

PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR MENGGUNAKAN METODE STATIKEKUIVALEN GEMPA DI 3 WILAYAH PADA PULAU SUMATERA BERDASARKAN SNI 1726-2019

Afdhalul Zikri, Nurmaidah

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer,
Universitas Harapan Medan
afdhalulzikkri9@gmail.com

Abstrak

Pulau Sumatera merupakan wilayah dengan tatanan tektonik yang unik karena Pulau Sumatera mempunyai dua kondisi geologi yang mempengaruhi aktivitas seismik dan kondisi tektonik di Pulau Sumatera, yaitu zona subduksi dan zona sesar subduksi. Oleh karena itu sangat penting membandingkan besaran gaya gempa yang terjadi di 3 wilayah kota besar yang berdekatan seperti Kota Medan, Kota Pekanbaru, Kota Padang. Tujuan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui besaran gaya lateral dan gaya-gaya lainnya seperti gaya momen, gaya geser, dan gaya aksial yang terjadi terhadap gedung pada 3 wilayah Kota Medan, Kota Pekanbaru dan Kota Padang dengan mengacu peraturan SNI 03-1726-2019. Dalam penelitian ini digunakan software pemodelan gedung dalam mempermudah analisis yang akan dilakukan dengan metode statik ekuivalen dengan bantuan program ETABS. Dari hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa perhitungan gaya lateral gempa dengan SNI 03-1726-2019 didapatkan perbedaan gaya lateral arah X, dengan Kota Padang 76 % lebih besar dari Kota Medan, sedangkan Kota Medan 39 % lebih besar dari Kota Pekanbaru. Untuk gaya lateral arah Y, dimana Kota Padang 64 % lebih besar dari Kota Medan, sedangkan Kota Medan 39 % lebih besar dari Kota Pekanbaru. Lalu terdapat perbedaan nilai gaya-gaya yang terjadi, dimana untuk nilai momen ultimit & geser ultimit untuk Kota Padang memiliki nilai paling besar dan Kota Pekanbaru memiliki nilai paling kecil. Begitu juga untuk nilai gaya aksial nilai paling besar berada pada Kota Pekanbaru dan untuk nilai paling kecil berada pada Kota Padang.

Kata Kunci: Gempa, Nilai Gaya, ETABS, Statik,

I. PENDAHULUAN

Pulau Sumatera merupakan wilayah dengan tatanan tektonik yang unik karena Pulau Sumatera mempunyai dua kondisi geologi yang mempengaruhi aktivitas seismik dan kondisi tektonik di Pulau Sumatera, yaitu zona subduksi dan zona sesar subduksi. Kedua wilayah tersebut menjadikan Pulau Sumatera sangat rentan terhadap gempa bumi. Dalam pemodelan penelitian ini menganalisis kinerja bangunan di 3 wilayah gempa di pulau Sumatera menggunakan gedung rumah sakit, dibangun sesuai peraturan SNI 1726-2019 sebagai model konstruksi. Hasil analisis berupa output berupa kekuatan geser fondasi dinamis, nilai deviasi dan deviasi antar lapisan di setiap area di daerah dan kota di Sumatera Utara untuk menarik kesimpulan tujuan penelitian ini dan rumusan masalah. Metode analisis statik ekuivalen digunakan dalam penyusunan tesis ini sendiri respon spektral untuk menganalisis gedung Rumah Sakit dan gunakan aturan prosedur desain untuk struktur tahan gempa Bangunan dan non bangunan SNI 1726-2019. Pembebanan gempa untuk setiap 3 wilayah di pulau Sumatera. Studi ini ditargetkan untuk mengetahui bagaimana perbedaan yang muncul dalam konstruksi bangunan terkhusus bangunan gedung untuk 3 wilayah gempa berbeda yang berada di pulau Sumatera. Hasil struktural dari penelitian ini adalah nilai gaya statik tentang pemotongan, pergeseran, dan hanyut untuk mencari tahu apakah bangunan tersebut sesuai dengan pembatasan izin resmi yang baru. Parameter SNI 1726-2019 sebagaimana tercantum

dalam website Pusat Penelitian dan Kementerian Negara Tenaga Kerja Pembangunan Perumahan (PUSKIM). Dimana 3 wilayah yang akan di tinjau ialah 3 kota besar yang berada pada pulau Sumatera yang memiliki nilai respon spectrum gempa yang berbeda-beda. Dimana 3 kota besar itu ialah kota Medan, Pekanbaru, dan kota Padang. Maka dari itu sangat perlu membandingkan kinerja struktur terutama bangunan gedung pada 3 wilayah gempa berbeda

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas maka rumusan masalah ini adalah: 1) Bagaimana perbandingan kinerja gaya gempa di 3 wilayah gempa di pulau Sumatera Berdasarkan Peraturan SNI 03-1726- 2019? 2) Bagaimana perbandingan kinerja gaya momen ultimit, geser ultimit, dan aksial ultimit struktur bangunan di 3 wilayah gempa pada pulau Sumatera Berdasarkan Peraturan SNI 03-1726-2019?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbandingan gaya lateral/horizontal gempa di 3 wilayah pada pulau Sumatera berdasarkan SNI 1726-2019.
2. Mengetahui perbandingan kinerja gaya momen ultimit, geser ultimit, dan aksial ultimit pada struktur salah satu kolom di 3 wilayah gempa pada pulau Sumatera berdasarkan Peraturan SNI 03-1726-2019.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Prosedur analisis paling sederhana dan langsung yang dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh beban gempa terhadap suatu struktur bangunan adalah prosedur analisis statis. Analisis statis hanya boleh dilakukan pada struktur dengan bentuk sederhana, beraturan, atau simetris yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam hubungan antara berat dan kekakuan pada permukaan lantai. Prosedur analisis statis ini hanya merupakan metode simulasi efek dinamis dari pembebanan seismik aktual. Untuk struktur bangunan lain yang perilakunya terhadap gempa tidak mudah diprediksi (struktur yang bentuknya tidak beraturan), harus dianalisis dengan menggunakan prosedur analisis dinamik. Struktur bangunan konvensional juga dapat dianalisis menggunakan prosedur analisis dinamis jika diinginkan.

2.1 Fungsi Pemodelan Gedung

Gedung ini berfungsi sebagai gedung rumah sakit, rumah sakit merupakan suatu gedung atau fasilitas kesehatan yang memerlukan perhatian khusus dalam hal keamanan, keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan. Bangunan balai ini rencananya setinggi 5 lantai, lebar 11 m x 40 m.

2.2 Struktur Bangunan Gedung

Analisis perancangan struktur bangunan akibat pengaruh beban gempa statis meliputi prinsip penggantian gaya-gaya horizontal yang bekerja pada struktur bangunan akibat pengaruh gerak tanah akibat gempa dengan gaya-gaya statis yang setara. Dalam standar seismik di Indonesia yang berlaku saat ini, metode analisis statis untuk menghitung dampak beban gempa terhadap strukturbangunan hanya dapat digunakan untuk menganalisis struktur bangunan konvensional. Suatu struktur bangunan dikatakan normal apabila memenuhi beberapa syarat, antara lain tinggi struktur bangunan tidak lebih dari 10 lantai atau 40 meter, denah struktur bangunan berbentuk persegi panjang tanpa bagian yang menonjol, sistem struktur bangunan mempunyai struktur sederhana dan bentuk teratur, dan mempunyai massa yang sama dan kekakuan yang sama, hampir seragam di seluruh tingginya. Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Ketinggian struktur bangunan dihitung dari tinggi klip samping tidak melebihi 10 lantai atau 40 m.
2. Bidang struktur bangunan berbentuk persegi panjang tanpa ada bagian yang menonjol, dan walaupun ada bagian yang menonjol, panjang bagian yang menonjol tersebut tidak boleh melebihi 25% dari dimensi terbesar bidang struktur bangunan dalam arah mendatar.
3. Denah struktur bangunan gedung tidak terdapat retakansudut dan walaupun terdapat retakan sudut,

panjang tepi retakan tidak boleh melebihi 15% dari dimensi terbesar denah struktur bangunan gedung yang menghadap retakantersebut.

4. Sistem struktur bangunan dibentuk oleh subsistem penahan gaya horizontal yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu ortogonal utama bidang struktur keseluruhan bangunan.
5. Sistem struktur bangunan tidak mempunyai fasadbertingkat dan meskipun mempunyai fasad bertingkat
6. ukuran rencana struktur tonjolan pada setiap arah bangunan tidak kurang dari 75% permukaan.diagram struktur uang terbesar bangunan. di bawah. Dalam hal ini tidak perlu diperhitungkan bahwa struktur atap mempunyai ketinggian tidak lebih dari 2 lantai sehingga menyebabkan luas fasad bertingkat.
7. Sistem struktur bangunan mempunyai kekakuan horizontal yang teratur, tanpa lantai lunak. Tahap lunak adalah tahap yang kekakuan horizontalnya kurang dari 70% kekakuan horizontal tahap di atas atau kurang dari 80% rata-rata kekakuan horizontal ketiga tahap di atas. Dalam hal ini yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila diterapkan pada tingkat tersebut akan menimbulkan suatu satuan defleksi antar tingkat.
8. Sistem struktur bangunan memiliki bobot yang seragamdi permukaan tanah, artinya setiap lantai memiliki berat tidak lebih dari 150% dari tanah di atas atau di bawahnya. Berat atap atau atap belum tentu memenuhi persyaratan ini.
9. Sistem struktur bangunan terdiri dari elemen-elemen vertikal yang termasuk dalam sistem penyangga horizontal yang menerus, tanpa perpindahan pusat gravitasi, kecuali jika perpindahannya tidak melebihi setengah ukuran elemen dalam arah pergerakan.
10. Sistem struktur rumah mempunyai lantai yang menerus, tanpa lubang atau celah yang luasnya lebih dari 50% dari total luas lantai. Walaupun ada lantai yang berlubang atau terbuka, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlahseluruh lantai.
11. Untuk struktur bangunan normal, pengaruh gempa rencana dapat dianggap sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut standar ini analisis dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Untuk struktur bangunan tidak beraturan, efek seismik desain harus dianggap sebagai efek pembebanan gempa, sehingga analisisnya harus didasarkan pada analisis respons dinamik. Untuk struktur bangunan gedung menggunakan SRPMK (Sistem Rangka Tahan Momen Khusus), suatu sistem rangka spasial dimana komponen struktur dan sambungan menahan gaya akibat pengaruh

lentur, geser, dan aksial. Sistem ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa tinggi.

2.3 Jenis Beban

1. Beban Mati (SNI 1727-2013)

Beban statis adalah berat seluruh struktur permanen, termasuk dinding, lantai, atap, langit-langit, tangga, partisi tetap, permukaan, pelapis bangunan, komponen arsitektur bangunan, serta struktur dan peralatan tetap lainnya.

Tabel 2. 1 Perencanaan beban mati menurut SNI 1727-2013

Jenis Beban	Beban	Satuan
Beban beton bertulang	23,6	kN/m ²
Beban spasi 25 mm + keramik	1,1	kN/m ²
Penggantung plafond	0,1	kN/m ²
Beban mechanical electrical plumbing	0,19	kN/m ²

(Sumber : SNI 1727-2013)

2. Beban Hidup (SNI 1727 – 2013)

Beban hidup merupakan beban yang ditimbulkan oleh bagian atau struktur bangunan di luar beban bangunan lainnya, serta beban lingkungan seperti beban angin, beban gempa, dan beban statis.

Tabel 2. 2 Perencanaan beban mati menurut SNI 1727-2013

Jenis Beban	Beban	Satuan
Ruang operasi, laboratorium	2,87	kN/m ²
Ruang pasien	1,92	kN/m ²
Koridor diatas lantai pertama	3,83	kN/m ²

(Sumber : SNI 1727-2013)

3. Beban Gempa (SNI 1726 -2019)

Beban gempa adalah beban akibat pengaruh gerakan horizontal dan vertikal yang diakibatkan oleh gempa bumi. Kasus beban seismik menggunakan analisis statis ekuivalen.

2.4 Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada struktur. Menentukan beban yang sesuai pada suatu struktur tidaklah mudah. Oleh karena itu, perhitungan biaya biasanya dilakukan hanya sebagai perkiraan saja. Oleh karena itu perhitungan beban menjadi sangat penting terutama yang berkaitan dengan fungsi bangunan khususnya bangunan aula. Mengenai elastisitas bahan struktur, setiap sistem atau bagian struktur akan berubah bentuk karena beban dan kembali ke bentuk semula jika beban yang bekerja dihilangkan.

2.5 Kombinasi Beban

Pertimbangan dan perhitungan beban dalam perancangan gedung ini didasarkan pada Persyaratan Beton Struktural Bangunan Gedung SNI 2847- 2013 pasal 9.2.1 dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan

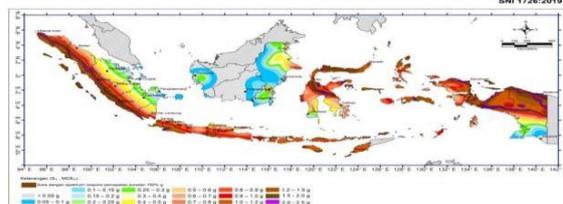
gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012 Pasal 4.2.2 dan Pasal 7.4.

1. Combo 1 : 1,4DL
2. Combo 2 : 1,2DL + 1,6LL
3. Combo 3 : 1,2DL + 1,0E x + 0,3E y + 1,0LL
4. Combo 4 : 1,2DL + 1,0E x - 0,3E y + 1,0LL
5. Combo 5 : 1,2DL - 1,0E_x + 0,3E_y + 1,0LL
- Combo 9 : 1,2DL - 1,0E_y + 0,3E_x + 1,0LL
10. Combo 10 : 1,2DL - 1,0E_y - 0,3E_x + 1,0LL
11. Combo 11 : 0,9DL + 1,0E_y + 0,3E_x
12. Combo 12 : 0,9DL + 1,0E_y - 0,3E_x
13. Combo 13 : 0,9DL - 1,0E_x + 0,3E_y
14. Combo 14 : 0,9DL - 1,0E_y - 0,3E_x
15. Combo 15 : 0,9DL + 1,0E_x + 1,0E_y
16. Combo 16 : 0,9DL + 1,0E_x - 0,3E_y
17. Combo 17 : 0,9DL - 1,0E_x + 0,3E_y Dengan:

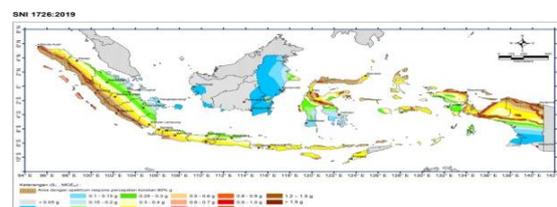
- DL = beban mati
- LL = beban hidup
- E_x = beban gempa arah x

Dimana untuk perhitungan pembebanan menggunakan ETABS beban struktur itu sendiri sudah dihitung oleh program. Sehingga hanya memasukan beban pendukung lainnya seperti untuk beban mati contohnya beban Beban spasi + keramik, beban plumbing dan beban plafond, sedangkan untuk beban hidup itu sendiri berupa beban orang yang ada pada gedung aula berdasarkan peraturan pembebanan SNI 1727-2013.

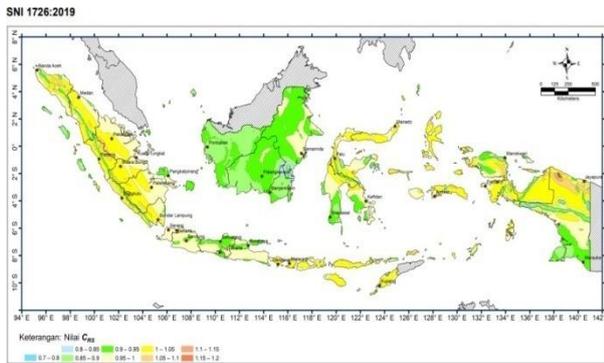
2.6 Wilayah Gempa & Spectrum Response



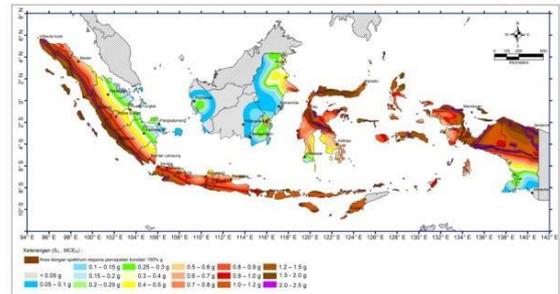
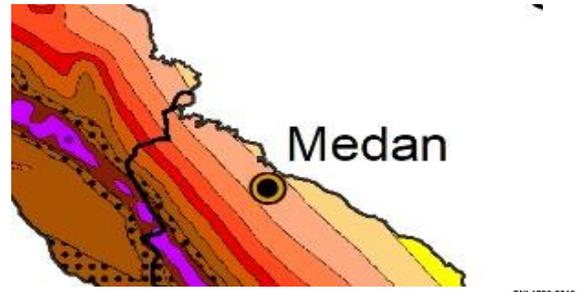
Gambar 1. Parameter gerak tanah Ss, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)



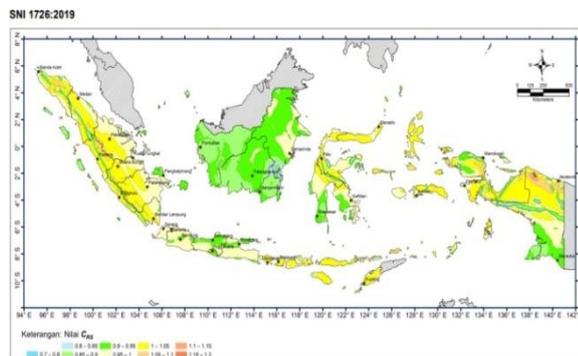
Gambar 2. Parameter gerak tanah, S1, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)



Gambar 3. CRS, Koefisien risiko terpetakan, perodespektrum respons 0,2-detik (Sumber: SNI 1726-2019)



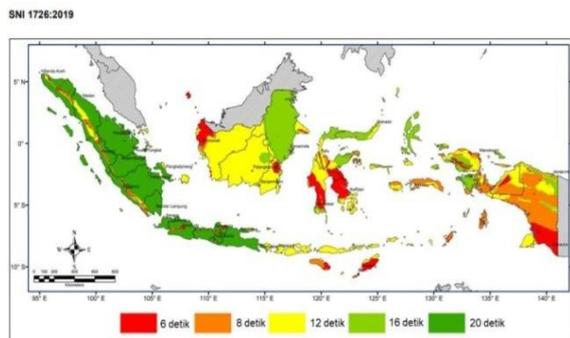
Gambar 6. 1Peta gempa SNI 2019



Gambar 4. CR1, Koefisien risiko terpetakan, perodespons spektral 1 detik

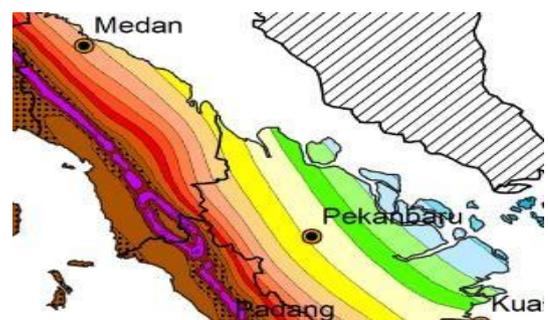
1. Wilayah Gempa Kota Medan
 Berdasarkan peta MCE_R wilayah gempa SNI 1726-2019 Kota Medan berada pada 0,6-0,7 g dimana dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Detail peta gempa SNI 1726-2019 kota Medan



Gambar 5. Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia

2. Wilayah Gempa Kota Pekanbaru
 Berdasarkan peta MCE_R wilayah gempa SNI 1726-2019 Kota Pekanbaru berada pada 0,3-0,4 g dimana dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Detail peta gempa SNI 1726-2019 kota Pekanbaru

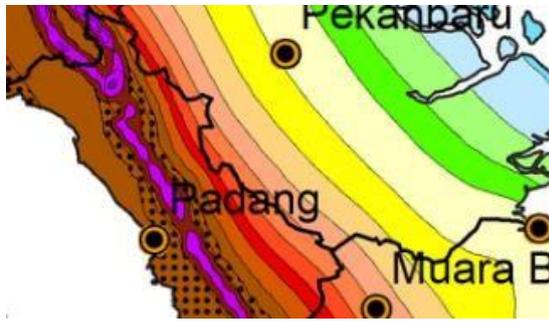
3. Wilayah Gempa Kota Padang

Kota Padang berada pada 1,5-2,0 g dimana dapat dilihat pada Gambar 9.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

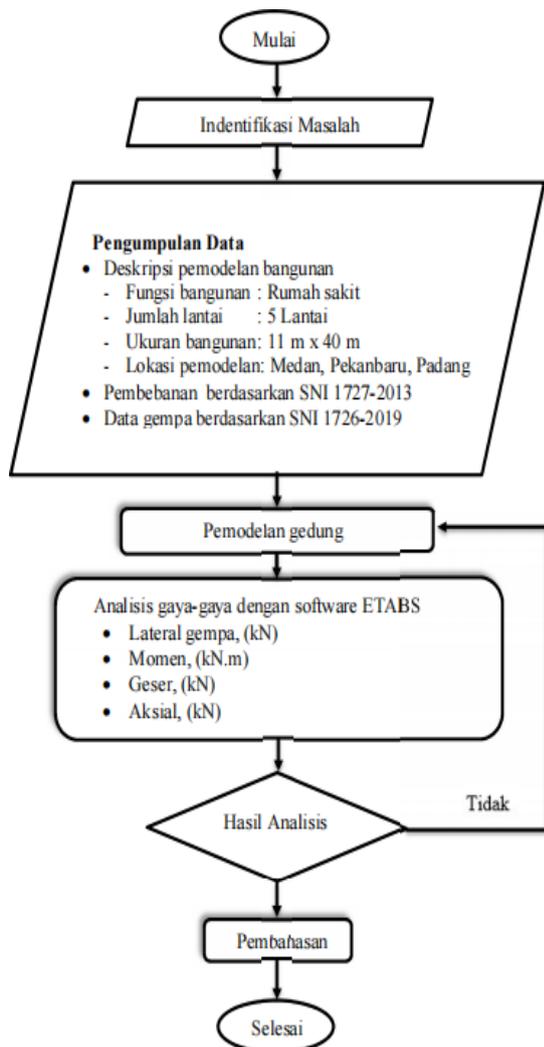
Lokasi penelitian ini akan diteliti 3 wilayah di pulau Sumatera yaitu di kota Medan, Pekanbaru, dan padang.



Gambar 9. Detail peta gempa SNI 1726-2019 kota Padang

3.2 Bagan Alir Penelitian

Secara keseluruhan proses kegiatan ini dapat digambarkan seperti bagan berikut.



Gambar 10. Bagan Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini di jelaskan tentang hasil penelitian yang dilakukan, dimulai dari engumpulan data yang ibutuhkan, pengolahan data hingga pembahasan dari analisis. Analisis tersebut berupa perbandingan gaya-gaya yang terjadi di 3 wilayah pada pulau sumatera berdasarkan SNI 1726-2019. Untuk gaya gempa menggunakan metode statik ekivalen program ETABS.

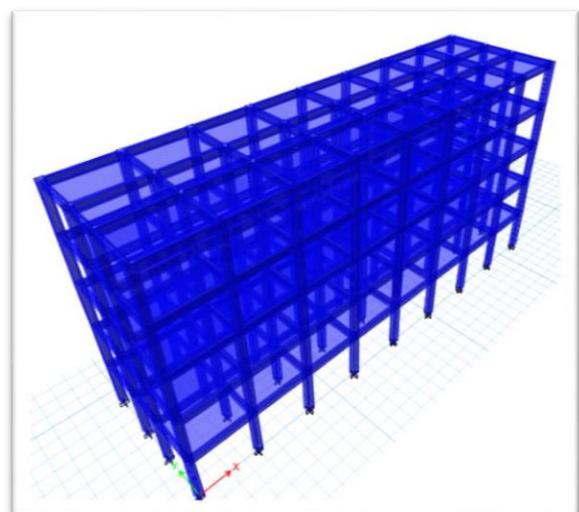
Gempa Statik ekivalen SNI 1726-2019

Mengingat pada konstruksi konvensional, beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dapat dinyatakan sebagai beban gempa statik nominal ekivalen F_i yang bekerja pada pusat massa lantai, maka pengaruh beban gempa Statis nominal ekivalen dapat dianalisis dengan metode analisis statis tiga dimensi yang biasa, yang di sini disebut analisis statis setara tiga dimensi.

Perhitungan Software ETABS

Dalam proses ini sangat penting untuk mencari gaya-gaya maksimum yang terjadi pada struktur bangunan, terutama gaya-gaya maksimum yang terjadi pada struktur. Analisis struktur dapat dilakukan secara statis atau dinamis, dengan banyak Kombinasi beban yang berbeda.

Pada tahap ini dilakukan pemodelan bangunan berdasarkan data gambar konstruksi. Deskripsi konstruksi ditunjukkan pada Tabel



Gambar 11. Pemodelan 3D gedung rumah sakit dengan

Setelah menganalisa dengan software, Anda akan mengetahui hasil gaya internal pada struktur. Ke mudian hasil analisa tersebut dibandingkan antara struktur yang tidak dike nai beban gempa dengan struktur yang dike nai beban ge mpa.ETABS sebagai

Story	Element Type	Material	Total Weight	Floor Area	Unit Weight
			kN	m ²	kN/m ²
Story5	Column	Beton K300	864	440	19,636
Story5	Beam	Beton K300	846,9	440	19,248
Story5	Floor	Beton K300	1267,2	440	2,88
Story4	Column	Beton K300	864	440	19,636
Story4	Beam	Beton K300	846,9	440	19,248
Story4	Floor	Beton K300	1267,2	440	2,88
Story3	Column	Beton K300	864	440	19,636
Story3	Beam	Beton K300	846,9	440	19,248
Story3	Floor	Beton K300	1267,2	440	2,88
Story2	Column	Beton K300	864	440	19,636
Story2	Beam	Beton K300	846,9	440	19,248
Story2	Floor	Beton K300	1267,2	440	2,88

Tabel 2 Rekapitulasi gaya lateral arah x

Lantai	Gaya Lateral	Gaya Lateral	Gaya Lateral
	Arah X (Medan) (kN)	Arah X (Pekanbaru) (kN)	Arah X (Padang) (kN)
Lantai 5	313.10	225.22	551.59
Lantai 4	283.78	199.74	509.24
Lantai 3	204.79	140.20	376.27
Lantai 2	130.17	85.74	247.13
Lantai 1	62.79	38.81	125.83

V. KESIMPULAN DA SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa, maka dapat di simpulkan:

1. Nilai lateral gempa yang di hasilkan berdasarkan SNI 1726-2019 didapatkan perbedaan gaya lateral arah X, dimana Kota Padang 76 % lebih besar dari Kota Medan, sedangkan Kota Medan 39 % lebih besar dari Kota Pekanbaru. Sedangkan gaya lateral arah Y, dimana Kota Padang 64 % lebih besar dari Kota Medan, sedangkan Kota Medan 39 % lebih besar dari Kota Pekanbaru.

2. Terdapat perbedaan hasil gaya momen ultimit, geser ultimit, aksial ultimit. Dimana nilai pada Kota Medan seperti momen ultimit 60,976 kN.m, geser ultimit 57,625 kN dan Aksial ultimit 330,067 kN. Untuk Kota Pekanbaru momen ultimit 40,218 kN.m, geser ultimit 57,625 kN dan Aksial ultimit 364,098 kN. Sedangkan Kota Padang momen ultimit 116,473 kN.m, geser ultimit 85,761 kN dan Aksial ultimit 242,830 kN. Dalam merencanakan bangunan gedung tahan gempa ialah harus memperhitungkan gaya-gaya yang terjadi agar nantinya desain yang direncanakan tidak terjadi kegagalan struktur.

5.2 Saran

1. Dari hasil analisa perbandingan gaya gempa pada 3 wilayah di Pulau Sumatera disarankan untuk perencanaan gedung tahan gempa harus sangat memperhatikan data gempa pada setiap lokasi yang akan direncanakan agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan.
2. Dalam perencanaan nilai gaya yang terjadi pada bangunan sangat berpengaruh terhadap perencanaan yang akan dibangun, sehingga sangat perlu memperhatikan peraturan Perencanaan Gedung Ketahanan Gempa yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] American Society of Civil Engineer, 2016. *Minimum Design Load for Buildings And Other Structures*. ASCE 7-16.
- [2.] Faizah, Restu. 2015, *Pengaruh Frekuensi Gempa terhadap Respons Bangunan Bertingkat*, Seminar Nasional Teknik Sipil V. (1), pp. 59–66.
- [3.] Husein, Salahuddin. 2016, *Bencana Gempabumi*, Proceeding of DRR Action Plan Workshop. 2(January), pp. 1–10.
- [4.] Kakpure, G. G. and Mundhada, D. A. R. (2017), *Comparative Study of Static and Dynamic Seismic Analysis of Multistoried RCC Buildings by ETAB*. International Journal of Engineering Research and Applications, 07(05), pp. 46–51.
- [5.] Majore, B. O., Wallah, S. and Dapas, S. (2015), *Studi Perbandingan Respons Dinamik Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Tata Letak dinding geser*. Jurnal Sipil Statik, 3(6), pp. 435– 447.
- [6.] Mc Cormack (1995), *Desain Beton Bertulang Jilid 2*. Erlangga. Jakarta..
- [7.] Nadya, S., Surya, S. and Masdar, H. 2018, *Analisis Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen*. Jrsdd, 6(3), pp. 273–282.

- [8.] Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik Rekayasa Kegempaan*. Pusaka Pelajar. Yogyakarta.
- [9.] Rohman, R. K. 2014, *Studi Perbandingan Analisis Gaya Gempa Terhadap Struktur Gedung Di Kota Madiun Berdasar SNI 1726 2002 dan RSNi 201X*. Agri-Tek, 15(1), pp. 46–56
- [10.] Simanjuntak, Pinondang. 2020, *Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Di Indonesia*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan - CENTECH, 1(1), pp. 44–53
- [11.] SNI 1726, 2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, 149 hlm.
- [12.] SNI 2847, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, 265 hlm.
- [13.] Supendi, Pepen. *et al.* 2022 ‘*Analisis Gempa bumi Tarutung (Sumatera Utara) Mw 5.8 Tanggal 1 Oktober 2022*’. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Jakarta.