.....	32
19. Perhitungan beban dinding.....	35
20. Beban hidup yang bekerja.....	36
21. Distribusi vertikal dan horizontal gaya seismik SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.....	42
22. Kontrol gaya geser dasar SNI 1726:2012.....	44
23. Kontrol gaya geser dasar SNI 1726:2019.....	45
24. <i>Displacement</i> lantai respon spektrum SNI 1726:2012.....	45

25. <i>Displacement</i> lantai respon spektrum SNI 1726:2019.....	46
26. <i>Interstory drift</i> akibat respon spektrum SNI 1726:2012	48
27. <i>Interstory drift</i> akibat respon spektrum SNI 1726:2019	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pemodelan struktur derajat kebebasan tunggal	5
2. Pemodelan struktur derajat kebebasan banyak	6
3. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) di batuan dasar (SB) SNI 1726:2012.....	11
4. Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (SB) SNI 1726:2012.....	11
5. Respon spektrum desain SNI 1726:2012	14
6. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) di batuan dasar (SB) SNI 1726:2019.....	18
7. Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (SB) SNI 1726:2019.....	18
8. Respon spektrum desain SNI 1726:2019	21
9. Peta transisi periode panjang T_L , wilayah Indonesia	22
10. Penentuan simpangan antar tingkat	25
11. Lokasi penelitian.....	29
12. Tampak depan Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek	29
13. Tampak belakang Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek	30
14. Denah Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek	30
15. Diagram alir penelitian.....	33
16. Pemodelan struktur	34
17. Potongan tangga.....	35
18. Respon spektrum desain SNI 1726:2012	37
19. Respon spektrum desain SNI 1726:2019	38
20. Grafik perbandingan respon spektrum.....	38
21. Grafik perbandingan gaya lateral, F_x	42
22. Grafik perbandingan gaya geser tingkat, V_x	43
23. Grafik perbandingan <i>displacement</i> arah x.....	46

24. Grafik perbandingan <i>displacement</i> arah y.....	47
25. Perbandingan <i>interstory drift</i> akibat respon spektrum SNI 1726:2012 dan respon spektrum SNI 1726:2019 arah x	49
26. Perbandingan <i>interstory drift</i> akibat respon spektrum SNI 1726:2012 dan respon spektrum SNI 1726:2019 arah y	50

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan potensi gempa dan tsunami sangat tinggi karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, dan lempeng Indo-Australia. Lempeng-lempeng tektonik tersebut saling bergerak satu sama lain hingga akan bertabrakan pada suatu waktu, kemudian menyebabkan terjadinya gempa tektonik yang menjadi bencana bagi manusia. Selain itu, Indonesia berada di kawasan yang disebut cincin api Pasifik (*Ring of Fire*) dengan 167 gunung api aktif yang tersebar di beberapa daerah. Hal tersebut semakin memperkuat Indonesia sebagai negara dengan lokasi strategis namun sangat berbahaya.

Jumlah penduduk yang berkembang pesat, berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah penggunaan lahan terutama di daerah perkotaan, salah satunya di Kota Bandar Lampung. Pembangunan struktur gedung vertikal atau bertingkat tinggi menjadi pilihan dalam mengatasi keterbatasan lahan tersebut. Namun, struktur gedung tingkat tinggi dinilai rawan terhadap beban lateral seperti beban gempa, sehingga pada perencanaannya, beban gempa wajib diperhatikan. Mengingat kondisi geologi Indonesia, perencanaan ketahanan gempa pada struktur bangunan tingkat tinggi harus berdasarkan tata cara sesuai Standar Nasional Indonesia.

Penentuan perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan nongedung di Indonesia, diatur dalam SNI 1726:2019 yang merupakan hasil dari revisi peraturan sebelumnya, yaitu SNI 1726:2012. Revisi tersebut didasarkan atas pertimbangan perlunya pengkajian ulang untuk menjaga

kesesuaian SNI terhadap kebutuhan pasar, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, pemeliharaan dan penilaian kelayakan, dan kekinian, sebagaimana tertulis dalam Surat Keputusan Kepala Badan Standarisasi Nasional Nomor. 693/KEP/BSN/2019. Dengan adanya perubahan tersebut, tentunya akan mempengaruhi penentuan respon spektrum percepatan gempa di masing-masing wilayah di Indonesia.

Pada penelitian ini, akan ditinjau perbedaan respon spektrum percepatan gempa di wilayah Kota Bandar Lampung khususnya Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019, kemudian akan dihitung besarnya beban gempa yang bekerja pada struktur Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek, Bandar Lampung berdasarkan kedua respon spektrum tersebut.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apa yang menjadi perbedaan pada SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019, bagaimana perbedaan respon spektrum yang ditentukan berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019, juga berapa besar beban gempa yang bekerja pada struktur Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek, Bandar Lampung sesuai kedua respon spektrum tersebut.

C. Batasan Masalah

1. Membandingkan analisis beban gempa menggunakan metode respon spektrum yang mengacu pada SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.
2. Pembahasan dibatasi oleh metode dan perhitungan menggunakan bantuan *software* analisis struktur.
3. Pembahasan berupa perbandingan respon spektrum dan besarnya beban gempa yang bekerja.
4. Objek penelitian menggunakan bangunan Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek, Bandar Lampung.

5. Gedung merupakan bangunan 4 (empat) lantai.
6. Struktur gedung merupakan beton bertulang.
7. Bagian bawah kolom adalah tumpuan jepit.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui tata cara menentukan respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 yang merupakan hasil revisi SNI 1726:2012.
2. Untuk mengetahui perbedaan antara SNI 1726:2019 dengan SNI 1726:2012.
3. Untuk membandingkan beban gempa yang bekerja pada struktur sesuai kedua peraturan, berupa gaya geser dasar, gaya geser tingkat, *displacement* dan simpangan yang terjadi antar lantai.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbedaan penentuan respon spektrum percepatan gempa pada SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.
2. Mengetahui persentase perubahan beban gempa yang diterima oleh struktur.
3. Menambah pengetahuan dan dapat dimanfaatkan sebagai referensi terhadap penelitian selanjutnya.

I. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Bangunan Gedung Tahan Gempa

Konsep bangunan gedung tahan gempa merupakan bentuk implementasi mengenaiantisipasi kerugian apapun dari efek yang ditimbulkan akibat terjadinya gempa bumi dengan peningkatan kapasitas tahanan struktur. SNI 1726:2019, mencakup aturan-aturan terbaru hasil revisi SNI 1726:2012 yang harus terpenuhi dalam perancangan struktur bangunan baik gedung maupun non gedung. Hal tersebut meliputi; beban, tingkat bahaya, kriteria yang terkait, dan sasaran kinerja yang diperkirakan untuk bangunan gedung maupun struktur lain yang memiliki komponen nonstruktural sesuai penyaratan bangunan. Secara umum, Badan Standardisasi Nasional, (2010), menyebutkan bahwa bangunan dapat dikategorikan sebagai bangunan tahan gempa apabila:

1. Apabila terjadi gempa kecil, struktur tetap berada pada kondisi elastik dengan kekakuan lateral yang cukup tanpa mengalami kerusakan baik komponen struktural maupun non struktural..
2. Apabila terjadi gempa sedang, struktur tidak boleh mengalami kerusakan pada komponen struktural, namun kerusakan pada komponen nonstruktural dapat ditolerir.
3. Apabila terjadi gempa besar, kerusakan komponen struktural diperbolehkan, namun tidak diperkenankan mengalami keruntuhan total.

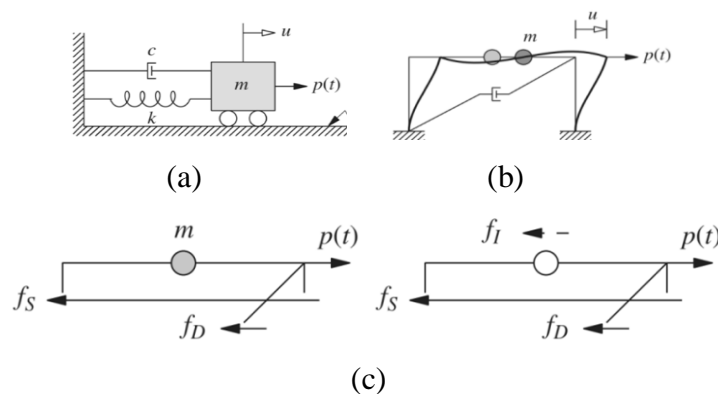
Menurut Cornelis, dkk, (2014), getaran gempa disederhanakan menjadi gaya geser dasar (*base shear*) yang bekerja di sisi dasar suatu struktur bangunan. Gaya geser dasar tersebut dianggap sebagai gaya gempa desain yang terdistribusi secara vertikal sebagai gaya lateral pada tiap lantai.

B. Sistem Struktur Dinamik

Respons spektrum merupakan grafik hubungan antara periode getar struktur (T) dengan respons-respons maksimumnya untuk suatu rasio redaman dan beban gempa tertentu. Respons-respons maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spectral displacement, SD*), kecepatan maksimum (*spectral velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*spectral acceleration, SA*) suatu massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal (*single degree of freedom, SDOF*). Apabila struktur dibebani secara dinamik maka massa struktur akan mengalami pergoyangan secara tiga dimensi. Derajat kebebasan (*degree of freedom*) merupakan derajat ukuran untuk menyatakan posisi sistem setiap saat. Komponen yang berpengaruh penting dalam sistem yang mengalami beban dinamik adalah massa (m), kekakuan (k), redaman (c), dan gaya luar ($p(t)$).

1. Derajat kebebasan tunggal (*single degree of freedom, SDOF*)

Struktur dengan derajat kebebasan tunggal hanya mempunyai satu koordinat yang diperlukan untuk menyatakan posisi massa pada saat tertentu yang ditinjau. Secara umum, bangunan satu tingkat dianggap sebagai struktur SDOF dan dimodelkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan struktur derajat kebebasan tunggal.
(Sumber: Chopra, 2012)

Persamaan kesetimbangan dari gaya-gaya yang bekerja pada sistem berdasarkan Gambar 1, yaitu:

$$F_1 + F_D + F_S = F(t) \dots \dots \dots [1]$$

dimana:

F_I : Gaya inersia

F_D : Gaya redaman

F_S : Gaya elastis

$F_{(t)}$: Beban dinamik lateral yang bekerja pada system

Gaya-gaya dalam persamaan [1] diperoleh dari persamaan berikut:

$$F_I = m\ddot{u}_{(t)} \dots\dots\dots[2]$$

$$F_D = c\dot{u}_{(t)} \dots\dots\dots[3]$$

$$F_S = ku_{(t)} \dots\dots\dots[4]$$

Dengan men-subtitusi persamaan [2], [3] dan [4] ke dalam persamaan [1], maka persamaan struktur untuk derajat kebebasan tunggal adalah:

$$m\ddot{u}_{(t)} + c\dot{u}_{(t)} + ku_{(t)} = F_{(t)} \dots\dots\dots[5]$$

dimana:

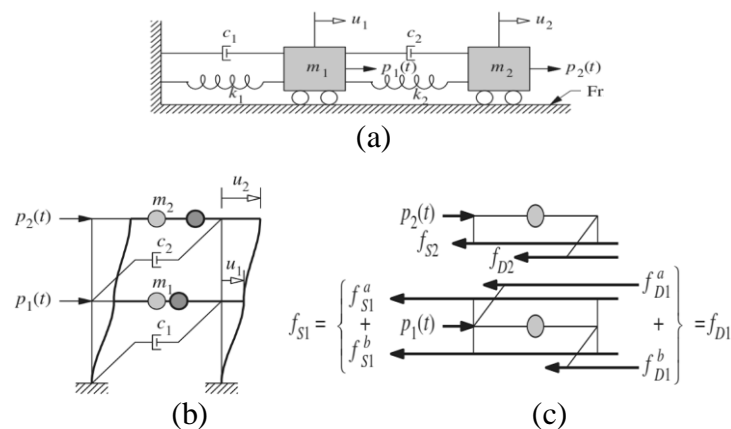
$\ddot{u}_{(t)}$: Percepatan fungsi dari waktu

$\dot{u}_{(t)}$: Kecepatan fungsi dari waktu

$u_{(t)}$: Perpindahan fungsi dari waktu

2. Derajat kebebasan banyak (*multi degree of freedom, MDOF*)

Struktur MDOF mempunyai n-tingkat dan n-derajat kebebasan. Untuk menentukan persamaan differensial struktur MDOF, pendekatan akan dilakukan seperti struktur SDOF. Adapun struktur dengan derajat kebebasan banyak dimodelkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan struktur derajat kebebasan banyak. (Sumber: Chopra, 2012)

Pada gambar diatas merupakan sistem derajat kebebasan banyak untuk dua tingkat. Adapun persamaan geraknya adalah:

$$m_1 \ddot{u}_1 + (c_1 + c_2)\dot{u}_1 - c_2\dot{u}_2 + (k_1 - k_2)u_1 - k_2u_2 = F_1 \dots\dots\dots[6]$$

$$m_2\ddot{u}_2 - c_2\dot{u}_1 + c_2\dot{u}_2 - k_2u_1 + k_2u_2 = F_2 \dots\dots\dots[7]$$

Apabila persamaan (6) dan (7) ditulis dalam bentuk matrik, diperoleh:

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1+c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots[8]$$

C. Pembebanan

Mengacu pada SNI 1726:2020, tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, pada umumnya perencanaan struktur bangunan disesuaikan terhadap beban yang bekerja pada suatu struktur meliputi:

1. Beban mati (*dead load*)
Beban mati (*dead load*) meliputi semua beban seluruh komponen struktural seperti balok, kolom, dan pelat.
2. Beban mati tambahan (*super dead load*)
Beban mati tambahan (*super dead load*) meliputi berat beban komponen non struktural.
3. Beban hidup (*live load*)
Beban hidup (*live load*) merupakan semua beban yang terjadi akibat faktor penghunian atau penggunaan, termasuk beban pada lantai yang merupakan bagian terpisahkan dari gedung.
4. Beban angin
Beban angin adalah beban yang diakibatkan adanya perbedaan tekanan udara bangunan.
5. Beban hujan
Beban hujan diakibatkan adanya tekanan yang berasal air hujan.
6. Beban gempa
Beban gempa diakibatkan adanya pergeseran tanah akibat aktivitas gempa bumi.

D. Ketentuan Umum Respon Spektrum Desain Berdasarkan SNI 1726:2012

1. Kombiasi beban

Kombinasi beban terfaktor pada perencanaan struktur mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 4.2.2 sebagai berikut:

- a. $1,4 D$
- b. $1,2 D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- c. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $1,2 D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- e. $1,2 D + 1,0E + L$
- f. $0,9 D + 1,0 W$
- g. $0,9 D + 1,0E$

dimana,

- D : Beban mati
 L : Beban hidup
 L_r : Beban hidup atap
 W : Beban angin
 R : Beban hujan
 E : Beban gempa

2. Gempa rencana

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.1.1, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

3. Faktor Keamanan dan Kategori Resiko Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.1.2, untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I_e). Kategori risiko untuk beberapa jenis pemanfaatan bangunan gedung maupun nongedung dengan hunian, pabrik, rumah sakit dan lain-lain ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa SNI 1726:2012

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan – Fasilitas sementara – Gudang penyimpanan – Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Perumahan – Rumah toko dan rumah kantor – Pasar – Gedung perkantoran – Gedung apartemen/ rumah susun – Pusat perbelanjaan/ mall – Fasilitas manufaktur, bangunan industri/ pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, antara lain:</p> <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 	III
<p>Gedung dan nongedung yang 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, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pusat pembangkit listrik biasa – Fasilitas penanganan air 	

Sumber : SNI 1726:201

Tabel 1. (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas penanganan limbah – Pusat telekomunikasi <p>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, bahan kimia, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, antara lain:</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 	IV
<p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

Sumber : SNI 1726:201

5. Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektra

Penentuan respons spektra percepatan gempa MCE_R pada permukaan tanah memerlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 0,2 detik (F_a), dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang pada getaran periode 1 detik (F_v). Koefisien situs F_a dan F_v berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.2 dapat dilihat dalam Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Koefisien situs, F_a SNI 1726:2012

Kelas Situs	Parameter Respons Spektra Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$SS \leq 0,25$	$SS = 0,5$	$SS = 0,75$	$SS = 1,0$	$SS \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^{(b)}$				

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 4. Koefisien situs, F_v SNI 1726:2012

Kelas Situs	Parameter Respons Spektra Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,75$	$S_1 = 1,0$	$S_1 \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^{(b)}$				

Sumber : SNI 1726:2012

Catatan:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dan S_1 dapat dilakukan interpolasi linier.

(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi spesifik.

Parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_S \dots\dots\dots [9]$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots [10]$$

dengan:

F_a = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 0,2 detik

F_v = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik

S_S = parameter nilai respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 0,2 detik.

S_1 = parameter nilai respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik.

6. Parameter percepatan spektra desain

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.3, parameter percepatan spektrum desain untuk periode 0,2 adalah S_{DS} , dan pada periode 1 detik adalah S_{D1} , dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots [11]$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots [12]$$

dengan:

S_{MS} = parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik

S_{M1} = parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik.

7. Spektrum respons desain

Penentuan nilai dari *spectral acceleration* (S_a) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a. Periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain

(S_a), harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots [13]$$

b. Periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , maka nilai S_a sama dengan S_{DS} .

c. Periode lebih besar dari T_s , nilai S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots [14]$$

dengan:

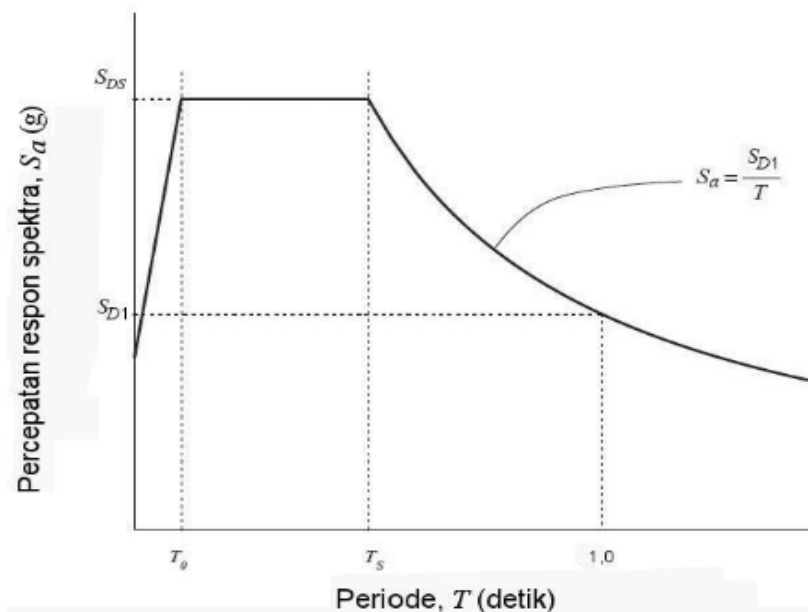
S_{DS} = parameter percepatan spektra desain pada periode 0,2 detik

S_{D1} = parameter percepatan spektra desain pada periode 1 detik.

T = periode getar fundamental

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots [15]$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots [16]$$



Gambar 5. Respon spektrum desain SNI 1726:2012.
(Sumber : SNI 1726:2012)

E. Ketentuan Umum Respon Spektrum Desain Berdasarkan SNI 1726:2019

1. Kombiasi beban

Kombinasi beban terfaktor pada perencanaan struktur mengacu pada SNI 1726:2019 pasal 4.2.2 sebagai berikut:

- a. $U = 1,4D$
- b. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- c. $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- e. $U = 0,9D + 1,0W$
- f. $U = 1,2D + E_v + E_h + L$
- g. $U = 0,9D - E_v + E_h$

dimana:

- D : Beban mati
 L : Beban hidup
 L_r : Beban hidup atap
 W : Beban angin
 R : Beban hujan
 E : Beban gempa

2. Gempa rencana

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 4.1.1, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun sebesar 2%.

3. Faktor keamanan dan kategori resiko bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 4.1.2, kategori resiko pada peraturan SNI 1726:2019 masih sama seperti yang tercantum pada SNI 1726:2012. Kategori resiko untuk beberapa jenis pemanfaatan bangunan yang beresiko rendah hingga beresiko tinggi baik bangunan gedung maupun nongedung seperti hunian, rumah sakit, pabrik, dan lainnya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa SNI 1726:2019

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan – Fasilitas sementara – Gudang penyimpanan – Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Perumahan – Rumah toko dan rumah kantor – Pasar – Gedung perkantoran – Gedung apartemen/ rumah susun – Pusat perbelanjaan/ mall – Fasilitas manufaktur, bangunan industri/ pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, yaitu:</p> <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 	III
<p>Gedung dan nongedung yang 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, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pusat pembangkit listrik biasa – Fasilitas penanganan air – Fasilitas penanganan limbah – Pusat telekomunikasi 	

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 5. (Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>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, bahan kimia, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, antara lain:</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 	IV
<p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

Sumber : SNI 1726:2019

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (Ie) pada Tabel 6.

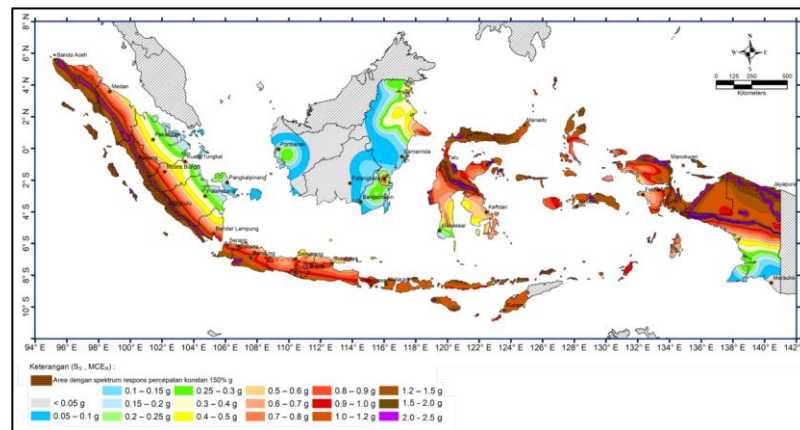
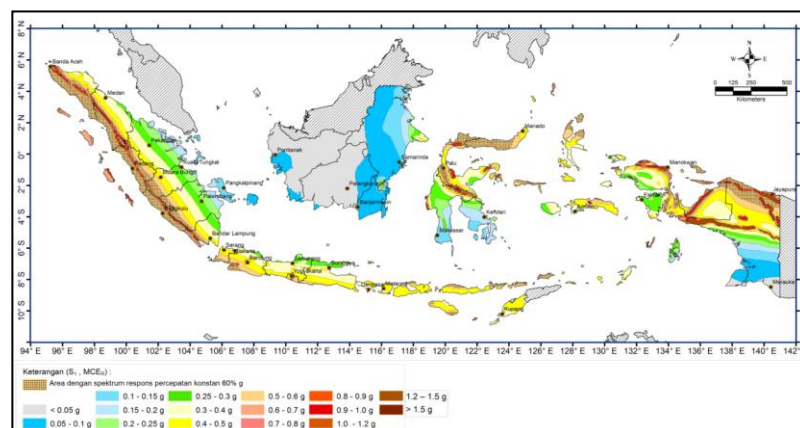
Tabel 6. Faktor keutamaan gempa SNI 1726:2019

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

Sumber : SNI 1726:2019

4. Parameter percepatan tanah

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 15, peta gempa maksimum resiko tertarget MCE_R dengan parameter gerak tanah S_S dan S_1 terpetakan pada periode 0,2 dan 1,0 detik, teredam 5% seperti Gambar 6 dan Gambar 7.

Gambar 6. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_S) di batuan dasar (SB) SNI 1726:2019.Gambar 7. Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (SB) SNI 1726:2019.

5. Koefisien situs dan parameter respons spektra

Penentuan respons spektra percepatan gempa MCE_R pada permukaan tanah memerlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 0,2 detik (F_a), dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang pada getaran periode 1 detik (F_v). Koefisien situs F_a dan F_v berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.2 dapat dilihat dalam Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Koefisien situs, F_a SNI 1726:2019

Kelas Situs	Parameter Respons Spektra Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$S_s^{(a)}$					

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 8. Koefisien situs, F_v SNI 1726:2019

Kelas Situs	Parameter Respons Spektra Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$S_s^{(a)}$					

Sumber : SNI 1726:2019

Catatan:

(a) S_s = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik.

Parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots [17]$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots [18]$$

dengan:

F_a = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 0,2 detik

F_v = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik.

S_s = parameter nilai respons spektra percepatan gempa MCER terpetakan pada periode 0,2 detik

S_1 = parameter nilai respons spektra percepatan gempa MCER terpetakan pada periode 1 detik.

6. Parameter percepatan spektra desain

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.3, parameter percepatan spektrum desain untuk periode 0,2 adalah S_{DS} , dan pada periode 1 detik adalah S_{D1} , dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots [19]$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots [20]$$

dengan:

S_{MS} = parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik

S_{M1} = parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik.

7. Spektrum respons desain

Penentuan nilai dari *spectral acceleration* (S_a) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain (S_a), harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots [21]$$

- b. Periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , maka nilai S_a sama dengan S_{DS} .

- c. Periode lebih besar dari T_s , nilai S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots [22]$$

- d. Untuk periode lebih besar dari T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_L , Repon spektrum percepatan desain, S_a , ditentukan berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \dots\dots\dots [23]$$

dengan:

S_{DS} = parameter percepatan spektra desain pada periode 0,2 detik

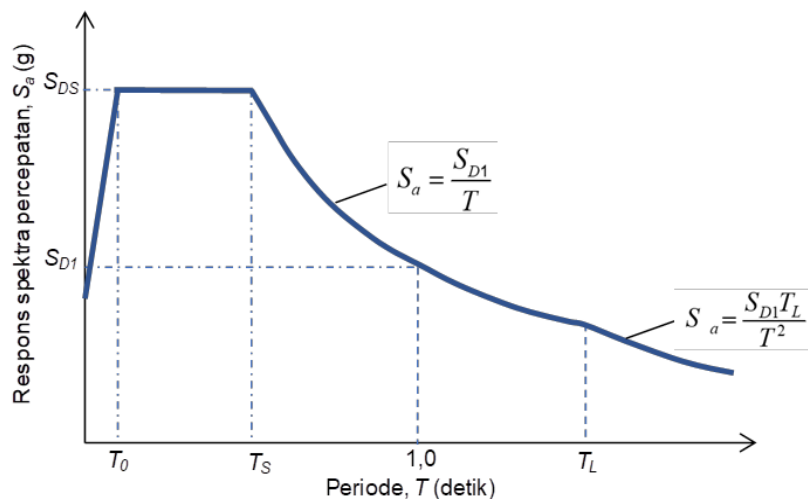
S_{D1} = parameter percepatan spektra desain pada periode 1 detik.

T = periode getar fundamental

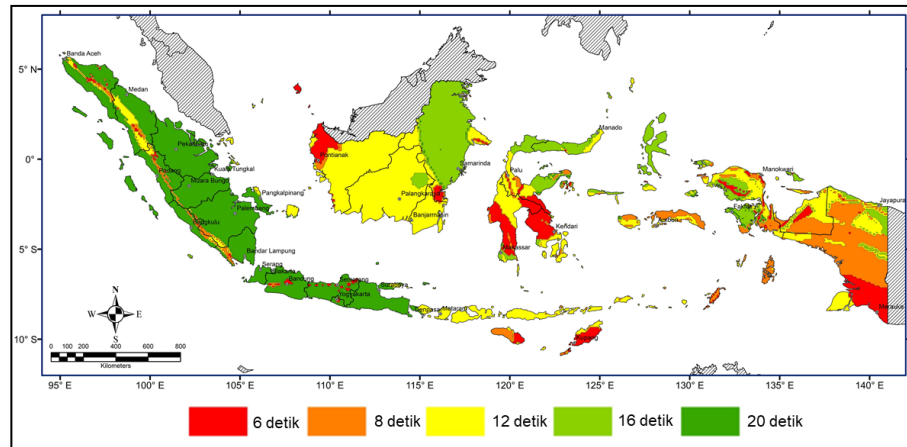
$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots [24]$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots [25]$$

T_L = peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 9, yang nilainya diambil dari Gambar 8.



Gambar 8. Respon spektrum desain SNI 1726:2019. (Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 9. Peta transisi periode panjang T_L , wilayah Indonesia.
(Sumber: SNI 1726:2019)

F. Analisis Respon Spektrum

1. Kategori desain seismik

Kategori desain seismik diperkenankan untuk ditentukan mengacu pada nilai S_{DS} dan S_{DI} seperti terlihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 berikut.

Tabel 9. KDS parameter respons percepatan periode pendek

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

(Sumber: SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019)

Tabel 10. KDS parameter respons percepatan periode 1 detik

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

(Sumber: SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019)

2. Sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan gaya gempa terdiri dari koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0) dan faktor pembesaran defleksi (C_d), seperti terlihat dalam Tabel 11.

Tabel 11. Faktor R , Ω_0 , dan C_d sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Modifikasi Respons (R)	Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)
Sistem rangka pemikul momen			
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	5½	4½
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus			
Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4
Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½
Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5
Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5
Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½

(Sumber: SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019)

3. Penentuan periode fundamental

Periode fundamental struktur ditentukan oleh persamaan sebagai berikut:

$$T_{a \min} = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots [26]$$

$$T_{a \max} = T_{a \min} \times C_u \dots\dots\dots [27]$$

dimana:

C_t : Nilai parameter periode pendekatan, lihat pada Tabel 12

- h_n : Tinggi total bangunan (m)
- x : Nilai parameter periode pendekatan, lihat pada Tabel 12
- C_u : Koefisien batas atas periode yang dihitung, lihat pada Tabel 13

Tabel 12. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

(Sumber: SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019)

Tabel 13. Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain Pada 1 Detik, S_{D1}	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 1726:2012 dan SNI 1726:2019)

4. Koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik harus ditentukan dengan persamaan:

$$C_s = \frac{S_{ds}}{R} \cdot I_e \dots\dots\dots [28]$$

Nilai C_s dari persamaan [28] tidak perlu melebihi dari persamaan berikut:

$$C_{s \max} = \frac{S_{d1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots [29]$$

Nilai C_s dari persamaan [28] harus tidak kurang dari persamaan berikut:

$$C_{s \min} = 0,044 S_{ds} \times I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots [30]$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana $S_1 \geq 0,6 g$, maka C_s dari persamaan [28] harus tidak kurang dari:

$$C_{s \max} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots [31]$$

5. Gaya geser dasar seismik

Gaya geser dasar seismik harus ditetapkan sesuai persamaan berikut ini:

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots [32]$$

dimana:

W : berat seismik efektif

6. Distribusi vertikal gaya seismik

Distribusi vertikal gaya seismik didapatkan dari persamaan:

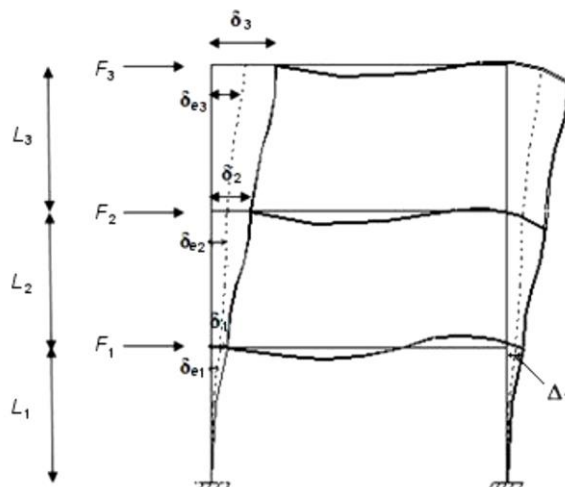
$$F_x = C_{vx} \times V \dots\dots\dots [33]$$

dimana:

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i^k} \dots\dots\dots [34]$$

7. Perpindahan (*displacement*) dan simpangan antar tingkat (*interstory drift*)

Berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6, simpangan antar tingkat merupakan selisih defleksi pusat masa pada lantai yang ditinjau dengan lantai di bawahnya seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Penentuan simpangan antar tingkat.
(Sumber: SNI 1726:2019)

Nilai simpangan antar tingkat ditentukan oleh persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \dots \dots \dots [35]$$

$$\Delta = \delta_x - \delta_x' \leq \Delta_a \dots \dots \dots [36]$$

dimana:

Untuk kategori desain seismik D, E, atau F, nilai simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi $\frac{\Delta_a}{\rho}$ untuk semua tingkat, $\rho=1,3$.

dimana:

δ_x : Perpindahan yang diperbesar pada lantai yang ditinjau

δ_{xe} : Perpindahan elastik akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

Δ : Simpangan antar tingkat

Δ_a : Simpangan antar tingkat izin, lihat pada Tabel 14

Tabel 14. Simpangan antar tingkat izin

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

G. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini tidak terlepas dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan dasar pemikiran serupa, yaitu membandingkan hasil analisis respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 . Hasil penelitian-penelitian terdahulu ini kemudian dijadikan acuan tambahan dalam pengerjaan penelitian ini.

Dalam penelitiannya, Farlianti dan Sapta (2020) menyebutkan bahwa percepatan spektrum, $S_a(g)$ untuk tanah keras (SC), tanah sedang (SD) dan tanah lunak (SE), yang dihasilkan berdasarkan SNI 1726:2012 lebih rendah dibandingkan dengan SNI 1726:2019. Peningkatan respon spektrum desain periode pendek (S_{DS}) untuk tanah keras, lunak, dan sedang secara berturut-turut adalah sebesar 23%, 12%, dan 5% sedangkan untuk respon spektra disain periode 1 detik (S_{D1}) adalah sebesar 39%, 49%, dan 40%.

Pada penelitian terhadap struktur bangunan gedung C STIE Perbanas, Surabaya, Darmawan, dkk (2021), mendapatkan hasil bahwa parameter nilai S_s dan S_1 pada SNI 1726:2019 mengalami peningkatan sebesar 2.24% dan 23.08%. Hal ini mempengaruhi gempa vertikal dan meningkatkan koefisien pengali beban mati maksimum sebesar 0.797%.

Pada penelitiannya, Wicaksana dan Rosyidah (2021), mendapati hasil bahwa nilai gaya geser dasar pada SNI 1726:2019 mengalami peningkatan sebesar 19,75% untuk arah X dan 19,97% untuk arah Y terhadap SNI 1726:2012. Peningkatan pada gaya geser dasar berbanding lurus terhadap peningkatan pada simpangan dan simpangan antar lantai.

Halawa VN, dkk (2022), pada penelitiannya terhadap struktur Gedung Rumah Susun Pasar Jumat yang berada di Jakarta Selatan, menyebutkan nilai simpangan antar lantai berdasarkan SNI 1726:2019 berada di bawah simpangan izin dan untuk nilai gaya geser dasar mengalami peningkatan sebesar 19,69%.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Umum

Metode penelitian adalah suatu cara kerja yang digunakan dalam melakukan suatu penelitian guna memperoleh data-data yang diperlukan untuk selanjutnya dilakukan analisis. Berdasarkan hasil analisis tersebut kemudian didapatkan kesimpulan yang ingin dicapai. Menggunakan metode penelitian, permasalahan dapat dikerjakan lebih mudah dan sistematis. Penelitian ini menggunakan metode berupa analisis data kuantitatif dengan data-data berupa angka dan data-data pendukung yang akan diolah dengan bantuan *software* analisis struktur untuk mendapatkan jawaban dari rumusan permasalahan. Metode dinamik linear respon spektrum digunakan untuk menentukan beban gempa yang bekerja pada suatu bangunan gedung. Pada penelitian ini analisis mengacu pada peraturan SNI 1726:2012 dan peraturan terbaru, SNI 1726:2019 guna membandingkan hasil analisis berdasarkan kedua peraturan tersebut.

B. Studi Literatur

Literatur-literatur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
2. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
3. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

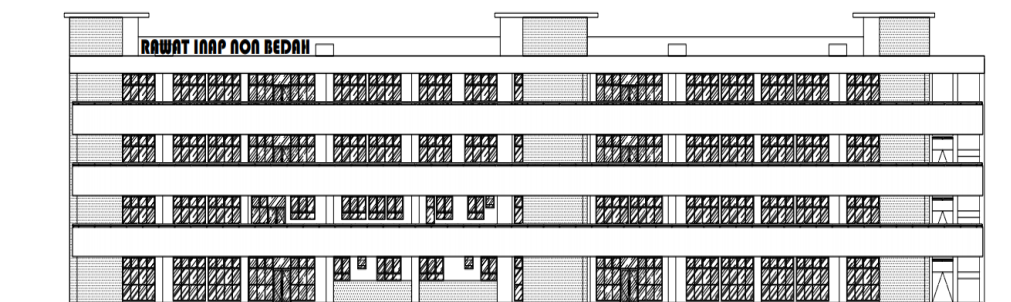
4. Beberapa jurnal dan karya ilmiah lainnya yang berhubungan dengan metode dinamis respon spektrum.

C. Data Penelitian

Objek penelitian ini adalah bangunan Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek yang beralamat di Jl. Dr. Rivai No.5, Penengahan, Kecamatan Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Secara geografis lokasi penelitian berada di $5^{\circ}23'58''$ LS - $105^{\circ}15'33''$ BT. Bangunan berupa gedung empat lantai dengan *rooftop*.



Gambar 11. Lokasi penelitian.



Gambar 12. Tampak depan Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek. (Sumber: CV. Tiara Indah Konsultan)

Spesifikasi material yang digunakan antara lain:

1. Mutu beton

Secara keseluruhan mutu beton yang digunakan dalam gedung ini adalah K-300 ($f_c' = 25 \text{ MPa}$).

2. Mutu baja tulangan

Baja tulangan yang digunakan yaitu baja tulangan polos dan baja tulangan ulir. Mutu baja tulangan tersebut diantaranya:

Untuk $D \geq 13$: BJTD 40 ($f_y = 400 \text{ MPa}$)

Untuk $d < 13$: BJTP 24 ($f_y = 240 \text{ MPa}$)

Modulus Elastisitas, E : 200000 MPa

Elemen struktur seperti pelat, balok, dan kolom dijelaskan pada Tabel 16, Tabel 17, dan Tabel 18.

Tabel 16. Tebal pelat lantai

Pelat Lantai	Tebal (mm)
Lantai 1	400
Lantai 2	
Lantai 3	120
Lantai 4	
Lantai 5	

Sumber: CV. Tiara Indah Konsultan

Tabel 17. Tipe dan dimensi balok

Lokasi	Kode Balok	Dimensi (mm)
Lantai 1	TB1	400 x 800
	TB2	300 x 600
	TB3	200 x 400
	SL1	150 x 200
Lantai 2 s.d Lantai 5	B1	400 x 800
	B2	350 x 700
	B3	250 x 500
	B4	200 x 400
	B5	110 x 200

Sumber: CV. Tiara Indah Konsultan

Tabel 18. Tipe dan dimensi kolom

Lokasi	Kode Kolom	Dimensi (mm)
Lantai 1	K1	650 x 800
Lantai 2	K2	650 x 650
Lantai 3	K3	400 x 650
Lantai 4	K4	400 x 400
	KP	110 x 110

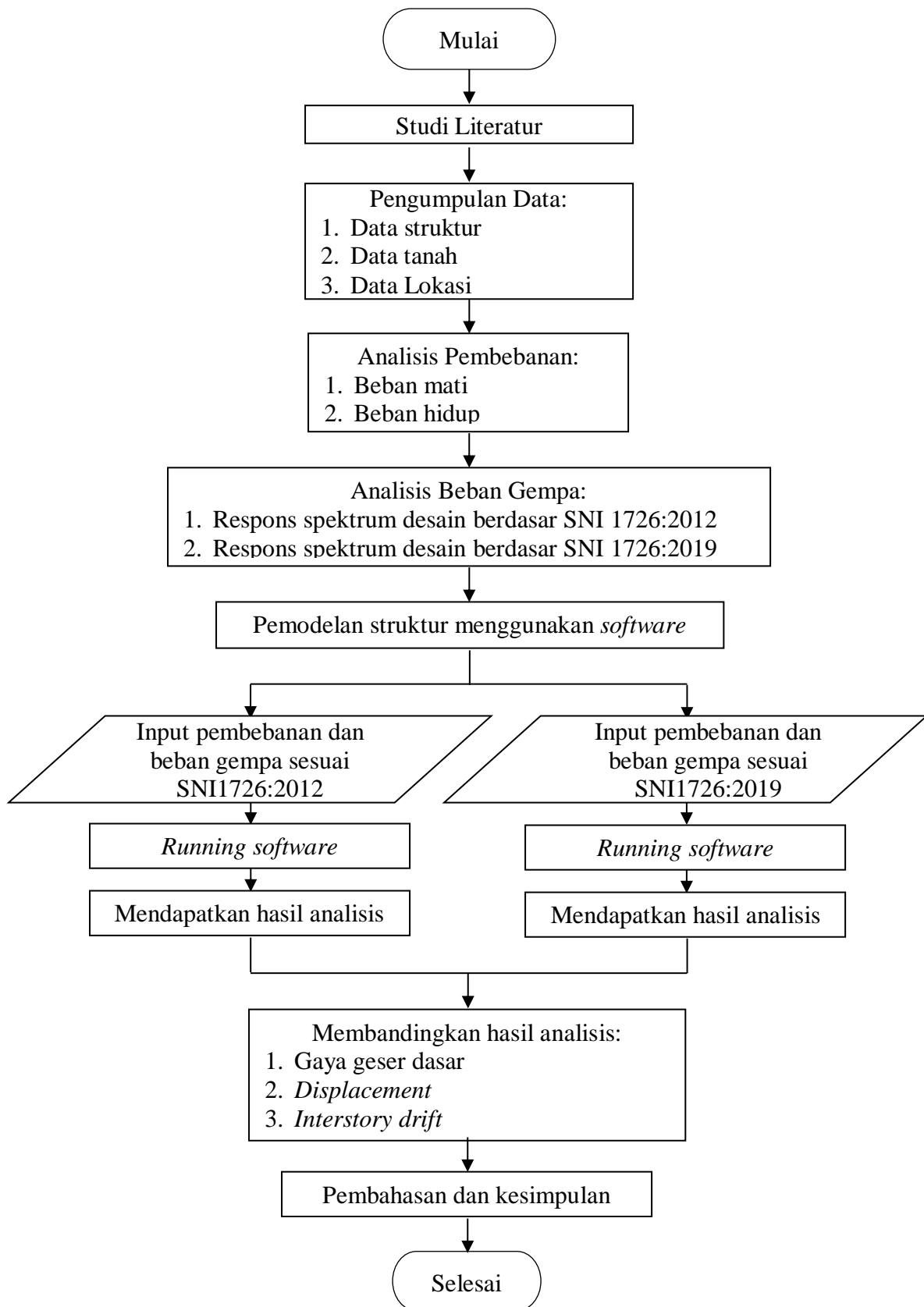
Sumber: CV. Tiara Indah Konsultan

D. Tahapan Penelitian

Untuk melaksanakan penelitian, langkah-langkah analisis akan dilakukan sesuai dengan tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur berdasarkan buku, jurnal, atau karya ilmiah lainnya yang sudah terbit sebelumnya.
2. Mengumpulkan data berupa data struktur, data gambar (*shop drawing/as built drawing*), serta data SPT untuk menentukan klasifikasi jenis tanah.
3. Menghitung pembebanan seperti beban mati, beban hidup, juga beban tambahan.
4. Melakukan perhitungan untuk menentukan grafik fungsi respon spektrum desain sesuai SNI 1726:2012.
5. Melakukan perhitungan untuk menentukan grafik fungsi respon spektrum desain sesuai SNI 1726:2019.
6. Membuat model struktur Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek pada *software* menyesuaikan dengan properti struktur berupa dimensi, bahan, dan mutu bahan.
7. Input pembebanan berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa masing-masing berdasarkan respon spektrum desain sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.
8. *Running* analisis untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur berupa gaya geser, *displacement*, dan simpangan yang terjadi.
9. Membandingkan hasil analisis struktur dengan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.
10. Menyimpulkan hasil analisis.

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 15. Diagram alir penelitian.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dinamik respon spektrum menggunakan *software* analisis struktur terhadap Struktur Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Abdul Moeloek, Kota Bandar Lampung, dengan gempa masukan respon spektrum SNI 1726:2012 dan respon spektrum SNI 1726:2019, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2019 mempunyai nilai parameter yang lebih besar dibandingkan dengan respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012. Parameter percepatan spektral gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek, S_s pada respon spektrum SNI 1726:2012 sebesar 0,757 g dan pada respon spektrum SNI 1726:2019 sebesar 0,872 g. Untuk periode 1 detik, S_1 pada respon spektrum SNI 1726:2012 sebesar 0,323 g dan pada respon spektrum SNI 1726:2019 sebesar 0,432 g.
2. Gaya lateral yang terdistribusi pada tiap-tiap lantai akibat beban gempa masukan respon spektrum SNI 1726:2019 lebih besar daripada gaya yang dihasilkan akibat gempa masukan respon spektrum SNI 1726:2012. Gaya lateral terbesar terjadi pada lantai atap sebesar 5591,2407 kN, akibat gempa masukan respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019.
3. Gaya geser dasar tingkat yang terjadi pada tiap tingkat berdasarkan analisis respon spektrum sesuai SNI 1726:2019 lebih besar dibandingkan hasil analisis berdasarkan SNI 1726:2012. Pada analisis dengan gempa masukan respon spektrum sesuai SNI 1726:2012 didapatkan gaya geser

dasar seismik sebesar 12900,4864 kN dan pada analisis dengan gempa masukan respon spektrum sesuai SNI 1726:2019 didapatkan gaya geser dasar seismik sebesar 14931,0787 kN.

4. Nilai *displacement* pada arah x yang terjadi akibat gempa masukan respon spektrum SNI 1726:2019 lebih besar dibandingkan nilai *displacement* yang terjadi akibat gempa masukan respon spektrum SNI 1726:2012. Nilai *displacement* paling signifikan terjadi pada lantai atap dengan elevasi 16,8 m sebesar 21,805 mm sesuai SNI 1726:2012 dan 24,627 mm sesuai SNI 1726:2019. Sementara pada arah y, struktur mengalami *displacement* lebih besar daripada arah x. Nilai *displacement* paling signifikan terjadi pada lantai atap dengan elevasi 16,8 m sebesar 24,295 mm sesuai SNI 1726:2012 dan 25,892 mm sesuai SNI 1726:2019.
5. *Interstory drift* arah x paling signifikan terjadi di lantai atap yaitu sebesar 13,6375 mm akibat gempa desain respon spektrum SNI 1726:2012 dan 21,5233 mm akibat gempa desain respon spektrum SNI 1726:2019. Sementara pada arah y paling signifikan terjadi di lantai 3 yaitu sebesar 29,1331 mm akibat gempa desain respon spektrum SNI 1726:2012 dan 31,4820 mm akibat gempa desain respon spektrum SNI 1726:2019. *Interstory drift* yang terjadi akibat gempa desain respon spektrum SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 masih dalam kategori aman karena tidak melebihi *interstory drift* ijin yaitu 48,4615 mm.

B. Saran

Adapun saran yang dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya yaitu:

1. Menggunakan objek penelitian berupa struktur gedung dengan tingkat yang lebih tinggi.
2. Menggunakan metode analisis lainnya seperti analisis statik ekuivalen , analisis riwayat waktu dan analisis *push over*.
3. Menggunakan metode analisis non linear untuk hasil yang lebih detail.
4. Menggunakan jenis *software* analisis struktur lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*, SNI 1726:2012. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*, SNI 1726:2019. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Chopra, KA. 2012. *Dynamic of Structures Theory And Applications To Earthquake Engineering 4/E, Four*. USA: Pearson Education, Inc.
- Cornelis R, Wilhelmus B, Bonaventura H.U. 2014. *Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat, Gaya Geser Dasar, Perpindahan Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan Peraturan Gempa SNI 1726-2002 Dan SNI 1726-2012*. Jurnal Teknik Sipil, 3-2. Universitas Nusa Cendana. Kupang.
- Darmawan R, Susanti E, Fitriyah DK. 2021. *Studi Komparasi Parameter Respons Spectrum Gempa SNI 1726-2012 Terhadap SNI 1726-2019 dengan Studi Kasus Gedung C STIE Perbanas*. Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan, dan Infrastruktur II. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Surabaya.
- Farlianti S, Sapta S. 2020. *Perhitungan Respon Spektra Percepatan Gempa Kota Palembang Berdasarkan SNI 1726;2019 Sebagai Revisi Terhadap SNI1726;2012*. Jurnal Ilmiah Teknika. Fakultas Teknik Universitas IBA. Palembang.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA 451). 2006. *NEHRP Recommended Provisions: Design Examples*. Washington, D.C.: Building Seismic Safety Council of the National Institute of Building Sciences.
- Halawa VN, dkk. 2022. *Studi Analisis Gedung Bertingkat Dengan Perbandingan SNI-1726-2012 dan SNI-1726-2019 Terhadap Rasio Tulangan (Studi Kasus Rumah Susun Pasar Jumat Jakarta Selatan)*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain. Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Kementrian Pekerjaan Umum . 2010. *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 Sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa*. Peta Gempa Indonesia 2010. Jakarta.

Wicaksana A, Rosyidah A. 2021. *Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, 18-1. Politeknik Negeri Padang. Padang.