

## KOMPARASI RESPON STRUKTUR GEDUNG DI PROVINSI BENGKULU AKIBAT PERUBAHAN PERATURAN GEMPA

Ria Rahmawati<sup>1</sup>, Elvis Saputra<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

\*Email: [Riarahma1208@gmail.com](mailto:Riarahma1208@gmail.com)

\*Email: [elvis.saputra@uii.ac.id](mailto:elvis.saputra@uii.ac.id)

### ABSTRAK

*Bengkulu Province is part of the State of Indonesia, which is right between 2 earthquake paths, namely the epicenter along the Mentawai fault in the Indian Ocean and the epicenter on land along the Sumatran fault around Bukit Barisan, so that Bengkulu Province often experiences earthquakes in a fairly high frequency. Therefore Bengkulu Province is categorized as one of the earthquake-prone areas in Indonesia. SNI 1726 which is used in infrastructure development planning in Indonesia often undergoes changes. This study aims to compare the effect of changes in the acceleration spectra in Bengkulu Province on the seismic response of the building due to the renewal of SNI 1726 2012-SNI 1726 2019. The acceleration spectra are taken from earthquake maps in SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019. Structural analysis was carried out by three-dimensional (3D) modeling with the function of a 10-storey hospital building using an earthquake load response spectrum with the help software SAP2000 and the drift between floors. Based on the results of the analysis, it is known that Bengkulu Tengah Regency experienced a decrease in  $S_s$  values of 0.533 g and  $S_1$  values 0.057 g, while Lebong Regency experienced a significant increase in  $S_s$  and  $S_1$  values 0.340 g and 0.173 g. A significant increase in the base shear force occurred in Muko-Muko Regency by 40% with an average deviation of 30%. The inter-floor drift and drift ratio occurred in Kepahiang Regency. Kepahiang Regency experienced the most significant increase in deviation of 51%.*

**Kata kunci:** SNI 1726:2012, SNI 1726:2019, Base shear, Interfloor drift, Acceleration spectra.

## PENDAHULUAN

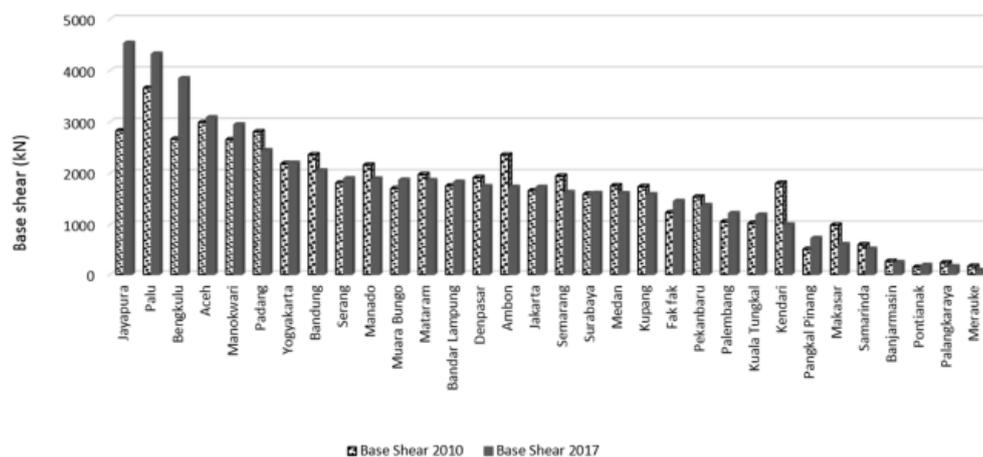
### Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki intensitas gempa cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena Indonesia tepat berada di pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik dan Lempeng Eurasia yang saling bertubrukan dan berada dalam wilayah gunung berapi Pasifik (*Pacific Ring of Fire*) (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Bengkulu merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang berada di sisi timur laut Samudra Hindia dan berada di zona subduksi (tumbukan) pertemuan lempeng aktif Indo-Australia dan Eurasia sehingga provinsi Bengkulu sering terjadi gempa berkekuatan kecil hingga berkekuatan besar (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Berdasarkan perbandingan nilai gaya geser dasar struktur antara tahun 2010 dan 2017 di Indonesia, Provinsi Bengkulu berada di urutan ketiga yang memiliki nilai gaya geser dasar tertinggi setelah Kota Jayapura dan Palu. Kota Jayapura memiliki tingkat kerentanan risiko akibat gempa dan tingkat populasi penduduk lebih rendah dibandingkan Kota Bengkulu dan banyaknya penelitian aktivitas seismik di

kota palu menyebabkan penelitian ditetapkan di Provinsi Bengkulu. Kejadian gempa yang tidak dapat diprediksi dimana dan kapan akan terjadi mengakibatkan perlunya suatu regulasi atau upaya untuk mitigasi risiko bencana akibat gempa di Indonesia khususnya di wilayah Bengkulu.

Peraturan gempa di Indonesia telah mengalami beberapa kali perubahan. Adanya perubahan peta gempa dalam SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 mengakibatkan terjadinya peningkatan seismik di beberapa lokasi di Indonesia yang tercermin dalam peningkatan percepatan spektra  $S_S$  dan  $S_1$  termasuk Wilayah Bengkulu sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan yang akan berdampak pada respon struktur rencana. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut bagaimana pengaruh perubahan spektra percepatan terhadap respon seismik gedung berupa gaya geser dasar dan simpangan antar lantai di Provinsi Bengkulu akibat perubahan SNI 03-1726-2012 ke SNI 03-1726-2019.

Gambar 1.1 menunjukkan perbandingan nilai gaya geser dasar struktur antara tahun 2010 dan 2017 di 32 kota di Indonesia akibat beban gempa menurut Peta Rawan Gempa 2010 dan 2017. Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa Kota Bengkulu berada di urutan ketiga yang memiliki nilai gaya geser dasar tertinggi setelah Kota Jayapura dan Kota Palu. Alasan Provinsi Bengkulu dijadikan objek penelitian karena Kota Jayapura memiliki tingkat kerentanan risiko akibat gempa dan tingkat populasi penduduk lebih rendah dibandingkan dengan Kota Bengkulu. Setelah kejadian gempa di Kota Palu pada tahun 2018 banyak penelitian yang menjelaskan aktivitas seismik dan perilaku struktur akibat gempa yang terjadi di Kota Palu, sehingga lokasi pada penelitian ini ditetapkan di Provinsi Bengkulu.



**Gambar 1** Perbandingan Nilai Gaya Geser Dasar Berdasarkan Peta Gempa 2010 dan 2017

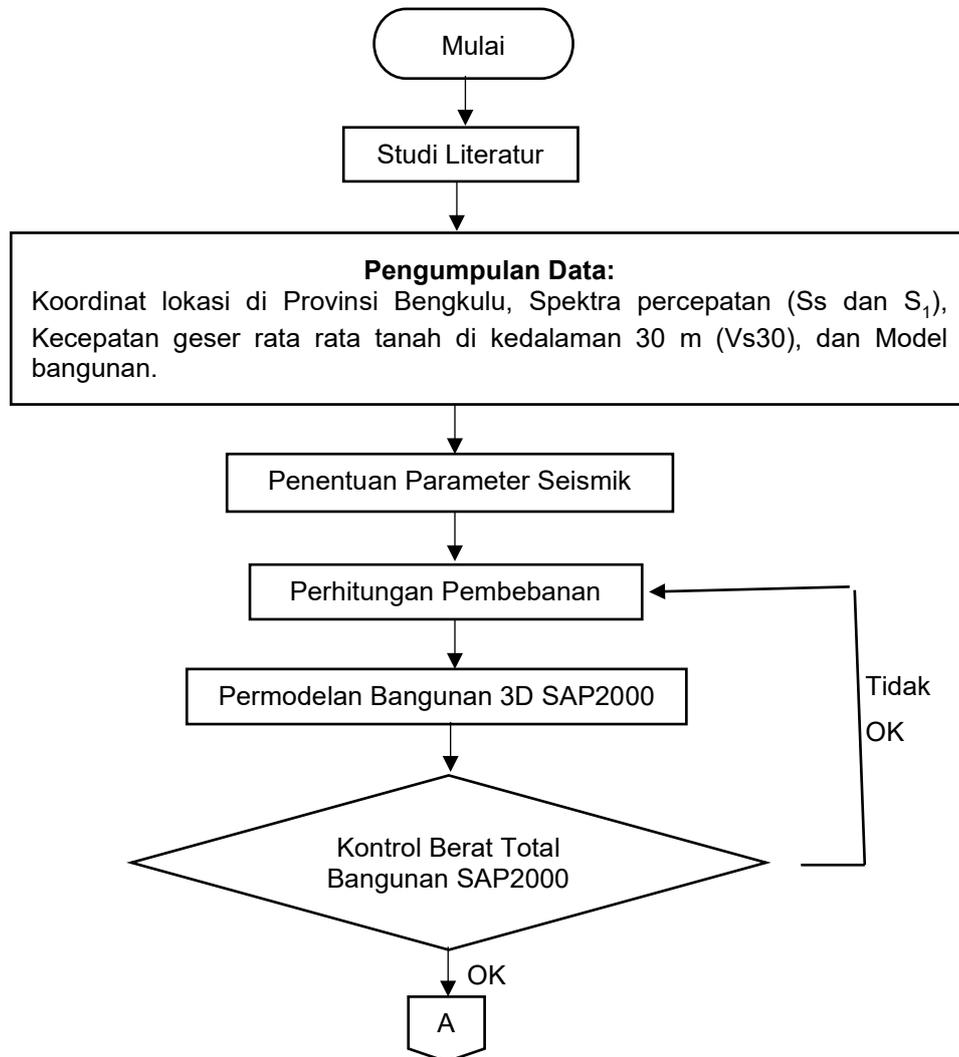
(Faizah dan Saputra, 2019)

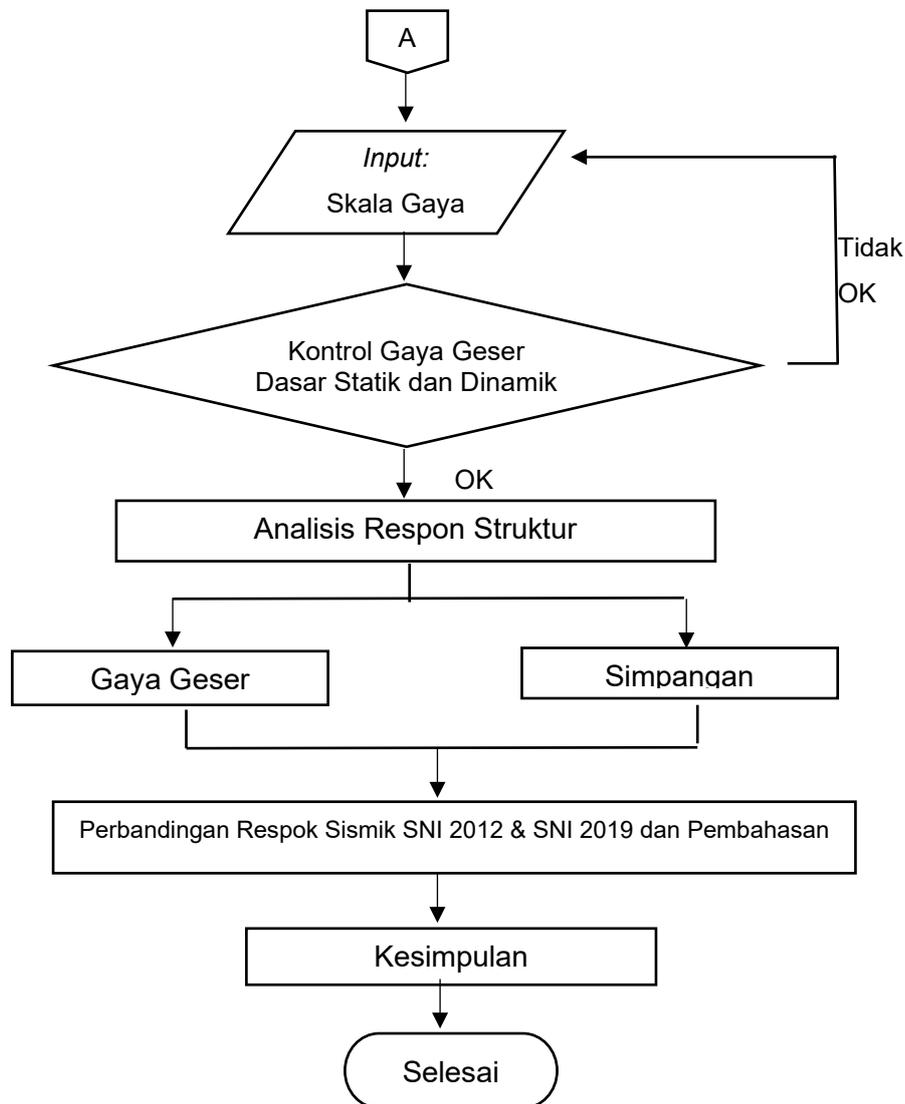
Tujuan dilakukannya penelitian ini diantaranya adalah untuk menentukan parameter percepatan spektra serta perbandingan percepatan spektra dan respon seismik gedung di Provinsi Bengkulu yang diizinkan berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019. Penelitian ini juga dilakukan untuk menghitung pengaruh respon seismik Gedung di Provinsi Bengkulu akibat pembaharuan SNI 03-1726-2012 ke SNI 03-1726-2016.

Penentuan spektra percepatan dan sistem penahan gaya seismik yang diizinkan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung yang dilakukan di seluruh Kabupaten/Kota (10 kabupaten) yang ada di Provinsi Bengkulu. Penentuan kategori desain seismik dilakukan pada kategori risiko I, II, III dan IV dengan kategori desain seismik dianalisis pada kondisi tanah keras, sedang, dan lunak. Analisis struktur bangunan yang dimodelkan adalah gedung rumah sakit 10 lantai dengan kategori risiko IV dengan konfigurasi bangunan yang memiliki fungsi sebagai rumah sakit, 10 lantai,  $f_c$  30 MPa, jarak antar antar lantai 4m, dan mutu baja tulangan 400 MPa untuk baja ulir dan 320 MPa untuk baja polos. Pemodelan struktur bangunan berdasarkan data struktur bangunan pada penelitian sebelumnya (Faizah dan Saputra, 2018). Jenis tanah ditentukan dengan metode pendekatan berdasarkan kecepatan gelombang geser dasar pada kedalaman 30 m ( $V_s30$ ) dari sumber *website* USGS. Respon seismik gedung yang dianalisis adalah gaya geser dasar, simpangan antar tingkat dan *drift ratio*.

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan informasi bagi praktisi maupun masyarakat tentang syarat detailing dalam merencanakan struktur bangunan tahan gempa untuk gedung atau non gedung sesuai dengan pedoman SNI 03-1726-2019 yang wajib diterapkan di seluruh Kabupaten/Kota di Provinsi Bengkulu.

## METODE PENELITIAN



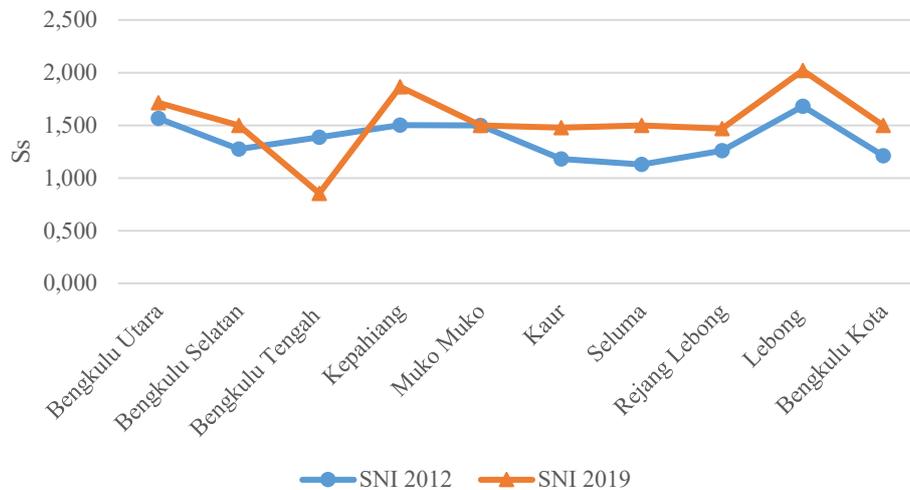


Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

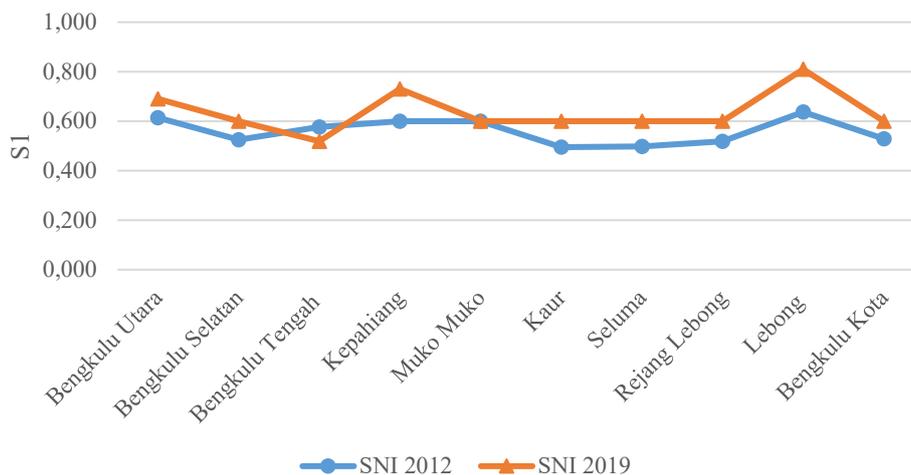
## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Penentuan Spektra Percepatan

Dalam menentukan nilai percepatan tanah pada 10 kabupaten di Provinsi Bengkulu menggunakan aplikasi respon spektrum analisis *website* Puskim untuk SNI 1726:2012 dan *webapps* Cipta Karya untuk SNI 1726:2019.



**Gambar 3** Grafik Perbandingan Nilai  $S_s$  di Provinsi Bengkulu



**Gambar 4** Grafik Perbandingan Nilai  $S_1$  di Provinsi Bengkulu

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 dapat diketahui bahwa hampir seluruh Kabupaten/Kota mengalami peningkatan nilai parameter percepatan tanah seperti Kabupaten Lebong mengalami peningkatan nilai  $S_s$  sebesar 0,340 g dan nilai  $S_1$  sebesar 0,173 g, Kabupaten Kepahiang mengalami peningkatan nilai  $S_s$  sebesar 0,364 g dan nilai  $S_1$  sebesar 0,130 g. Sedangkan pada Kabupaten Bengkulu Tengah terjadi degradasi nilai  $S_s$  sebesar 0,533 g dan nilai  $S_1$  sebesar 0,057 g dan untuk Kabupaten Muko-Muko tidak terjadi perubahan baik pada nilai  $S_s$  atau  $S_1$ . Terjadinya peningkatan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  disebabkan aktivitas seismik yang meningkat di beberapa Kabupaten di Provinsi Bengkulu. Hal ini berdampak pada KDS dan sistem rangka pemikul momen yang diizinkan di Provinsi Bengkulu. Provinsi Bengkulu ditetapkan sebagai daerah dengan KDS D, E dan F maka sistem rangka pemikul momen yang diizinkan adalah SRPMK.

#### Analisis Respon Struktur

Dengan adanya perubahan parameter spektra percepatan maka berdampak pula terhadap respon struktur gedung di Provinsi Bengkulu. Respon struktur yang dianalisis pada penelitian ini berupa gaya geser dasar dan simpangan antar lantai.

### Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar seismik ( $V$ ) merupakan gaya geser desain total yang terjadi di dasar bangunan akibat adanya getaran gempa bumi. Gaya geser dasar digunakan sebagai gaya gempa rencana yang diulas dalam perancangan dan evaluasi struktur bangunan Gedung. Gaya geser dasar dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

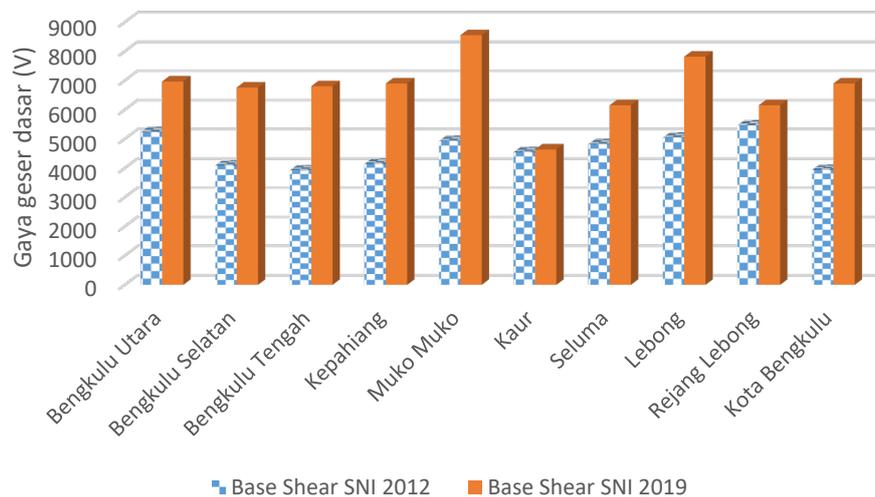
$$V = C_s \times W \quad (1)$$

Keterangan:

$C_s$  : Koefisien seismik

$W$  : Berat bangunan

$V$  : Gaya geser dasar



**Gambar 5** Grafik Perbandingan Gaya Geser Dasar di Provinsi Bengkulu

Berdasarkan Gambar 5 dapat disimpulkan Kabupaten Muko-Muko mengalami peningkatan paling signifikan sebesar 42,967% dan Kabupaten Kaur mengalami peningkatan paling sedikit sebesar 2,029%. Persen peningkatan rata-rata nilai gaya geser dasar mengalami peningkatan sebesar 30%.

### Simpangan antar Lantai

Simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) harus kurang dari simpangan antar lantai tingkat izin ( $\Delta_a$ ). Simpangan antar lantai tingkat izin ditetapkan berdasarkan kategori risiko bangunan dan jenis struktur bangunan. Jenis struktur bangunan pada penelitian ini merupakan struktur bangunan yang selain dari struktur dinding geser batu bata, langit-langit, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat, dan tergolong kedalam kategori risiko I atau II maka nilai dari simpangan antar lantai tingkat izin ( $\Delta_a$ ) sebesar  $0,025h_{sx}$  dibagi dengan redundansi 1,3.

$$\frac{\Delta a}{\rho} = \frac{0,025 \times h}{\rho} \quad (2)$$

$$\frac{\Delta a}{\rho} = \frac{0,025 \times 3600}{1,3}$$

$$\frac{\Delta a}{\rho} = 692,308 \text{ mm}$$

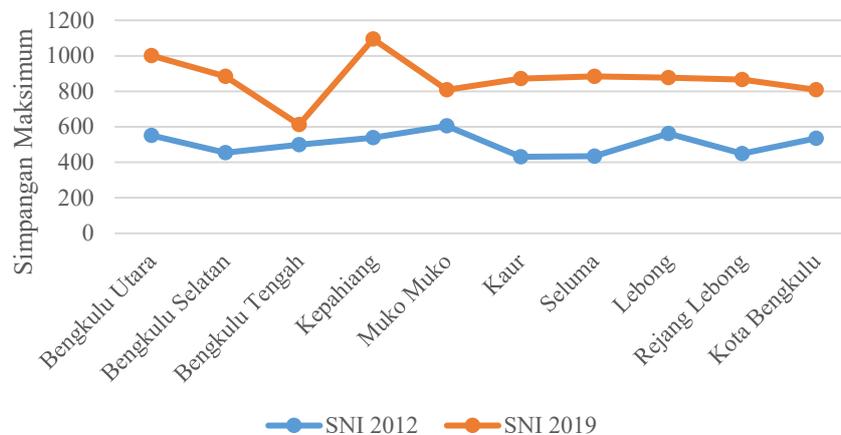
Berdasarkan hasil analisis SAP2000 dapat diperoleh nilai simpangan elastis ( $\delta_e$ ) pada titik joint displacement arah x dan arah y struktur bangunan. Setelah mendapatkan nilai simpangan elastis ( $\delta_e$ ) dilanjutkan dengan menghitung nilai simpangan antar tingkat inelastic dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) = 1,5 dan koefisien amplifikasi defleksi ( $C_d$ ) = 5,5. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk simpangan antar tingkat bangunan pada SAP2000.

$$\delta_e \text{ Eqx} = 0,146185 \text{ m} = 146,185 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3)$$

$$\delta = \frac{5,5 \times 146,185}{1,5}$$

$$\delta = 536,012 \text{ mm}$$



**Gambar 6** Grafik Perbandingan Simpangan Maksimum di Provinsi Bengkulu

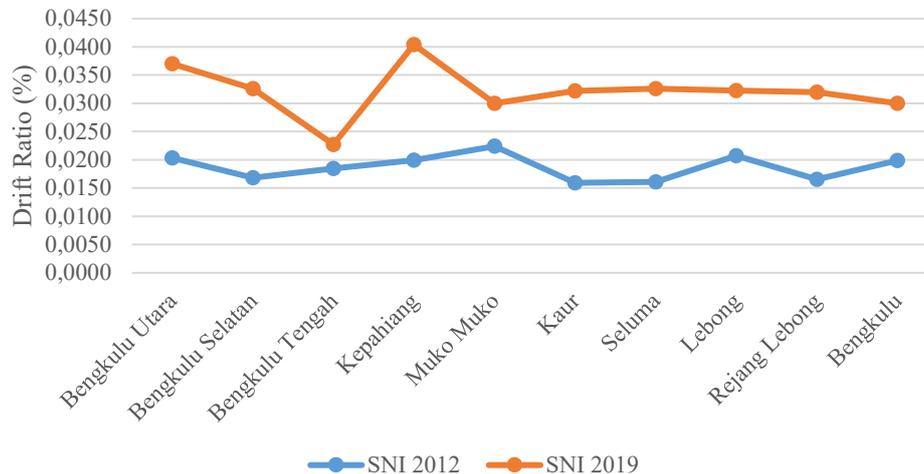
Berdasarkan Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan simpangan antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. Kabupaten Kepahiang mengalami peningkatan simpangan paling signifikan sebesar 51% untuk arah x dan arah y. Persen peningkatan rata-rata simpangan untuk arah x maupun arah y mengalami peningkatan sebesar 41%.

### Drift Ratio

*Drift Ratio* merupakan salah satu parameter yang memengaruhi kekuatan struktur bangunan terhadap gaya gempa. Nilai *drift ratio* diperoleh dari simpangan antar lantai dibagi dengan tinggi lantai.

$$Drift\ Ratio = \frac{4x}{Hx}$$

(4)



**Gambar 7** Grafik Perbandingan *Drift Ratio* di Provinsi Bengkulu

Berdasarkan Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa *drift ratio* di 10 Kabupaten/Kota di Provinsi Bengkulu mengalami peningkatan sebanding dengan peningkatan yang terjadi pada nilai simpangan. Kabupaten Kepahiang mengalami peningkatan *drift ratio* paling signifikan sebesar 0,0154%.

## KESIMPULAN dan saran

### Kesimpulan

1. Seluruh Kabupaten/Kota di Provinsi Bengkulu memiliki nilai *Ss* dan nilai *S1* yang cukup tinggi. Oleh karena itu, Provinsi Bengkulu termasuk wilayah rawan gempa. Pada SNI 1726:2012 Kabupaten Lebong memiliki nilai *Ss* dan *S1* tertinggi yaitu sebesar 1,681 g dan 0,637 g sedangkan Kabupaten Seluma memiliki nilai *Ss* dan *S1* terendah yaitu sebesar 1,128 dan 0,495 g. Pada SNI 1726:2019 Kabupaten Lebong memiliki nilai *Ss* dan *S1* tertinggi yaitu sebesar 2,021 g dan 0,810 g sedangkan Kabupaten Bengkulu Tengah memiliki nilai *Ss* dan nilai *S1* terendah yaitu sebesar 0,854 g dan 0,519 g.
2. Seluruh Kabupaten/Kota di Provinsi Bengkulu mengalami peningkatan nilai *Ss* dan *S1* kecuali Kabupaten Bengkulu Tengah. Kabupaten Bengkulu tengah mengalami penurunan nilai *Ss* sebesar 0,533 g dan nilai *S1* sebesar 0,057 g. Kabupaten Lebong mengalami peningkatan nilai *Ss* dan *S1* paling signifikan sebesar 0,340 g dan 0,173 g sehingga Kabupaten Lebong berada pada KDS E untuk kategori risiko bangunan I, II atau III dan berada pada KDS F untuk kategori risiko bangunan IV sedangkan 9 Kabupaten/Kota lainnya tetap berada pada KDS D. Sistem rangka pemikul momen yang diizinkan untuk kategori desain seismik D, E dan F di 10 Kabupaten/Kota Bengkulu adalah Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan tabel 5 pada SNI 1726:2019.

3. Hasil gaya geser dasar ( $V$ ) pada 10 Kabupaten/Kota di Provinsi Bengkulu mengalami peningkatan yang cukup signifikan akibat pembaharuan SNI 1726:2012 ke SNI 1726:2019 dengan selisih rata-rata sebesar 30%. Peningkatan signifikan terjadi di Kabupaten Muko-Muko sebesar 40%. Peningkatan ini mungkin berbeda dengan struktur lainnya karena memiliki nilai parameter respon spektra yang berbeda-beda. Peningkatan nilai gaya geser dasar sebanding dengan peningkatan simpangan antar lantai di Provinsi Bengkulu. Kabupaten Kepahiang mengalami peningkatan simpangan paling signifikan sebesar 51% untuk arah  $x$  dan arah  $y$ . Persen peningkatan rata-rata simpangan untuk arah  $x$  maupun arah  $y$  sebesar 41%. Drift ratio pada arah  $x$  dan  $y$  di 10 Kabupaten/Kota di Provinsi Bengkulu mengalami peningkatan sebanding dengan peningkatan yang terjadi pada nilai simpangan. Kabupaten Kepahiang mengalami peningkatan drift ratio paling signifikan sebesar 0,0205% pada arah  $x$  dan 0,0154% pada arah  $y$ .

### Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat melakukan perhitungan bagian-bagian Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 2847:2019 seperti perencanaan Strong Column Weak Beam (SCWB), kuat geser pada balok dan perencanaan kolom pada bangunan.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya analisis struktur gedung dilakukan dengan kategori risiko bangunan I, II atau III.

### DAFTAR PUSTAKA

- Afnan, Y. A. K., Shulhan, M. A., & Yasin, I. (2020). *Perbandingan Respons Spektrum Gempa Antara SNI 1726-2012 Dan SNI 1726-2019 Di Indonesia*. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa. Yogyakarta.
- Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. *Kekayaan Tektonik di Indonesia Tahun 2014*. Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BMKG. *Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah Bengkulu*. [Online]. Available at: <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/gempabumi-terkini.bmkg>. [Accessed 28 Januari 2022]
- Citra, F. W., Edwar, E., & Sugandi, W. (2020). *Tingkat Pemahaman Peserta Didik Pada Wilayah Rawan Bencana Gempa Bumi Zona Tinggi Di Kota Bengkulu*. *Jurnal Georaflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 5(1), 33-39.
- Faizah, R., & Saputra, E. (2018). *Seismic demand due to the earthquake hazard map 2017 determination in Indonesia*. In *Proceeding of the 7th Engineering*

- International Conference on Education, Concept and Application on Green Technology, Semarang. <http://doi> (Vol. 10, p. 0009007101080116).*
- Farlianti, S. (2017). *Kategori Desain Seismik Wilayah Kota Palembang Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Dengan Menggunakan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010. TEKNIKA: Jurnal Teknik, 4(1), 23-30.*
- Farlianti, S. (2018). *Kategori Desain Seismik Wilayah Kota Pangkal Pinang Berdasarkan Sni 1726; 2012 Dengan Menggunakan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010. TEKNIKA: Jurnal Teknik, 5(1), 10-17.*
- Farlianti, S., & Sapta, S. (2019). *Respon Spektra Gempa Desain Berdasarkan Sni 03-1726-2012 Untuk Wilayah Kota Bengkulu. TEKNIKA: Jurnal Teknik, 5(2), 202-2014.*
- 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.*
- Purnamasari, E. (2020). *Penggunaan Sni 1726-2019 Untuk Menentukan Beban Gempa Seismik Di Kalimantan Selatan. Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, 3(2), 165-174.*
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- PUSKIM. *Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman*. [Online]. Available at: [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/). [Accessed 05 April 2022].
- Saputra, E., Nugraheni, F., Widodo., & Makrup, L. (2021). *Perbandingan Peta Percepatan Tanah di Permukaan sebagai Dasar Perencanaan Tata Ruang Berbasis Mitigasi Bencana di Provinsi Riau.*
- Solikhin, A. & Suantika, G., 2008, *Laporan Penyelidikan Gempabumi Daerah Kabupaten Bandung dan Sekitarnya Jawa Barat*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- USGS. *United States Geological Survey*. [Online]. Available at: <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>. [Accessed 04 Juli 2022].