

**PERBANDINGAN PERCEPATAN SPEKTRAL DESAIN DI  
PROVINSI ACEH DALAM SNI 1726:2019 DAN SNI 1726:2012**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**CUT MUTIARA AZHARI PUTRI  
188110021**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 1/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)1/12/23

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Perbandingan Percepatan Spektal Desain Di Provinsi Aceh  
Dalam SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012  
Nama : Cut Mutiara Azhari Putri  
NPM : 188110021  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T  
Pembimbing



Dr. Rahmawati Kom., M.Kom



Tika Nur Hafidhah, S.T., M.T

Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 9 Agustus 2023

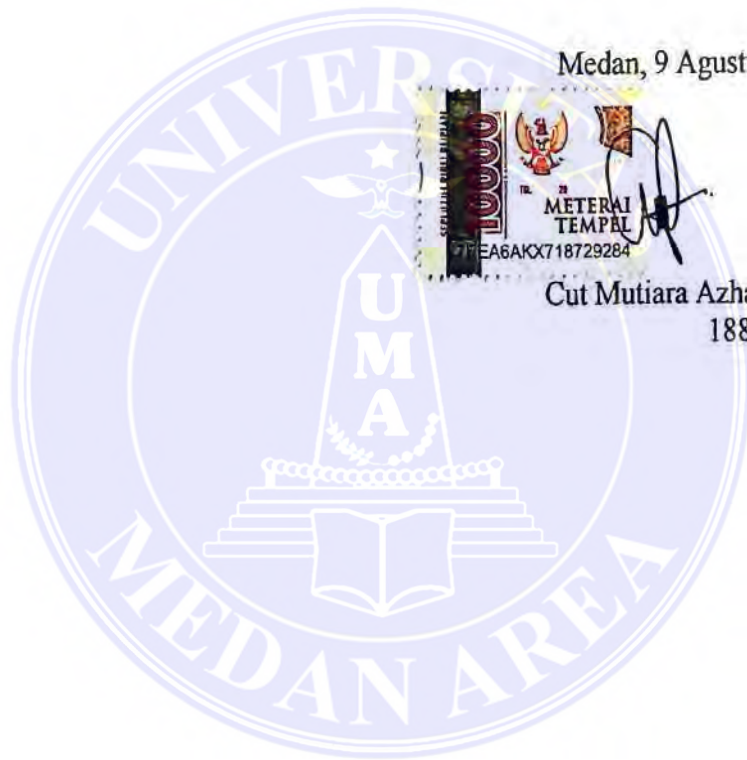
## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 9 Agustus 2023



Cut Mutiara Azhari Putri  
188110021



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Cut Mutiara Azhari Putri  
NPM : 188110021  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Perbandingan Percepatan Spektal Desain Di Provinsi Aceh Dalam SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 9 Agustus 2023  
Yang menyatakan



(Cut Mutiara Azhari Putri)

## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Bencana dengan judul Perbandingan Percepatan Spektal Desain Di Provinsi Aceh Dalam SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng., M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area, Bapak Dr. Rahmad Syah, S. Kom., M. Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil, Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan serta motivasi kepada penulis sampai penulisan skripsi ini selesai. Disamping itu penghargaan istimewa penulis sampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan restu serta motivasi dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Kepada rekan yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Cut Mutiara Azhari Putri)

## ABSTRAK

Provinsi Aceh merupakan salah satu provinsi yang paling sering terkena dampak gempa, banyak kerusakan struktural pada bangunan yang diakibatkan oleh bencana gempa bumi. Dalam hal ini perencanaan dan evaluasi struktur tahan gempa secara menyeluruh perlu sebuah peraturan perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Perbandingan parameter spektral respons desain dan Percepatan spektral desain ( $S_1$ ,  $S_s$ ,  $F_a$ ,  $F_v$ ,  $S_{DS}$ , dan  $S_{D1}$ ) antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 adalah parameter yang diukur dan diamati dalam penelitian ini. Grafik spektrum respons dibuat untuk tiga kelas situs (tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras) dalam rencana kota/kabupaten yang sedang ditinjau. Tulisan ini bertujuan untuk membandingkan parameter percepatan respon spektra desain SNI 1726:2012 dengan SNI 1726:2019 pada Kabupaten/kota di Aceh. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua kabupaten di Provinsi Aceh telah memiliki nilai parameter - parameter untuk percepatan desain berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. Dari hasil perbandingan, dapat dilihat bahwa Nilai parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) mengalami kenaikan dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019 pada dua kelas situs tanah Keras (SC) dan kelas situs sedang (SD). Sedangkan pada kelas situs tanah lunak (SE) mengalami penurunan dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019. Oleh karenanya perlu segera untuk menilai keamanan struktur di daerah-daerah ini yang dibangun sesuai dengan peraturan gempa SNI 1726:2012. Begitu juga perlu meninjau ulang untuk struktur yang sedang dibangun saat ini atau dalam waktu dekat perencanaan.

Kata Kunci : Percepatan Spektral, SNI 1726:2019, SNI 1726:2012

## ABSTRACT

*Aceh Province is one of the provinces most frequently affected by earthquakes, a lot of structural damage to buildings caused by earthquake disasters. In this case the planning and evaluation of earthquake-resistant structures as a whole needs an earthquake-resistant building structure planning regulation. Comparison of design response spectral parameters and design spectral acceleration ( $S_1$ ,  $S_s$ ,  $F_a$ ,  $F_v$ ,  $SDS$ , and  $SD1$ ) between SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019 are the parameters measured and observed in this study. Response spectrum graphs were created for three site classes (soft soil, medium soil, and hard soil) in the city/district plan under review. This paper aims to compare the acceleration parameters of the design response spectra of SNI 1726:2012 with SNI 1726:2019 in districts/cities in Aceh. The analysis shows that all districts in Aceh Province already have parameter values for design acceleration based on SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019. From the comparison results, it can be seen that the value of the acceleration spectral response parameter in the short period ( $SDS$ ) and 1 second period ( $SD1$ ) has increased from SNI 1726: 2012 to SNI 1726: 2019 in two classes of hard soil sites ( $SC$ ) and medium site classes ( $SD$ ). While the soft soil site class ( $SE$ ) has decreased from SNI 1726:2012 to SNI 1726:2019. Therefore, it is necessary to immediately assess the safety of structures in these areas that were built in accordance with SNI 1726:2012 earthquake regulations. It is also necessary to review for structures that are being built currently or in the near future planning.*

*Keywords: Spectral Acceleration, SNI 1726:2019, SNI 1726:2012*

## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu.....	10
2.3 Pengertian Gempa .....	13
2.4 Jenis – Jenis Gempa .....	17
2.5 Karakteristik Gempa .....	20
2.6 Kelompok Gempa .....	20
2.7 Sumber Energi Gempa .....	21
2.8 Penyebab Alami Gempa.....	23
2.9 Kerusakan Struktur Akibat Gempa .....	24
2.10 Parameter Dasar Gempa.....	26
2.11 Filosofi Bangunan Tahan Gempa .....	27
2.12 Konsep Dasar Perencanaan Bangunan Tahan Gempa .....	28
2.13 Struktur Bangunan Tahan Gempa.....	29
2.14 Koefisien-koefisien situs dan Parameter-parameter respon Spektra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) SNI 1726:2019 .....	29
2.15 Parameter Percepatan Spektal Desain SNI 1726:2019 .....	31
2.16 Spektrum Respon Desain SNI 1726:2019 .....	32
2.17 Koefisien-koefisien situs dan Parameter-parameter respon Spektra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) SNI 1726:2012 .....	34
2.18 Parameter Percepatan Spektal Desain SNI 1726:2012 .....	36



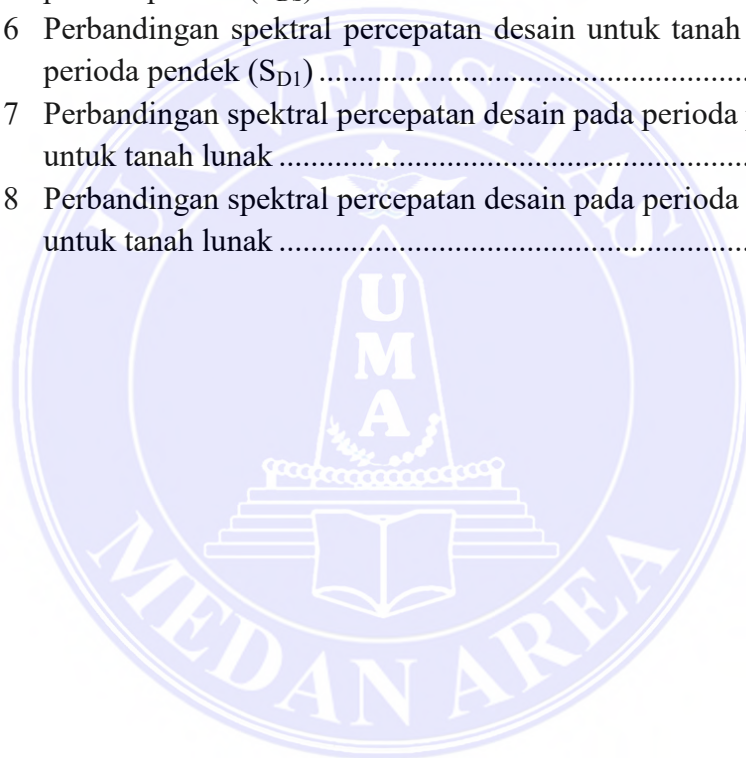
2.19	Spektrum Respon Desain SNI 1726:2012 .....	36
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN .....	38
3.1	Umum.....	38
3.2	Studi Literatur .....	38
3.3	Data Penelitian .....	39
3.4	Tahapan Penelitian.....	40
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	42
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	43
4.1	Hasil .....	43
4.1.1	Menentukan Nilai Parameter $S_s$ dan $S_1$ Terhadap SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 dari peta $MCE_R$ .....	48
4.1.2	Menentukan koefisien Situs, $F_a$ dan $F_v$ Terhadap SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.....	51
4.1.3	Menentukan Nilai Parameter Respon Spektrum pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) ..	54
4.1.4	Hasil Nilai Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan untuk periode pendek $S_s$ dan periode 1 detik $S_1$ .....	58
4.2	Pembahasan.....	64
BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	68
4.1	Kesimpulan .....	68
4.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	.....	70

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 2 Koefisien situs, $F_a$ .....	31
Tabel 3 Koefisien situs, $F_v$ .....	31
Tabel 4 Koefisien situs, $F_a$ .....	35
Tabel 5 Koefisien situs, $F_v$ .....	35
Tabel 6 Kota/Kabupaten yang di tinjau .....	39
Tabel 7 Perbandingan nilai parameter respons spektral percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan untuk periode pendek, $S_s$ .....	49
Tabel 8 Perbandingan nilai parameter respons spektral percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan untuk periode 1 detik, $S_1$ .....	50
Tabel 9 Hasil koefisien situs, $F_a$ dan $F_v$ terhadap SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 untuk tanah keras (SC) .....	51
Tabel 10 Hasil koefisien situs, $F_a$ dan $F_v$ terhadap SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 untuk tanah sedang .....	52
Tabel 11 Hasil koefisien situs, $F_a$ dan $F_v$ terhadap SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 untuk tanah lunak .....	53
Tabel 12 Hasil nilai periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) untuk tanah keras .....	55
Tabel 13 Hasil nilai periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) untuk tanah sedang .....	56
Tabel 14 Hasil nilai periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) untuk tanah Lunak .....	57
Tabel 15 Hasil nilai parameter respons spektral percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan untuk periode pendek $S_s$ dan periode 1 detik $S_1$ pada tanah keras .....	59
Tabel 16 Hasil nilai parameter respons spektra percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan untuk periode pendek $S_s$ dan periode 1 detik $S_1$ pada tanah sedang .....	61
Tabel 17 Hasil nilai parameter respons spektra percepatan Gempa $MCE_R$ terpetakan untuk periode pendek $S_s$ dan periode 1 detik $S_1$ pada tanah lunak.....	63

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Peta Provinsi Aceh .....	39
Gambar 2 Diagram Alir Penelitian .....	42
Gambar 3 Perbandingan spektral percepatan desain untuk tanah keras pada periode pendek ( $S_{DS}$ ) .....	60
Gambar 4 Perbandingan spektral percepatan desain untuk tanah keras pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) .....	60
Gambar 5 Perbandingan spektral percepatan desain untuk tanah sedang pada periode pendek ( $S_{DS}$ ) .....	62
Gambar 6 Perbandingan spektral percepatan desain untuk tanah sedang pada periode pendek ( $S_{D1}$ ) .....	62
Gambar 7 Perbandingan spektral percepatan desain pada periode pendek ( $S_{DS}$ ) untuk tanah lunak .....	64
Gambar 8 Perbandingan spektral percepatan desain pada periode pendek ( $S_{D1}$ ) untuk tanah lunak .....	64



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika mendefinisikan gempa bumi sebagai peristiwa ketika bumi secara tiba-tiba melepaskan energi dan ditandai dengan patahnya lapisan batuan di kerak bumi (BMKG, 2023). Fenomena getaran dan guncangan di kerak bumi dapat menyebabkan gempa bumi. Elemen utama yang mempengaruhi permukaan bumi adalah tumbukan dan gesekan kerak bumi. Bangunan dan infrastruktur, terutama bangunan bertingkat tinggi, rentan terhadap kerusakan akibat gempa bumi (Maryanti & Saputra, 2019). Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa bangunan dan infrastruktur tidak dapat ditopang oleh bangunan dan infrastruktur saat terjadi gempa bumi. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi kerusakan tersebut, yaitu dengan membangun bangunan yang tahan terhadap gempa bumi.

Indonesia merupakan salah satu negara yang paling rawan gempa di dunia (Akbar *et al*, 2018). Hal ini dikarenakan Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indonesia-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik (Ambarwati, 2020). Dampak dari gempa bumi yang terjadi di Indonesia baru-baru ini, seperti yang terjadi di Aceh (2004), Yogyakarta (2006), Padang (2007), Lombok (2018), dan Palu (2018), telah menimbulkan banyak kerusakan, terutama pada bangunan, dan banyak korban jiwa (Faiza, 2019). Lokasi dan waktu terjadinya gempa bumi tidak dapat diprediksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan persiapan untuk menghadapi gempa bumi pada konstruksi bangunan di Indonesia (Zulfiar & Jayady, 2018).

Provinsi Aceh merupakan salah satu provinsi yang paling sering terkena dampak gempa bumi di wilayah Indonesia. Banyak kerusakan struktural pada bangunan yang diakibatkan oleh bencana gempa bumi. Gempa bumi terbesar yang pernah terjadi di Indonesia adalah gempa bumi signifikan yang melanda Provinsi Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 dengan kekuatan 9,3 SR (Havwina *et al*, 2017). Provinsi Aceh Terdiri dari 23 Kota/Kabupaten. Menurut Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Provinsi Aceh berada di zona merah bencana akibat keberadaan lempeng tersebut karena berpotensi menimbulkan perubahan tanah dan gempa bumi (BMKG, 2023).

Dalam hal ini perencanaan dan evaluasi struktur tahan gempa secara menyeluruh dengan memperhitungkan gaya lateral akibat pembebanan gempa sesuai dengan persyaratan terbaru. Sebuah peraturan perencanaan struktur bangunan tahan gempa SNI 1726-2012 telah diterapkan di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir (Nurjaman, 2015). Namun, SNI 1726-2012 dinilai kurang dapat diterima untuk digunakan sebagai pedoman untuk membangun struktur tahan gempa mengingat banyaknya gempa signifikan yang terjadi setelah tahun 2012 (Iskandar, 2020). Desain respons spektrum SNI 1726-2012 dibandingkan dengan desain respons spektrum SNI 1726-2019 sebagai bagian dari pembaharuan yang dilakukan terhadap peraturan perencanaan struktur bangunan tahan gempa SNI 1726-2019.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar perubahan spektral respons gempa di Provinsi Aceh akibat perubahan peraturan gempa dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019

2. Bagaimana implikasi penerapan desain respon spektral antara SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perubahan spektral respons gempa di Provinsi Aceh akibat perubahan peraturan gempa dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019.
2. Untuk mengetahui implikasi penerapan desain respon *spektral* antara SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan pemahaman tentang perubahan spektral respons gempa akibat perubahan peraturan gempa dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019 di Provinsi Aceh .
2. Mengetahui perbandingan ketahanan struktur akibat pengaruh beban gempa dan tanpa pengaruh beban gempa.
3. Menambah pengetahuan tentang penggunaan program analisis struktur khususnya pada analisis kekuatan struktur gedung bertingkat akibat pengaruh beban gempa memakai metode analisis dinamik respon spektrum.
4. Meningkatkan pemahaman tentang perilaku struktur bangunan saat terjadi gempa.
5. Memberikan manfaat terhadap proses pengembangan dan pembelajaran khususnya dalam perencanaan struktur gedung bertingkat tahan gempa.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Hasibuan *et al* (2023), melakukan penelitian dengan judul Perbandingan Spektra Desain Di Provinsi Nusa Tenggara Timur dalam SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012. Metode Penelitian ini menggunakan *Google Maps* untuk memperoleh informasi koordinat setiap kota dan wilayah di Provinsi NTT . Untuk SNI 1726 Tahun 2012 dapat mengakses <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/> dan untuk SNI 1726 Tahun 2019 dapat mengakses <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> untuk mendapatkan  $S_1$  dan  $S_s$  dan  $S_s$  parameter dengan memberikan koordinat berupa lintang dan bujur . Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan parameter percepatan spektrum respon desain SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 di kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), yang dapat dimanfaatkan sebagai data pengkajian keamanan bangunan dalam upaya pengurangan bencana gempa bumi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh kabupaten di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) telah menyediakan angka perbandingan percepatan desain berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726: 2019 Berdasarkan hasil perbandingan, beberapa kabupaten/kota mengalami peningkatan nilai spektral percepatan rencana periode pendek ( $S_{Ds}$ ) dan percepatan rencana ituspektral periode 1 detik ( $S_{D1}$ ), sementara kabupaten lainnya mengalami penurunan. Banguna 10 lantai akan terkena dampak percepatan desain spektral dalam periode 1 detik ( $S_{D1}$ ), bangunan yang dibangun di area dengan peningkatan yang cukup besar perlu dinilai ketahanan gempunya.

Mizanuddin *et al* (2022), melakukan penelitian dengan judul Studi Perbandingan Spektrum Respons Desain SNI 1726:2019 Terhadap SNI 1726:2012 Di Provinsi Sumatera Utara. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode numerik berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah ada pada masing-masing dengan langkah awal menentukan  $S_s$  dan  $S_1$ . Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis perubahan tersebut di 33 kota/kabupaten di Provinsi Sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$ , serta parameter percepatan respons spektral  $S_s$  dan  $S_1$  di sebagian besar kota/kabupaten yang ditinjau. Beberapa kota/kabupaten mengalami kenaikan nilai, penurunan nilai, atau tetap tidak berubah. Perubahan ini juga mempengaruhi parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek. Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat perubahan nilai koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  yang bervariasi antara dua versi standar SNI 1726 2012 dan SNI 1726:2019. Perubahan ini dapat berpengaruh pada ketahanan bangunan terhadap gempa, terutama untuk bangunan dengan kategori risiko III dan IV.

Agustinus *et al* (2022), melakukan penelitian dengan judul Perbandingan Nilai Parameter Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 Pada Kecamatan-kecamatan Di Kabupaten Bantul Yogyakarta. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode numerik berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah ada pada masing-masing dengan langkah awal menentukan  $S_s$  dan  $S_1$ . Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan besarnya parameter spektrum respons desain antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 di daerah Bantul Yogyakarta, Indonesia. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan besarnya parameter spektrum respon desain antara SNI 1726:2012 dan



SNI 1726:2019. Nilai  $S_s$  dan  $S_1$  pada sebagian besar kecamatan mengalami kenaikan dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019, namun beberapa kecamatan yang mengalami penurunan dan kenaikan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  ini berpengaruh pada keamanan gedung, terutama gedung dengan tinggi 2 hingga 8 lantai. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi keamanan bangunan yang sudah terbangun atau sedang dibangun berdasarkan SNI 1726:2012 di kecamatan-kecamatan tersebut.

Agustinus (2021), melakukan penelitian dengan judul Perbandingan Parameter Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012 dengan SNI 1726:2019 Pada 39 Kabupaten/Kota Di Pulau Jawa. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode numerik berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah ada pada masing-masing dengan langkah awal menentukan  $S_s$  dan  $S_1$ . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan parameter respons spektra desain antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 di 39 kabupaten/kota yang dipilih di Jawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 6 sebagian besar kabupaten/kota mengalami peningkatan nilai parameter, yang memiliki implikasi terhadap keamanan bangunan di daerah rawan gempa. Penulis merekomendasikan untuk mengevaluasi keamanan bangunan yang sudah ada dan menerapkan langkah mitigasi berdasarkan SNI 1726:2019.

Asril *et al* (2021), melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Karakteristik Rekaman Gempa Terhadap Respon Spektrum. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode numerik berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah ada pada masing-masing dengan langkah awal menentukan  $S_s$  dan  $S_1$ . Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi frekuensi rekaman gempa terhadap parameter-parameter tersebut. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa variasi frekuensi rekaman gempa memiliki pengaruh signifikan terhadap peak ground acceleration, velocity, dan displacement di permukaan. Hal ini penting untuk memperhatikan dalam desain dan konstruksi struktur, seperti jembatan Fly Over, guna memastikan keamanan dan ketahanan terhadap gempa.

M.Farhan & M fauzan (2020), melakukan penelitian dengan judul Perilaku Dinamik Pada Struktur Apartemen Metro Galaxy Park Terhadap Beban Gempa. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode numerik berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah ada pada masing-masing dengan langkah awal menentukan  $S_s$  dan  $S_1$ . Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan keamanan dan keandalan struktur, memberikan informasi yang berguna bagi perencana dan insinyur dalam merancang struktur bangunan yang tahan gempa, serta mengembangkan metode analisis dan perencanaan struktur yang lebih efektif dan efisien dalam menghadapi gempa bumi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur apartemen Metro Galaxy Park memiliki periode getar yang berbeda pada setiap mode shape. Analisis partisipasi massa menunjukkan bahwa jumlah ragam vibrasi yang ditinjau telah mencapai partisipasi massa minimum 90%. Selain itu, analisis gaya geser dasar menunjukkan bahwa besarnya gaya geser dasar yang didapat dari analisis respon spektrum memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Sari & Sapta (2020), melakukan penelitian ini dengan judul Perhitungan Respon Spektra Percepatan Gempa Desain Kota Palembang Berdasarkan SNI 1726:2019 Dengan Cara Manual Dan Menggunakan Aplikasi Online Spektrum Respon Desain Indonesia 2019. Metode penelitian menggunakan perhitungan manual dan Microsoft Office Excel maupun metode perhitungan dengan

menggunakan perangkat daring Spektrum Respons Desain Indonesia 2019 digunakan dalam penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestimasi besarnya respons spektra gempa desain kota Palembang dengan menggunakan pendekatan manual dan perangkat daring Spektrum Respons Desain Indonesia 2019. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perubahan nilai yang cukup besar antara pendekatan manual dan aplikasi online Spektrum Respons Desain Indonesia 2019 dalam menghitung respons spektrum gempa desain. Ketika menghasilkan nilai respons spektrum untuk spektrum respons perioda panjang, 10 aplikasi online lebih akurat dibandingkan dengan metode perhitungan manual yang cenderung memberikan nilai respons spektrum yang lebih besar, terutama untuk spektrum respons perioda pendek.

Det & Nabilla (2020), melakukan penelitian dengan judul Perbandingan Karakteristik Respon Spektra Pada Tanah Tidak Terlikuefaksi Dan Terlikuefaksi Dengan Metode Site-Specific Response Analysis (Ssra). Metode penelitian yang digunakan adalah PSHA, yang melibatkan pengumpulan data parameter tanah, seperti nilai N-SPT, persentase butiran halus, dan rasio energi, serta mempertimbangkan fungsi atenuasi dan *logic tree* untuk memperoleh respon spektra di batuan dasar. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi yang akurat dan dapat digunakan dalam perencanaan dan desain struktur bangunan agar dapat tahan terhadap gempa bumi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa percepatan di batuan dasar (PGA) untuk periode ulang 1000 tahun atau 7% probabilitas terlampaui dalam 75 tahun adalah 0,342g. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti potensi likuifaksi di lokasi pembangunan Jembatan dan pentingnya mempertimbangkan faktor ini dalam perencanaan dan desain struktur

bangunan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan informasi yang dapat digunakan dalam perencanaan dan desain struktur bangunan agar dapat tahan terhadap gempa bumi di lokasi pembangunan Jembatan dekat bandara Ngurah Rai Bali.

Hadi *et al* (2019), melakukan penelitian dengan judul Analisis Spektrum Respon Desain Gedung Reaktor Rde Menggunakan Sap2000. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis dinamik respons spektrum. Analisis ini dilakukan dengan bantuan program SAP 2000. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis respons spektrum gedung reaktor RDE di Serpong menggunakan program SAP2000 dan berdasarkan spektrum desain sesuai dengan SNI 1726-2012. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa gedung reaktor RDE memenuhi kriteria level *Immediate Occupancy*, yang berarti gedung aman terhadap gempa, risiko korban jiwa dari kegagalan struktur tidak signifikan, dan gedung dapat segera difungsikan kembali setelah gempa.

Azis & Anis (2019), melakukan penelitian dengan judul Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode numerik berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah ada pada masing-masing dengan langkah awal menentukan  $S_s$  dan  $S_1$ . Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan perbedaan antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 dalam perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia, serta menganalisis respon spektrum menggunakan kedua standar tersebut. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Analisis respon spektrum menggunakan kedua standar

mengungkapkan variasi dalam nilai percepatan spektral dan periode getar fundamental struktur. Perbandingan perilaku struktur yang dirancang 8 menggunakan kedua standar juga menunjukkan perbedaan dalam gaya geser dasar, simpangan, dan simpangan antar lantai. Penggunaan SNI 1726:2019 menghasilkan nilai simpangan antar lantai yang lebih tinggi dibandingkan dengan SNI 1726:2012.

Kukuh (2019), melakukan penelitian dengan judul Respon Spektra Gempa Kota Yogyakarta, Surakarta Dan Semarang Berdasarkan Peta Gempa SNI 2012 dan Peta Gempa 2017. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode numerik berdasarkan persamaan-persamaan yang sudah ada pada masing-masing dengan langkah awal menentukan  $S_s$  dan  $S_1$ . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan desain spektrum respons gempa berdasarkan SNI 2012 dan Peta Gempa 2017 di kota Yogyakarta, Surakarta, dan Semarang, serta untuk mengetahui perbedaan respons spektral gempa antara kedua metode tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan respons spektral gempa antara SNI 2012 dan Peta Gempa 2017 di kota-kota Yogyakarta, Surakarta, dan Semarang. Pada periode pendek, terjadi peningkatan percepatan batuan dasar di Yogyakarta dan Surakarta, 12 sedangkan di Semarang terjadi penurunan percepatan. Namun, pada periode 1 detik terjadi peningkatan percepatan batuan dasar di ketiga kota tersebut.

## 2.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang Perbandingan Percepatan Spektal Di Provinsi Aceh Dalam SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012 cukup banyak dilakukan oleh para

peneliti terdahulu, namun demikian penelitian ini tetap memiliki perbedaan dengan peneliti terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu (Analisis Peneliti, 2023)

No.	Penelitian Terdahulu	Perbedaan
1.	Hasibuan <i>et al</i> (2023), Perbandingan Spektra Desain Di Provinsi Nusa Tenggara Timur dalam SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012.	Hasibuan <i>et al</i> (2023), melakukan penelitian pada Provinsi Nusa Tenggara Timur. Sedangkan penulis melakukan penelitian di Provinsi Aceh.
2.	Mizanuddin <i>et al</i> (2022), Perbandingan Spektrum Respons Desain SNI 1726:2019 Terhadap SNI 1726:2012 Di Provinsi Sumatera Utara.	Mizanuddin <i>et al</i> (2022), meninjau 33 kota/kabupaten. di Provinsi Sumatera Utara. Sedangkan penulis membahas perubahan yang ditinjau di 23 kota/kabupaten Provinsi Aceh.
3.	Agustinus <i>et al</i> (2022), Perbandingan Nilai Parameter Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012 Dan SNI 1726:2019 Pada Kecamatan-kecamatan Di Kabupaten Bantul Yogyakarta.	Agustinus <i>et al</i> (2022), Gempa yang terjadi di kabupaten Bantul tahun 2006 mendasari 17 kecamatan di Bantul dijadikan sebagai objek penelitian. Sedangkan penulis melakukan objek penelitian gempa yang mendasari 23 kota/kabupaten di Provinsi Aceh.
4.	Agustinus (2021), Perbandingan Parameter Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012 Dengan SNI 1726:2019 Pada 39 Kabupaten/Kota Di Pulau Jawa.	Agustinus (2021), Sebanyak 39 kabupaten/kota terpilih di pulau Jawa, digunakan sebagai objek penelitian. Sedangkan penulis memilih 23 kabupaten/kota di Provinsi Aceh yang digunakan sebagai objek penelitian.
5.	Asril, <i>et.al</i> (2021), Pengaruh Karakteristik Rekaman Gempa Terhadap Respon Spektrum.	Studi kasus penelitian berada pada flyover Simpang SKA Jl. Tuanku Tambusai. Sedangkan penulis melakukan studi kasus di Provinsi Aceh.

No.	Penelitian Terdahulu	Perbedaan
6.	M.Farhan & M fauzan (2020), Perilaku Dinamik Pada Struktur Apartemen Metro Galaxy Park Terhadap Beban Gempa.	Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan bangunan, menganalisis kekakuan, periode getaran dan geser dasar kekuatan struktur, dan juga untuk menentukan bentuk modus dan partisipasi massa. Sedangkan penulis bertujuan untuk mengetahui perubahan spektral respons gempa akibat perubahan peraturan gempa SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 serta mengevaluasi implikasi penerapan desain respon spektral antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.
7.	Sari & Sapta (2020), Perhitungan Respon Sprktra Percepatan Gempa Desain Kota Palembang Berdasarkan SNI 1726:2019 Dengan Cara Manual Dan Menggunakan Aplikasi Online Spektrum Respon Desain Indonesia 2019.	Dari hasil peninjauan perhitungan didapatkan bahwa perhitungan manual menghasilkan perhitungan tidak se akurasi perhitungan dengan menggunakan program khususnya dalam penentuan besarnya percepatan spektra dibatuan dasar ( $S_1$ dan $S_s$ ) bertepatan dengan lokasi bangunan yang akan didirikan. Sedangkan Penelitian menggunakan <i>Google Maps</i> , Microsoft Excel dan Memasukkan lintang dan bujur pada <a href="https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/">https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/</a> untuk SNI 1726:2019 dan <a href="https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/">https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/</a> untuk SNI 1726:2012 untuk mendapatkan parameter $S_1$ dan $S_s$ .
8.	Det & Nabilla (2020), Perbandingan Karakteristik Respon Spektra Pada Tanah Tidak Terlikuefaksi Dan Terlikuefaksi Dengan Metode Site-Specific Response Analysis (Ssra).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penelitian ini dilakukan pada suatu desain Jembatan dekat bandara Ngurah Rai Bali, sedangkan penulis melakukan penelitian dengan meninjau 23 kota/kabupaten di Provinsi Aceh.</li> <li>2. Nilai respon spektra dibatuan dasar diperoleh dengan menggunakan metode probabilistik seismic hazard analysis (PSHA), sedangkan penulis Penelitian menggunakan <i>Google Maps</i>, Microsoft Excel dan Memasukkan</li> </ol>

No.	Penelitian Terdahulu	Perbedaan
		lintang dan bujur pada <a href="https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021//">https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021//</a> untuk SNI 1726:2019 dan <a href="https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/">https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/</a> untuk SNI 1726:2012 untuk mendapatkan parameter $S_1$ dan $S_s$ .
9.	Hadi et al (2019), Analisis Spektrum Respon Desain Gedung Reaktor Rde Menggunakan Sap2000	Metode penelitian ini menggunakan analisis dinamik respons spektrum yang dibantu dengan program SAP2000. Sedangkan Penelitian menggunakan <i>Google Maps</i> , Microsoft Excel dan Memasukkan lintang dan bujur pada <a href="https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021//">https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021//</a> untuk SNI 1726:2019 dan <a href="https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010//">https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010//</a> untuk SNI 1726:2012 untuk mendapatkan parameter $S_1$ dan $S_s$ .
10.	Azis & Anis (2019), Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019.	Penelitian membandingkan detail komponen struktur serta menggunakan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019. Sedangkan penulis melakukan penelitian perbandingan percepatan respon spectrum desain.
11.	Kukuh (2019), Respon Spektra Gempa Kota Yogyakarta, Surakarta Dan Semarang Berdasarkan Peta Gempa SNI 2012 dan Peta Gempa 2017.	Studi kasus yang di bahas pada kota/kabupaten yogyakarta, surakarta dan semarang, sedangkan penulis di kota/kabupaten di provinsi Aceh.

### 2.3 Pengertian Gempa

Gempa bumi merupakan bencana alam yang sering terjadi, terutama akibat interaksi lempeng tektonik (Irawan *et al*, 2020). Di indonesia, Kepulauan



Indonesia terletak pada pertemuan 4 (empat) lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia, Australia, Pasifik, dan Filipina (Hadi, 2016). Lempeng Australia dan lempeng Pasifik merupakan contoh lempeng samudera yang lentur, sedangkan lempeng Eurasia merupakan contoh lempeng benua yang kaku dan keras (Wekke, 2021). Subduksi dan patahan aktif terjadi di dasar samudra dan di daratan sebagai akibat dari tumbukan lempeng-lempeng tektonik ini. Aktivitas patahan dan zona tumbukan dapat menyebabkan gempa bumi (Maharani *et al*, 2020)

Gempa bumi adalah getaran yang berasal dari dalam bumi dan menjalar ke permukaan sebagai akibat dari retakan dan pergeseran geologi (Maulidah, 2015). Dinamika bumi (tektonik), aktivitas gunung berapi, tumbukan meteorit, tanah longsor (di bawah permukaan laut), dan ledakan senjata nuklir di bawah permukaan adalah beberapa faktor yang dapat menghasilkan gempa bumi. Gempa bumi yang paling sering terjadi adalah gempa bumi tektonik, yaitu getaran yang disebabkan oleh patahnya batuan akibat tumbukan dua lempeng yang semakin lama semakin menumpuk hingga energi tumbukannya melampaui kekuatan batuan tersebut, dan pada saat itulah batuan di bawah permukaan akan patah (Ambarwati, 2020). Gempa terjadi akibat pergerakan atau pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba, yang menghasilkan energi yang dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa atau gelombang seismik (Aditya, 2021). Gempa bumi disebabkan oleh aktivitas tektonik di dalam bumi (Utomo *et al*, 2019).

Gerakan lempeng tektonik yang saling berinteraksi dan bergeser menyebabkan rekahan dan pecahan di dalam kerak bumi (M. Isa, 2020). Ketika tekanan yang terakumulasi melebihi batas kekuatan batuan, terjadi pelepasan

energi yang menyebabkan getaran dan guncangan di permukaan bumi, yang kita sebut sebagai gempa bumi (Winda, 2023). Menurut Hilmi *et al* (2021), gaya geser dasar yang bekerja pada dasar struktur bangunan dapat digunakan untuk menggambarkan getaran gempa. Gaya gempa desain yang didistribusikan secara vertikal sebagai gaya lateral di setiap lantai, dianggap diwakili oleh gaya geser dasar dan gaya lateral tersebar secara vertikal di setiap lantai. Menurut Salim *et al* (2018), kondisi geologi di suatu wilayah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap koefisien gempa. Jauh dari pusat gempa, gempa pertama-tama merambat secara horizontal pada batuan keras sebelum bergerak secara vertikal ke tanah lunak di atasnya. Jauh dari pusat gempa, merambat secara vertikal ke tanah lunak di atasnya, dan kemudian terbawa ke permukaan. Struktur geologi dan ketebalan batuan berpengaruh pada perambatan ini (Ghazalli *et al*, 2016).

Sambungan dan retakan pada dinding hanyalah dua contoh jenis kerusakan yang dihasilkan oleh gempa bumi pada bangunan (Rilatupa, 2020). Kecepatan penyebaran kerusakan, berapa lama kerusakan itu berlangsung, seberapa sering kerusakan itu bergerak, dan bagaimana bangunan itu dibangun, semuanya mempengaruhi seberapa besar kerusakan yang terjadi (Adiyoso, 2018). Momen inersia dari getaran permukaan, gaya yang diinduksi dari gempa bumi, modifikasi karakteristik fisik tanah fondasi, perpindahan langsung dari patahan, tanah longsor, tsunami, dan perubahan ketinggian terkait tektonik adalah penyebab utama di balik kerusakan ini (Amalia, 2023). Faktor penyebab cedera yang paling serius adalah cedera yang berhubungan dengan getaran permukaan (Suryawan, 2021).

Gempa bumi juga didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu, dan sifatnya tidak berkelanjutan. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi) secara tiba-tiba (*sudden slip*). Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*) sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (*artificial earthquakes*). Terdapat dua jenis gempa yaitu gempa bumi tektonik dan gempa bumi vulkanik. Gempa bumi tektonik merupakan gempa bumi yang disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan disebabkan oleh lempengan yang bergerak. Gempa ini terjadi karena besarnya tenaga yang dihasilkan akibat adanya tekanan antar lempeng batuan dalam perut bumi. Gempa vulkanik adalah gempa yang diakibatkan oleh pergerakan magma pada gunung berapi. Gempa ini sering terjadi ketika gunung berapi sedang aktif atau akan erupsi. Terjadinya gempa vulkanis ini karena adanya tekanan gas yang sangat besar pada sumbatan kawah sehingga menimbulkan getaran dan meletusnya gunung berapi. Gempa ini hanya dirasakan pada daerah sekitar kaki gunung berapi. Untuk bahannya lebih kecil dibandingkan gempa tektonik.

Gempa bumi diukur dengan menggunakan alat dari seismometer. Moment magnitude adalah skala yang paling umum di mana gempa bumi dengan magnitude sekitar (skala) 5 dilaporkan untuk seluruh dunia. Sedangkan banyaknya gempa bumi kecil kurang dari 5 magnitude dilaporkan oleh observatorium seismologi nasional diukur sebagian besar pada skala magnitude lokal, atau disebut juga sebagai Skala Richter. Kedua ukuran itu sebenarnya sama selama rentang pengukurannya valid. Besaran gempa dengan skala 3 magnitude atau kurang kebanyakan sering tidak dapat dirasakan dipermukaan atau disebut lemah.

Namun jika besaran magnitude dengan skala 7 atau lebih besar akan berpotensi menyebabkan kerusakan serius disebuah daerah tergantung pada kedalaman tersebut.

## 2.4 Jenis - Jenis Gempa

Gempa bumi berdasarkan faktor penyebab atau proses terjadinya dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis, sebagai berikut :

### 1. Gempa Tektonik (*Tectonic Earthquake*)

Gempa bumi tektonik adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan gempa bumi yang terjadi akibat aktivitas tektonik. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik pada kerak bumi yang terjadi secara cepat sehingga terjadi gesekan yang menyebabkan terjadinya pergeseran. Gempa tektonik yang tidak biasa terjadi karena adanya gerak orogenik, yaitu suatu jenis aktivitas tektonik yang dimulai dengan cukup cepat dan terfokus pada wilayah yang sangat sempit tetapi pengaruhnya sampai ke wilayah yang luas. Gerak orogenik dapat berupa lipatan atau patahan. Lipatan terhalang oleh penekanan-penekanan pada sumbu horisontal dan vertikal pada kulit bumi yang kaya akan elastin. Sementara itu, patahan terjadi akibat keterlibatan tenaga dengan kulit bumi yang tidak berfungsi elastis

### 2. Gempa Vulkanik (*Volcanic Earthquake*)

Gempa bumi vulkanik adalah contoh gempa bumi yang terjadi akibat aktivitas magma di pegunungan. Gempa gunung api sering juga disebut gempa vulkanik karena terjadi sebelum atau sesudah letusan gunung. Getaran-Getaran yang terdeteksi pada gempa vulkanik sering digunakan

sebagai indikasi atau prediksi sebuah gunung berapi akan meletus. Sehingga aktivitas magma meningkat, kemungkinan besar akan terjadi ledakan atau letusan juga akan menimbulkan gempa bumi.

3. Gempa Runtuhan (*Collapse Earthquake*)

Gempa bumi yang dikenal sebagai gempa bumi runtuh terjadi ketika tanah atau batuan runtuh karena lereng yang curam atau struktur yang lemah tidak terlalu berbahaya.

4. Gempa Buatan (*Artificial Earthquake*)

Seperti namanya, gempa bumi akibat ulah manusia adalah gempa bumi yang terjadi akibat tindakan manusia yang disengaja atau tidak disengaja. Ledakan nuklir di bawah permukaan tanah di dasar laut, ledakan dinamik, dan peristiwa lainnya dapat menyebabkan gempa bumi.

5. Gempa Tumbukan

Gempa bumi kecil atau besar yang disebabkan oleh tumbukan meteor atau asteroid yang jatuh ke permukaan bumi dikenal sebagai gempa bumi tumbukan atau gempa bumi runtuh. Gempa bumi semacam ini sangat jarang terjadi dan sangat tidak biasa. Namun energi yang dihasilkan oleh tumbukan meteor sangat kuat, sebanding dengan ledakan yang ditimbulkan oleh Bom Atom.

Jenis gempa bumi berdasarkan kedalaman dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Gempa bumi dalam

Gempa bumi dalam merupakan gempa bumi yang terjadi di bawah kerak Bumi, lebih dari 300 kilometer di bawah permukaan bumi. Secara umum gempa bumi ini tidak terlalu berbahaya.

2. Gempa bumi menengah

Gempa bumi menengah merupakan jenis gempa bumi yang spesifik dan hiposentrumnya terletak antara 60 dan 300 kilometer di bawah permukaan bumi. Gempa bumi ini memiliki getaran yang lebih kuat dan hanya mampu menyebabkan kerusakan ringan.

3. Gempa bumi dangkal

Gempa bumi dangkal merupakan gempa yang memiliki hiposentrum di bawah 60 kilometer dari permukaan bumi, kerusakan besar biasanya disebabkan oleh jenis gempa ini.

Jenis gempa bumi berdasarkan gelombang atau getaran gempa dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Gelombang primer

Gempa bumi adalah gelombang atau getaran yang bergerak di atas permukaan bumi dengan kecepatan mulai dari 7 hingga 14 kilometer per detik dan juga dikenal sebagai gelombang longitudinal. Hiposentrum adalah tempat asal getaran ini.

2. Gelombang sekunder

Gempa bumi ini juga dikenal sebagai gelombang transversal, memiliki gelombang atau getaran yang mirip dengan gelombang primer tetapi bergerak lebih lambat-antara 4 hingga 7 kilometer per detik. Lapisan cairan tidak dapat menghalangi perambatan gelombang ini.

## 2.5 Karakteristik Gempa

Menurut M. Kwa (2023), berbagai karakteristik gempa yang biasa terjadi ketika adanya bencana gempa ini menyebabkan timbulnya sifat dan kebiasaan yang terjadi. Karakteristik gempa adalah sebagai berikut :

1. Berlangsung dalam waktu yang sangat singkat atau bisa dihitung dengan satuan detik.
2. Lokasi kejadian tertentu atau random. tidak mengenal tempat kejadian, dan biasanya terjadi di wilayah patahan dan juga jalur sesar tanah.
3. Akibatnya gempa yang berlangsung akan menimbulkan bencana alam.
4. Gempa bumi berpotensi terulang lagi atau biasa disebut kala ulang dalam gempa yang menunjukkan rentang waktu antara satu gempa dengan gempa berikutnya yang memiliki skala yang sama.
5. Bencana gempa sampai sekarang belum bisa diprediksi kapan dan dimana akan terjadi gempa.
6. Bencana gempa tidak dapat dicegah, namun bencana yang timbul akibat gempa dapat dikurangi.

## 2.6 Kelompok Gempa

Kebanyakan gempa bumi merupakan bagian dari urutan, berhubungan satu sama lain dalam hal lokasi dan waktu. Sebagian besar kelompok gempa terdiri dari tremor kecil yang menyebabkan sedikit atau tidak ada kerusakan, tapi ada teori bahwa gempa bumi dapat kambuh dalam pola yang teratur (USGSa, 2015).

### 1. *Aftershock* (Gempa Susulan)

Aftershock adalah gempa yang terjadi setelah gempa sebelumnya (*mainshock*). Gempa susulan berada di kawasan yang sama dari shock

utama tetapi magnitudenya selalu lebih kecil. Jika gempa susulan lebih besar dari shock utama, gempa susulan yang kembali sebagai shock utama dikenal dengan istilah foreshock. Gempa susulan terbentuk karena kerak bumi di sekitar bidang patahan tergeser menyesuaikan dengan efek shock utama (USGSc, 2015).

## 2. Kawanan (*Swarms*)

Gempa Kawanan gempa adalah rangkaian gempa bumi menyerang di kawasan tertentu dalam waktu singkat. Mereka berbeda dari gempa bumi diikuti dengan rangkaian gempa susulan dengan kenyataan bahwa ada gempa tunggal dalam urutan jelas shock utama, karena itu tak satu pun memiliki magnitudo yang lebih tinggi (yang tercatat) dari yang lain.

## 3. Badai (*Strom*)

Gempa Kadang-kadang serangkaian gempa bumi terjadi dalam semacam badai gempa, di mana gempa bumi menyerang patahan dalam kelompok, masing-masing dipicu oleh tekanan atau tegangan disebarkan ulang gempa sebelumnya. Mirip dengan *aftershock* namun segmen terjadinya berdekatan dari patahan, badai ini terjadi selama bertahun-tahun, dan dengan beberapa gempa bumi susulan sama daya rusaknya seperti gempa awalnya.

## 2.7 Sumber Energi Gempa

Menurut pujianto (2015) dalam Alwad *et al*, (2021), menjelaskan tentang sumber gempa antara lain sebagai berikut :

1. Pergerakan Lempeng Tektonik (*Tectonic Movement*) *Tectonic movement* adalah gerakan plat tektonik dunia yang akan mengakibatkan dua plat



tektonik saling bertubrukan , saling menggeser, saling tarik dan kombinasi diantaranya. Gempa seperti ini disebut dengan *Tectonic Earthquakes*. Dua pelat yang saling membentur, menggeser, menarik yang akan mengakibatkan terjadinya akumulasi energi, sedangkan gerakan pelat tektonik disebabkan oleh adanya *driving force* atau gerakan magma panas yang membentuk suatu siklus yang disebut *conective flow*.

## 2. Sumber Panas bumi

- a. Tumbukan antar material pada rotasi Nebula (awan, gas, hidrogen, helium, debu, dan material-material lainnya)
- b. Proses memadatnya/menyusutnya bumi karena adanya gaya gravitasi, sebagaimana diketahui bahwa tekanan batuan akibat gaya gravitasi akan menimbulkan panas.
- c. Reaksi kimia akibat disintegrasi zat-zat radioactive seperti uranium dan thorium yang ada didalam bumi. Reaksi kimia atas zat-zat *radioactive* tersebut telah berlangsung milyaran tahun sehingga mengakibatkan akumulasi panas.

### d. Material Bumi

Material bumi yang besar biasanya cenderung tenggelam dalam inti bumi dan menyimpan panas yang besar, akibat dari kejadian tersebut adalah adanya panas yang akan menimbulkan gerakan.

### e. Aktifitas meletusnya Gunung Berapi (*Volcanic Eruption*)

Letusan gunung berapi juga dapat mengakibatkan gempa bumi, sebagaimana jika pada kedalaman lebih dari 250 km suhu batuan sudah mencapai  $1400^{\circ}$  C, maka pada suhu tersebut batuan akan meleleh

yang akan terjadi lapisan asthenosphere dan lithosphere relatif lemah yang memungkinkan adanya retakan-retakan atau pecahan-pecahan pada daerah tersebut, peristiwa tersebut magma dapat muncul keatas membuat daerah retakan-retakan menjadi ikut leleh dan bercampur dengan magma yang akhirnya mencapai permukaan tanah dan terjadilah lava, aktifitas naiknya atau munculnya magma kepermukaan secara lambat dan cepat ataupun dinamik fluktuatif itulah yang akan mengakibatkan getaran tanah sebagai *volcanic earthquake* atau gempa vulkanik.

## 2.8 Penyebab Alami Gempa

Kebanyakan gempa bumi disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang disebabkan oleh lempengan yang bergerak. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan. Pada saat itulah gempa bumi akan terjadi. Gempa tektonik terjadi di mana saja di bumi di mana ada energi yang tersimpan regangan elastis yang cukup untuk mendorong perambatan fraktur disepanjang bidang patahan (seperti gelang karet yang ditarik kemudian dilepas tiba-tiba). Sisi patahan bergerak melewati satu sama lain dengan lancar dan secara seismik hanya jika tidak ada penyimpangan atau asperities (tingkat kekasaran permukaan lempeng di zona subduksi) sepanjang permukaan patahan yang meningkatkan hambatan gesek. Kebanyakan permukaan patahan memiliki asperities tersebut dan ini mengarah ke bentuk stick-slip behaviour. Kadangkala ketika patahan terkunci, dan terus terjadi gerakan relatif antara lempeng akan menyebabkan meningkatnya tekanan dan karenanya energi

regangan tersimpan dalam sekitar permukaan patahan. Ini terus berlanjut sampai tekanan telah meningkat cukup untuk menerobos asperity, kemudian secara tiba-tiba memungkinkan meluncur di atas bagian yang terkunci dari patahan, dan melepaskan energi yang tersimpan (Ohnaka, 2014).

Energi ini dilepaskan sebagai kombinasi dari radiasi gelombang seismik regangan (elastis), panas dari gesekan permukaan patahan, dan retakan dari batuan, sehingga menyebabkan gempa bumi (Ohnaka, 2014). Proses bertahap build-up dari tegangan dan tekanan yang diselingi oleh sesekali kegagalan gempa secara tiba-tiba disebut sebagai teori elastic-rebound. Diperkirakan bahwa hanya 10 persen atau kurang dari total energi gempa yang dipancarkan sebagai energi seismik. Sebagian besar energi yang digunakan untuk daya gempa perkembangan fraktur gempa atau hasil dari panas yang dihasilkan oleh gesekan. Oleh karena itu, gempa bumi skala tersedia dari bumi yang merupakan energi potensial bumi dan kenaikan suhu, meskipun perubahan ini diabaikan 13 dibandingkan dengan arus konduktif dan konvektif alur panas yang keluar dari interior yang dalam bumi. Beberapa gempa bumi lain juga dapat terjadi karena pergerakan magma di dalam gunung api. Gempa bumi seperti itu dapat menjadi gejala akan terjadinya letusan gunung berapi.

## **2.9 Kerusakan Struktur Akibat Gempa**

Menurut Gazali (2017), pada saat terjadi gempa banyak sekali korban meninggal dunia, kehilangan harta, traumatik dan berbagai kerugian lainnya, namun peristiwa gempa yang terjadi bukanlah penyebab dari hilangnya korban tersebut, melainkan akibat kegagalan struktur atau tidak kuatnya bangunan untuk menopang beban gempa yang diakibatkan oleh gempa, kegagalan struktur ini

yang menyebabkan timbulnya banyak korban, dari beragam kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi masyarakat harus mengetahui hal-hal apa saja yang menjadi prioritas rehabilitasi bangunan setelah terjadi gempa, namun kerusakan bangunan terhadap gempa tergantung dari skala gempa tersebut, dari riwayat gempa bumi yang terjadi di Indonesia banyak sekali kerusakan yang ditimbulkan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Kerusakan bangunan bawah atau *soft story*, biasanya terjadi pada bangunan lebih dari satu, lunaknya bangunan dibagian bawah menyebabkan bangunan langsung roboh atau bisa dikatakan bangunan lantai bawah lebih getas dari pada bangunan atasnya yang lebih kaku, banyak peristiwa gempa bumi yang terjadi kerusakan bangunan atas baik-baik saja, akan tetapi bangunan bawah rata dengan tanah, namun ada juga kerusakan *soft story* pada bagian tengah bangunan dan bagian lantai tiga tetap kaku atau kokoh.
2. Detail bangunan yang kurang tepat, banyak bangunan berlantai lebih dari satu tidak memahami sejarah terjadinya gempa bumi, misalkan kolom yang didesign tidak boleh hancur terlebih dahulu dibandingkan dengan bangunan no-struktur, namun banyak keruntuhan terjadi akibat kolom yang tidak bisa menahan beban terlebih dahulu, seperti yang dikatakan dalam SNI Beton 2002 yang menyebutkan bahwa diameter minimum suatu tulangan kolom sengkang bangunan adalah 10 mm, tulangan tersebut haruslah ulir, walaupun diperbolehkan polos alangkah baiknya digunakan tulangan ulir.

3. Kerusakan bangunan non-struktur, biasanya dinding bangunan yang roboh karena tidak terikat dengan baik. Ikatan dinding bata ke kolom beton atau bangunan beton tidak kuat sehingga bata tidak bisa menahan beban gempa.
4. Kerusakan selanjutnya adalah mutu beton yang kurang pas, dari beberapa kejadian gempa bumi ada beberapa bangunan yang tulangan utama, tulangan sengkang masih terlihat masih dalam kondisi baik, namun beton hancur lebur. Hal ini dilihat dari kualitas mutu beton yang kurang baik.

## 2.10 Parameter Dasar Gempa

Menurut MI Ibad (2014), Beberapa parameter dasar gempa bumi adalah sebagai berikut:

### 1. *Hypocenter*

Fokus atau pusat gempa bumi di dalam bumi disebut hiposentrum. Gelombang seismik primer dan sekunder dapat digunakan untuk menemukan hiposenter. Karena adanya tekanan dari bawah tanah yang menyebabkan lapisan bumi berguncang, maka hiposenter dapat dihasilkan (Bulo et al., 2020). Salah satu faktor gempa bumi yang berasal dari dalam bumi adalah penentuan hiposenter (Kurniawan dan Saputri, 2019). Akurasi diperlukan ketika menilai parameter gempa bumi untuk menilai kualitas data yang tinggi dan memberikan informasi yang benar kepada publik. Menemukan hiposenter gempa adalah salah satu teknik yang digunakan (Shohaya et al, 2014).

### 2. *Epicenter*

Merupakan pusat titik yang ditunjukkan tepat berada di atas hypocenter pada permukaan bumi. *Epicenter* gempa bumi adalah suatu tempat di

permukaan bumi yang berada tepat di atas atau di bawah kejadian lokal yang berdampak pada permukaan. Di atas permukaan bumi tepat di atas *Epicenter* gempa bumi terletak di seberang hiposentrum dan yang terjadi di dalam bumi.

3. *Bedrock*, adalah tanah keras tempat mulai bekerjanya gaya gempa.
4. *Ground acceleration*, adalah percepatan pada lapisan permukaan bumi akibat gempa bumi.
5. *Amplification factor*, adalah faktor pembesaran percepatan gempa yang terjadi pada permukaan tanah akibat jenis tanah tertentu.
6. Skala gempa  
Merupakan suatu ukuran kekuatan gempa yang dapat diukur dengan secara kuantitatif dan kualitatif. Pengukuran kekuatan gempa secara kuantitatif dilakukan pengukuran dengan skala Richter yang umumnya dikenal sebagai pengukuran magnitudo gempa bumi.

## 2.11 Filosofi Bangunan Tahan Gempa

Menurut Widodo (2012) dalam Prasetyo (2020), mengenai filosofi bangunan tahan gempa antara lain :

1. Pada gempa kecil (*light* atau *minor earthquake*)  
Struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik selama terjadi gempa ringan atau gempa kecil. Kerusakan kecil yang dapat ditoleransi pada komponen non-struktural diperbolehkan.
2. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*)  
Merupakan gempa yang sangat jarang terjadi, struktur utama bangunan mungkin agak rusak atau patah tetapi masih dapat diperbaiki. Meskipun

ada kemungkinan kerusakan, komponen non-struktural masih dapat diganti dengan yang baru.

3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*)

Bangunan mungkin mengalami beberapa kerusakan tetapi tidak runtuh total, dan ini jarang terjadi. Situasi ini juga umum terjadi pada gempa bumi yang parah, tujuannya adalah untuk melindungi sebanyak mungkin individu dan penghuni bangunan.

## 2.12 Konsep Dasar Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Menurut Budiono (2011) dalam Honggo *et al* (2015) Konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa terbagi 3 macam antara lain :

1. Struktur dan operasional bangunan harus dapat terus berlanjut jika terjadi gempa bumi kecil. Untuk dapat melakukannya, konstruksi bangunan harus kokoh, dan komponen nonstruktural maupun strukturalnya tidak boleh rusak.
2. Pada kasus gempa sedang atau sedang, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan elemen nonstruktural tetapi tidak mengalami kerusakan elemen struktural.
3. Kerusakan pada komponen struktural dan nonstruktural selama gempa bumi besar diperbolehkan, tetapi tidak boleh mengakibatkan bangunan runtuh untuk mencegah jatuhnya korban jiwa atau membatasi kerusakan struktur.

Dalam peraturan perencanaan bangunan gempa bumi yang sering terjadi diperlukan standar dan untuk mencegah dan membatasi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa akibat gempa (Adeswastoto, 2017). Oleh karena itu,

struktur bangunan tahan gempa harus kuat, kaku, dan cukup stabil untuk mencegah keruntuhan bangunan (Siajaya *et al* 2018).

### **2.13 Struktur Bangunan Tahan Gempa**

Menurut Hermawan *et al* (2018), bangunan tahan gempa adalah bangunan yang mampu menahan gempa dengan magnitudo tertentu dengan tetap mempertahankan integritas strukturnya. Jenis bangunan ini didasarkan pada bentuk dan massa bangunan serta faktor lain seperti karakteristik bangunan yang bekerja (Siswanto, 2018). Pada dasarnya dalam merancang struktur bangunan tahan gempa, penting untuk mempertimbangkan berbagai elemen penyebab gempa, termasuk geologi Indonesia, pergerakan lempeng bumi, dan reaksi berantai gunung berapi penyebab gempa (Haryo *et al*, 2023). Sistem bangunan yang tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan berpotensi mengakibatkan reaksi berantai yang merusak struktur bangunan akibat aktivitas gunung berapi tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, desain dan detail penulangan yang tidak memadai, kualitas dan kuantitas material yang rendah, dan pengawasan yang tidak memadai (Ahmad *et al*, 2021). Prinsip-prinsip perancangan dan pelaksanaan struktur bangunan tahan gempa meliputi kesinambungan, integritas struktur, konsistensi sistem struktur material yang digunakan, elemen-elemen arsitektural, dan teknik pelaksanaan untuk meminimalisir kegagalan dalam proses perencanaan (Sukamara *et al*, 2021).

### **2.14 Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) SNI 1726:2019**



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

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

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

Keterangan:

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

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

Dengan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 2 dan Tabel 3. Jika kelas situs SE digunakan sebagai kelas situs berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.1.3, maka nilai  $F_a$  tidak boleh kurang dari 1,2. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 8, maka nilai  $F_a$  harus ditentukan sesuai SNI 1726:2019 pasal 8.8.1 serta nilai  $F_v$ ,  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$  tidak perlu ditentukan.

Tabel 2. Koefisien situs, Fa (SNI 2019, 2019)

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

Tabel 3. Koefisien situs, Fv (SNI 2019, 2019)

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

### 2.15 Parameter Percepatan Spektal Desain SNI 1726:2019

Menurut Badan Standardisasi Nasional (BSN), Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik  $S_{D1}$  harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (4)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode panjang

$S_{MS}$  = parameter percepatan respons spektral  $MCE_R$  pada periode pendek

$S_{M1}$  = percepatan percepatan respons spektral  $MCE_R$  pada periode panjang

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan sesuai SNI 1726:2019 pasal 8, maka nilai  $S_{DS}$  harus ditentukan sesuai SNI 1726:2019 pasal 8.8.1 dan nilai  $S_{D1}$  tidak perlu ditentukan.

## 2.16 Spektrum Respons Desain SNI 1726:2019

Menurut Badan Standardisasi Nasional (BSN), Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (5)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ .
3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (6)$$

4. Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (7)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode panjang

$S_{MS}$  = parameter percepatan respons spektral  $MCE_R$  pada periode pendek

$S_{M1}$  = percepatan percepatan respons spektral  $MCE_R$  pada periode panjang

$T$  = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{P1}}{S_{Ps}} \quad (8)$$

$$T_S = \frac{S_{P1}}{S_{PS}} \quad (9)$$

### 2.17 Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) SNI 1726:2012

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

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (10)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (11)$$

Keterangan:

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

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

Dengan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 4 dan Tabel 5. Jika kelas situs SE digunakan sebagai kelas situs berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 6.1.3, maka nilai  $F_a$  tidak boleh kurang dari 1,2. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 8, maka nilai  $F_a$  harus ditentukan sesuai SNI 1726:2012 pasal 8.8.1 serta nilai  $F_v$ ,  $S_{MS}$ , dan  $S_{M1}$  tidak perlu ditentukan.

Tabel 4. Koefisien situs,  $F_a$  (SNI 2012, 2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
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	$SS^b$				

Tabel 5. Koefisien situs,  $F_v$  (SNI 2012, 2012)

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

## 2.18 Parameter Percepatan Spektal Desain SNI 1726:2012

Menurut Badan Standardisasi Nasional (BSN), Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (12)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (13)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode panjang

$S_{MS}$  = parameter percepatan respons spektral MCER pada periode pendek

$S_{M1}$  = percepatan percepatan respons spektral MCER pada periode panjang

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan sesuai SNI 1726:2012 pasal 8, maka nilai  $S_{DS}$  harus ditentukan sesuai SNI 1726:2012 pasal 8.8.1 dan nilai  $S_{D1}$  tidak perlu ditentukan.

## 2.19 Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012

Menurut Badan Standardisasi Nasional (BSN), Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$  harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (14)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .

3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (15)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode panjang

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{P1}}{S_{PS}} \quad (16)$$

$$T_s = \frac{S_{P1}}{S_{PS}} \quad (17)$$



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Metodologi penelitian merupakan suatu cara kerja untuk melakukan suatu penelitian guna memperoleh data-data yang diperlukan dalam melakukan analisis. Berdasarkan hasil tersebut kemudian didapatkan kesimpulan dari temuan analisis. Permasalahan dapat dipecahkan dengan lebih cepat dan mudah dengan menggunakan metodologi penelitian. Perbandingan parameter spektral respons desain dan percepatan spektral desain ( $S_1$ ,  $S_s$ ,  $F_a$ ,  $F_v$ ,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ ) antara SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012 adalah parameter yang diukur dan diamati dalam penelitian ini. Data dalam penelitian ini dikumpulkan dengan menggunakan koordinat *Google Maps* untuk setiap kota/kabupaten di Provinsi Aceh (Tabel 6). Memasukkan lintang dan bujur pada <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> untuk SNI 1726:2019 dan <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/> untuk SNI 1726:2012 untuk mendapatkan parameter  $S_1$  dan  $S_s$ . Parameter gempa ( $F_a$ ,  $F_v$ ,  $S_{MS}$ ,  $S_{MI}$ ,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ ) kemudian dihitung untuk SNI 1726 : 2019 dan SNI 1726 : 2012 dengan menggunakan nilai  $S_1$  dan  $S_s$ . Grafik spektrum respons dibuat untuk desain kota/kabupaten yang dievaluasi untuk 3 kelas situs (tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras) dengan menggunakan parameter-parameter tersebut.

#### 3.2 Studi Literatur

Literatur-literatur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung.

2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung.
3. Beberapa jurnal dan karya ilmiah lainnya yang berhubungan dengan metode dinamis respon spektrum.

### 3.3 Data Penelitian

Objek penelitian ini adalah 23 Kota/Kabupaten di Provinsi Aceh pada (Gambar 1). Secara geografis Provinsi Aceh terletak pada 20 – 60 LU dan 950 – 980 BT.



Gambar 1. Peta Provinsi Aceh (Google Earth, 2023)

Tabel 6. Kota/Kabupaten yang di tinjau (Analisis Peneliti, 2023)

No	Kota/ Kabupaten	Pusat Pemerintahan	Koordinat	
			Lintang	Bujur
1	Simeulue	Sinabang	2.47	96.36
2	Aceh Singkil	Singkil	2.28	97.79
3	Aceh Selatan	Tapak Tuan	3.26	97.18
4	Aceh Tenggara	Kuta Cane	3.48	97.81
5	Aceh Timur	Idi Rayeuk	4.94	97.77

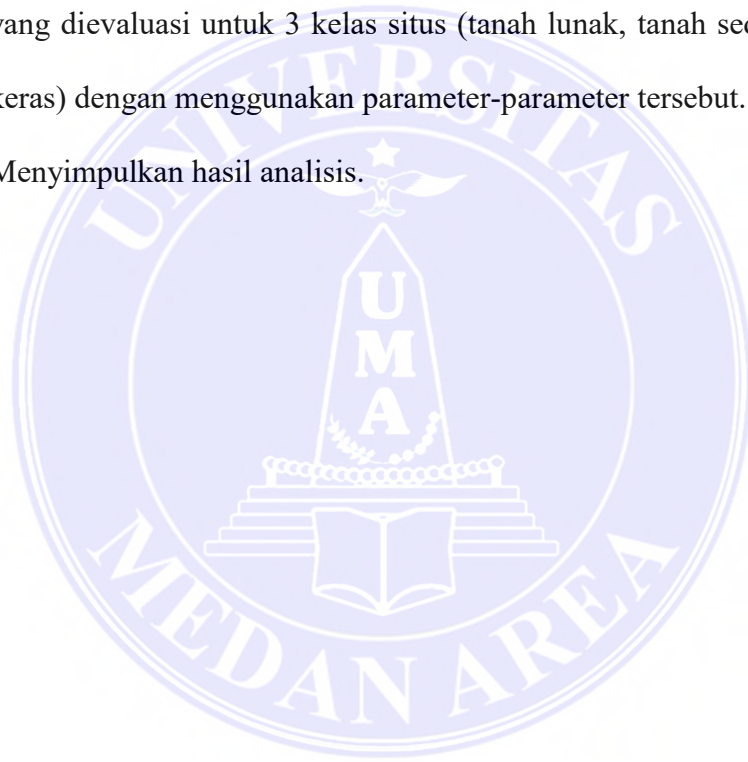
No	Kota/ Kabupaten	Pusat Pemerintahan	Koordinat	
			Lintang	Bujur
6	Aceh Tengah	Takengon	4.63	96.84
7	Aceh Barat	Meulaboh	4.14	96.12
8	Aceh Besar	Jantho	5.28	95.63
9	Pidie	Sigli	5.38	95.95
10	Bireuen	Bireuen	5.22	96.71
11	Aceh Utara	Lhoksukon	5.05	97.31
12	Aceh Barat Daya	Blang Pidie	3.74	96.83
13	Gayo Lues	Blang Kejeren	3.99	97.34
14	Aceh Tamiang	Kuala Simpang	4.27	98.06
15	Nagan Raya	Suka Makmue	4.15	96.32
16	Aceh Jaya	Calang	4.63	95.58
17	Bener Meriah	Simpang Tiga Redelong	4.72	96.86
18	Pidie Jaya	Meureude	5.22	96.23
19	Banda Aceh	Banda Aceh	5.54	95.32
20	Sabang	Sabang	5.89	95.32
21	Langsa	Langsa	4.47	97.97
22	Lhokseumawe	Lhokseumawe	5.18	97.13
23	Subulussalam	Subulussalam	2.72	97.91

### 3.4 Tahapan Penelitian

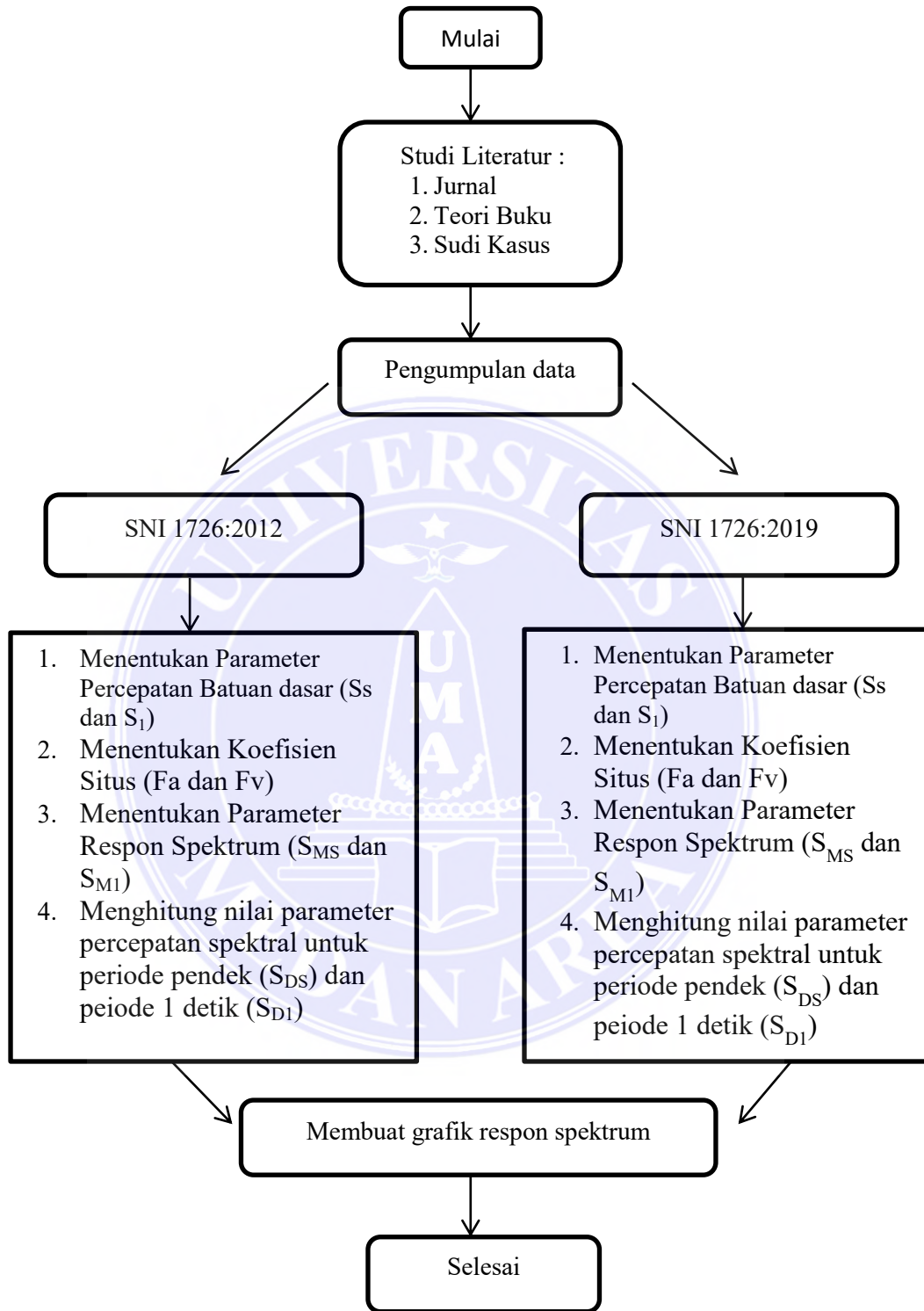
Untuk melaksanakan penelitian, langkah-langkah analisis akan dilakukan sesuai dengan tahapan sebagai berikut:

1. Analisis literatur berdasarkan buku, majalah, atau publikasi ilmiah yang telah diterbitkan sebelumnya.
2. Mengumpulkan data lintang dan bujur dengan menggunakan koordinat Google Maps untuk setiap kota/kabupaten di Provinsi Aceh.
3. Memasukkan lintang dan bujur pada <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> untuk SNI 1726:2019 dan <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/> untuk SNI 1726:2012 untuk mendapatkan parameter  $S_1$  dan  $S_s$ .

4. Menghitung nilai koefisien situs  $F_a$  dan  $f_v$  untuk setiap kota/kabupaten di Provinsi Aceh pada SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012.
5. Menghitung nilai parameter respon spektrum pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ).
6. Menghitung nilai parameter percepatan spektral untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ).
7. Membuat Grafik spektrum respons dibuat untuk desain kota/kabupaten yang dievaluasi untuk 3 kelas situs (tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras) dengan menggunakan parameter-parameter tersebut.
8. Menyimpulkan hasil analisis.



### 3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir (Analisis Peneliti, 2023)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan nilai perbandingan percepatan spektral di provinsi Aceh dalam SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2012 di atas diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Nilai koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  pada kelas situs keras (SC) dan kelas situs sedang (SD) untuk setiap kabupaten/kota di Provinsi Aceh mengalami kenaikan dan pada kelas situs lunak (SE) mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan SNI 1726:2019 menetapkan penyesuaian yang signifikan terhadap besarnya nilai  $F_a$  dan  $F_v$ . Selain itu, nilai  $S_s$  menentukan nilai  $F_a$  pada setiap kabupaten atau kota serta nilai  $S_1$  menentukan nilai  $F_v$  pada setiap kabupaten atau kota.
2. Nilai parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) mengalami kenaikan dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019 pada dua kelas situs tanah Keras (SC) dan kelas situs sedang (SD). Sedangkan pada kelas situs tanah lunak (SE) mengalami penurunan dari SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019. Sebagian besar kabupaten/kota di Provinsi Aceh mengalami kenaikan maupun mengalami penurunan. Oleh karenanya perlu segera untuk menilai keamanan struktur di daerah-daerah ini yang dibangun sesuai dengan peraturan gempa SNI 1726:2012. Begitu juga perlu meninjau ulang untuk struktur yang sedang dibangun saat ini atau dalam waktu dekat perencanaan.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang perlu disampaikan penulis dari hasil penelitian ini adalah untuk 23 Kota/Kabupaten di Provinsi Aceh harus dievaluasi ketahanan gempanya jika terjadi peningkatan nilai spektral desain yang signifikan baik pada perioda pendek ( $S_s$ ) maupun perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ). Selain itu, karena adanya modifikasi dalam peraturan kegempaan, diperlukan studi lebih lanjut mengenai perilaku struktur bangunan di Provinsi Aceh, terutama di daerah-daerah di mana respons spektral meningkat secara signifikan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adeswastoto, H., Djauhari, Z., & Suryanita, R. (2017). Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Berdasarkan ASCE 41- 13. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 86-99.
- Aditya Dwi Septyanur, A. (2021). ESTIMASI ANCAMAN TSUNAMI DI KELURAHAN TANJUNG BATU KABUPATEN BERAU MENGGUNAKAN SIMULASI PEMODELAN COMMIT SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA TSUNAMI (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).
- Adiyoso, W. (2018). Manajemen bencana: Pengantar dan isu-isu strategis. Bumi Aksara.
- Ahmad, S. N., Hanafie, I. M., Sriwati, M., Kamba, C., Lopian, F. E. P., Risfawany, L. D., ... & Wasolo, I. G. (2021). Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi). *TOHAR MEDIA*.
- Akbar, R., Darman, R., Marizka, F. N. U., Namora, J., & Ardewati, N. (2018). Implementasi Business Intelligence Menentukan Daerah Rawan Gempa Bumi di Indonesia dengan Fitur Geolokasi. *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, 4(1), 30-35.
- Amalia, N., & Ars, S. (2023). Memorial Park Berbasis Mitigasi Bencana Kajian Gempa Dan Likuefaksi. Deepublish.
- Ambarwati, L. (2020). Pemetaan dan analisa pga maksimum gempa bumi pada provinsi aceh periode 2012–2017 dengan metode atenuasi (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Awlad, T., Daryanto, D., & Oktavianto, H. (2021). Analisis Potensi Kerusakan Akibat Gempa Menggunakan Metode Klasifikasi Bayesian Analysis Of Potential Damage From Earthquakes Using Bayesian Classification Method. *Jurnal Smart Teknologi*, 3(1), 22-31.
- Faiza, N. A. R. (2019). Cash waqf linked sukuk sebagai pembiayaan pemulihan bencana alam di Indonesia. Skripsi: UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Farlianti, S., & Sapta, S. (2020). PERHITUNGAN RESPON SPEKTRA PERCEPATAN GEMPA DESAIN KOTA PALEMBANG BERDASARKAN SNI 1726; 2019 DENGAN CARA MANUAL DAN MENGGUNAKAN APLIKASI ONLINE SPEKTRUM RESPONS DESAIN INDONESIA 2019 (<http://rsapuskim2019.litbang.pu.go.id>). *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(1), 93-105. 71



- Gazali, G., & Andy, N. (2017). Penguatan Nilai-Nilai Keagamaan Bagi Masyarakat Korban Bencana Gempa Di Kenagarian Tandikat Kecamatan Patamuan Kabupaten Padang Pariaman. *Islam Realitas: Journal Of Islamic & Social Studies*, 3(2), 133-148.
- Ghazalli, M., Widodo, A., & Syaifuddin, F. (2016). Sintetik Seismik Lingkungan Vulkanik. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), B348-B351.
- Hadi, A. L. (2016). Analisa Deformasi Di Wilayah Jawa Tengah Bagian Selatan Menggunakan GPS-CORS Tahun 2013-2015. *Jurnal teknik ITS*, 5(2), C70-C74.
- Harahap, M. F., & Fauzan, M. (2019). Perilaku dinamik pada struktur Apartemen Metro Galaxy Park terhadap beban gempa. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(3), 195-205.
- Haryo Satmiko, A. T. D., & Sos, S. (2023). Manajemen Krisis Transportasi: Akibat Bencana Alam, Unjuk Rasa, Musim Angkutan Khusus dan Kecelakaan Transportasi. *Nuansa Cendekia*.
- Havwina, T., Maryani, E., & Nandi, N. (2017). Pengaruh pengalaman bencana terhadap kesiapsiagaan peserta didik dalam menghadapi ancaman gempabumi dan tsunami. *Jurnal Geografi Gea*, 16(2), 124-131.
- Hermawan, F., & Indarto, H. (2018). Mekanisme Kebijakan Standard Ketahanan Gempa Baru pada Bangunan Publik. *Teknik*, 38(2), 103-112.
- Hilmi, M., & Febrita, J. (2021). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726: 2019. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(3), 143-158.
- Honggo, E., Yusuf, M., & Supriyadi, A. (2015). Perhitungan Struktur Hotel 11 Lantai Jalan Teuku Umar Pontianak. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 1(1).
- Ibad, M. I., & Santosa, B. J. (2014). Pemodelan tsunami berdasarkan parameter mekanisme sumber gempa bumi dari analisis waveform tiga komponen gempa bumi Mentawai 25 Oktober 2010. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), B86-B91.
- Irawan, L., Hasibuan, L. H., & Fauzi, F. (2020). Analisa Prediksi Efek Kerusakan Gempa Dari Magnitudo (Skala Richter) Dengan Metode Algoritma Id3 Menggunakan Aplikasi Data Mining Orange. *Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika*, 14(2), 189-201.
- Irwan, Hasibuan. (2023). Comparison of Design Response Spectra in SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019. 72

- Isa, M. (2020). Vulkanologi. Syiah Kuala University Press.
- Komerdevi, D., & Nabila, N. (2020). PERBANDINGAN KARAKTERISTIK RESPON SPEKTRA PADA TANAH TIDAK TERLIKUEFAKSI DAN TERLIKUEFAKSI DENGAN METODE SITE-SPECIFIC RESPONSE ANALYSIS (SSRA). *Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 83-91.
- Kwa, M. (2023). EVALUASI POTENSI BAHAYA GEMPA PADA TATA RUANG DALAM RUMAH TINGGAL PADAT PENDUDUK KAMPUNG JOGOYUDAN (Doctoral dissertation, Universitas Atma Jaya Yogyakarta).
- Maharani, N., Khaerismawati, N. P. E., & Sari, N. L. P. W. (2020). Sosialisasi dan Simulasi Gempa Bumi di SMPN 3 Kuta Selatan Badung Bali. *Jurnal Bakti Saraswati (JBS): Media Publikasi Penelitian dan Penerapan Ipteks*, 9(1).
- Maryanti, S., & Saputra, A. (2019). Analisis Spasial Kerusakan Bangunan Fasilitas Sosial Akibat Gempabumi Tahun 2018 Di Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- MAULIDAH, D. F. ANALISIS PERSEBARAN SEISMISITAS WILAYAH SUMATERA SELATAN PERIODE 2010-2015 DENGAN MENGGUNAKAN METODE DOUBLE DIFFERENCE.
- Nikson, A. Pengaruh Karakteristik Rekaman Gempa terhadap Rerspon Spektrum. *Rekayasa Sipil*, 10(1), 8-16.
- Nurjaman, H. N. Penelitian, Perencanaan dan Penerapan Sistem Pracetak Tahan Gempa Kinerja Tinggi Pertama di Indonesia pada Gedung Perkantoran 12 Lantai di Jakarta. In *Seminar & Pameran HAKI 2015*
- Patria, A. S. N. (2021). Perbandingan Parameter Spektrum Respons Desain SNI 1726: 2012 Dengan SNI 1726: 2019 Pada 39 Kabupaten/Kota Di Pulau Jawa. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(1), 126-134.
- Patria, A. S. N., Dewi, K., & Krisdiyanto, A. (2022). PERBANDINGAN NILAI PARAMETER SPEKTRUM RESPONS DESAIN SNI 1726: 2012 DAN SNI 1726: 2019 PADA KECAMATAN-KECAMATAN DI KABUPATEN BANTUL YOGYAKARTA. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 5(1), 33-41.
- Prasetyo, A. A., Yasin, I., & Sutrisno, W. (2020). Analisis Perbandingan Waktu Pelaksanaan Dan Rencana Anggaran Biaya Rumah Tahan Gempa Model Domus Dan Risbari. *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 5(1.), 68-75.

- Rilatupa, J. (2020). Peranan Arsitek Pada Sistem Pemeliharaan Dan Perawatan Bangunan.
- Salim, M. A., & Siswanto, A. B. (2018). Rekayasa Gempa. K-Media, Yogyakarta.
- Siajaya, K., Windah, R. S., & Handono, B. D. (2018). RESPONS STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN VARIASI KEKAKUAN KOLOM AKIBAT GEMPA BERDASARKAN SNI 03-1726-2012. *Jurnal Sipil Statik*, 6(6).
- Siswanto, A. B. (2018). Kriteria dasar perencanaan struktur bangunan tahan gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 11, 59-72.
- Sitompul, M., Pasaribu, H. M., & Oktaviani, T. (2022). Studi Perbandingan Spektrum Respons Desain SNI 1726: 2019 terhadap SNI 1726: 2012 di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 30-39.
- SNI 1726, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Jakarta: Bsn, 2012.
- SNI 1726, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Bsn, 2019.
- Sukamara, N., Putra, I. G. P. A., Santhyasa, I. K. G., Wirawan, K., Arimbawa, W., Juliathana, I. N. H., ... & Kurniawan, W. D. W. (2021). *Dinamika Tata Ruang Dan Keberlanjutan Lingkungan Binaan*.
- Sungkono, K. K. D. (2019). Respon Spektra Gempa Kota Yogyakarta, Surakarta Dan Semarang Berdasarkan Peta Gempa Sni 2012 Dan Peta Gempa 2017. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 39-44.
- Suntoko, H. (2019). Analisis Spektrum Respon Desain Gedung Reaktor RDE Menggunakan SAP2000. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 21(1), 1-7.
- Utomo, D. P., & Purba, B. (2019, September). Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia. In *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS) (Vol. 1, pp. 846-853)*.
- Wekke, I. S. (2021). *Mitigasi Bencana*. Penerbit Adab. Wicaksana, A., & Rosyidah, A. (2021). Perbandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726: 2012 dan SNI 1726: 2019. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(1), 88-99.
- WINDA, E. (2023). *STUDI LITERATUR KETERKAITAN GEMPA BUMI BERDASAR KAN ILMU FISIKA DAN PERSPEKTIF ALQUR'AN (Doctoral dissertation, UIN RADEN INTAN LAMPUNG)*.