

Perbandingan Antara Metode *Static Equivalent* Dan *Response Spectrum* Pada Perencanaan Gedung Asrama Universitas Dr. Soetomo Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Comparison Between Static Equivalent And Response Spectrum Methods In The Design Of Dr. Soetomo University Dormitory Building Using Special Moment Resistant Frame System (SRPMK)

Abid Maulidan Fauz Alakbar¹, K. Budi Hastono², Safrin Zuraidah³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya Jln. Semolowaru No. 84, Surabaya
Email : abidmaulidan22@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya Jln. Semolowaru No. 84, Surabaya
Email : budihastono@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya Jln. Semolowaru No. 84, Surabaya
Email : safrin.zuraidah@unitomo.ac.id

Abstrak

Universitas Dr. Soetomo Surabaya memiliki mahasiswa yang berasal dari berbagai daerah. Sehingga mahasiswa-mahasiswa ini membutuhkan sebuah tempat tinggal yang dekat dengan kampus. Disisi lain, Universitas Dr. Soetomo Surabaya memiliki lahan seluas $\pm 2.976,48$ m² di belakang Gedung F. Terdapat dua metode analisa beban gempa, yaitu analisis statis berupa analisa static equivalent maupun dinamis berupa response spectrum dan time history analysis. Jurnal ini dimaksudkan untuk membandingkan dimensi penampang maupun penulangan antara kedua beban tersebut pada sebuah gedung asrama 7 lantai dengan menggunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang merujuk pada SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, serta SNI 1727-2019. Sedangkan beban gempa yang digunakan adalah beban gempa static equivalent dan response spectrum. Berdasarkan hasil analisa, didapat hasil bahwa kontrol rasio partisipasi massa dari kedua beban gempa telah mencapai syarat minimum, serta gaya dalam yang dihasilkan gempa response spectrum lebih besar dibanding static equivalent. Sehingga dari hasil ini didapatkan dimensi struktur primer analisa beban gempa response spectrum akan lebih besar yaitu 50/75 cm pada balok dan 90/90 cm pada kolom, sedangkan pada analisa static equivalent sebesar 40/60 cm pada balok dan 75/75 cm pada kolom.

Kata Kunci : Asrama, Gedung Beton Bertulang, Response spectrum, SRPMK, Static equivalent

Abstract

Dr. Soetomo University Surabaya has students from various regions. So these students need a place to live close to campus. On the other hand, Dr. Soetomo University Surabaya has an area of $\pm 2,976.48$ m² behind Building F. There are two methods of earthquake load analysis, namely static analysis in the form of static equivalent analysis and dynamic in the form of response spectrum and time history analysis. This journal is intended to compare the cross-sectional dimensions and reinforcement between the two loads in a 7-story dormitory building using the Special Moment Resisting Frame Structure (SRPMK) which refers to SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, and SNI 1727-2019. While the earthquake loads used are static equivalent and response spectrum earthquake loads. Based on the results of the analysis, it was found that the mass participation ratio control of the two earthquake loads had reached the minimum requirements, and the internal force produced by the response spectrum earthquake was greater than the static equivalent. So from these results, it is obtained that the primary structure dimensions of the earthquake response spectrum load analysis will be larger, namely 50/75 cm on the beam and 90/90 cm on the column, while in the static equivalent analysis it is 40/60 cm on the beam and 75/75 cm on the column.

Keywords: Dormitory SRPMK, Reinforced Concrete Building, Response spectrum, Static equivalent

PENDAHULUAN

Saat ini mahasiswa Universitas Dr. Soetomo berasal dari bermacam-macam daerah, tidak hanya berasal dari Kota Surabaya saja. Sehingga beberapa mahasiswa dari luar Surabaya lebih memilih untuk tinggal di sebuah kos/ rumah sewa atau bahkan melakukan perjalanan pulang-pergi sebagai mobilisasi mereka dalam melaksanakan Kegiatan Belajar Mengajar (KBM)/kegiatan pembelajaran secara luar tatap muka di dalam kelas. Disisi lain, Universitas Dr. Soetomo Surabaya memiliki lahan kosong seluas 2.976,48 m² yang jika dimanfaatkan sebagai salah satu infrastruktur pendukung dapat menambah nilai ketertarikan bagi calon-calon mahasiswa baru untuk melanjutkan pendidikan mereka di Universitas Dr. Soetomo Surabaya serta dapat menjadi pemasukan bagi kampus untuk melakukan *maintenance*. Contohnya jika pihak kampus dapat mendirikan atau membangun sebuah gedung asrama bersama yang khusus diperuntukkan bagi mahasiswa Universitas Dr. Soetomo Surabaya.

Gedung asrama adalah perumahan untuk mahasiswa yang dapat menjadi wadah yang baik untuk mengembangkan maupun meningkatkan kualitas Pendidikan di Institusi Akademik. Keinginan untuk menyajikan tempat untuk mahasiswa dalam mewadahi kegiatan komputerisasi yang aktif, nyaman, serta adanya kesempatan bersosialisasi merupakan tujuan utama dari rencana Universitas dan Perguruan Tinggi (de Chiara dan Koppelman, 1975). Sedangkan menurut Departemen Pendidikan dan Kebudayaan (1993), gedung asrama merupakan bangunan tempat tinggal bagi orang – orang yang bersifat menetap.

Dalam sebuah perencanaan gedung yang tahan terhadap beban gempa serta aman terhadap bencana, tentunya sebuah struktur diharuskan memiliki daya tahan atau kekuatan yang tinggi serta perilaku yang baik terhadap pembebanan yang paling kritis sekalipun yaitu beban gempa. Dengan direncanakannya bangunan beton bertulang tahan gempa tentunya diharapkan sebuah struktur ini mampu merespon dengan baik terhadap beban gempa yang terjadi agar bangunan ini tidak mengalami kerusakan akibat gempa kecil, sedang dan tidak

mengalami keruntuhan saat menerima beban gempa yang tinggi.

Dalam analisis gempa, terdapat dua metode yang biasa diterapkan, yaitu analisis gempa statis dan analisis dinamis. Analisis *static equivalent* adalah suatu pendekatan analisis statik struktur yang menganggap pengaruh gempa sebagai beban statik arah horizontal untuk menggambarkan efek gempa yang sebenarnya akibat manuver tanah. Metode ini biasanya diterapkan pada bangunan yang rigid, sederhana, dan tidak terlampaui tinggi. Namun, untuk bangunan yang tinggi, tidak beraturan, atau memerlukan ketelitian yang kompleks, perencanaan biasanya menggunakan analisis dinamik yang lebih akurat.

Analisis dinamik memiliki dua metode utama, yakni analisis spektrum respons yang membandingkan respons struktur terhadap berbagai frekuensi, serta analisis riwayat waktu yang mempelajari perilaku struktur dalam waktu yang berlangsung. Analisis *response spectrum* ialah suatu pendekatan dinamik struktur yang mana model spektrum respons gempa rencana digunakan untuk memodelkan struktur matematis dan kemudian respons spektrum struktur terhadap gempa rencana tersebut ditentukan melalui superposisi respons ragam yang berbeda. Gedung asrama dengan jumlah lantai sebanyak 7 lantai yang berlokasi di lahan belakang Gedung F Universitas Dr. Soetomo yang dibangun dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), hal ini dikarenakan Kota Surabaya masuk ke dalam Kategori Desain Seismik D dengan risiko gempa tinggi, yang mana SRPMK merupakan suatu sistem rangka ruang dimana komponen maupun ruasnya dapat menopang gaya yang terjadi melalui aksi lentur, geser dan aksial untuk daerah dengan risiko gempa tinggi atau wilayah gempa 5 dan 6.

Jurnal ini ditujukan untuk mengetahui perbandingan dimensi penampang struktur primer serta jumlah penulangan antara beban gempa antara *Static equivalent* dengan *Response spectrum* dalam perencanaan Gedung Asrama Universitas Dr. Soetomo Surabaya 7 lantai tanpa *basement* menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

TINJAUAN PUSTAKA

**Metode Perencanaan Struktur Beton Bertulang
Metode Tegangan Kerja**

Unsur struktur dipersiapkan terhadap beban kerja sedemikian rupa sehingga tegangan yang timbul tetap berada di bawah batas tegangan yang diizinkan, dimana: $\sigma \leq \sigma_c$.

SNI 03-2847-2002 mengizinkan perencanaan berdasarkan beban kerja sebagai alternatif dari metode kekuatan ultimit. Beban kerja, juga dikenal sebagai beban layan atau beban tak terfaktor, mengacu pada jumlah tugas atau pekerjaan yang harus diwujudkan dalam periode tertentu. Dalam metode perencanaan ini, tegangan yang timbul tidak boleh melebihi tegangan yang diizinkan. Sebagai representatif, pada penampang tidak diperbolehkan melebihi $0,45 f_c'$ pada beton. Meskipun kondisi batas ultimit diasumsikan terpenuhi secara otomatis, tetap diperlukan verifikasi kondisi batas defleksi dan kondisi batas lebar retak terhadap hasil perencanaan awal.

Metode Kekuatan Ultimit

Pada metode ini, unsur struktur didesain untuk menahan beban ultimit yang dikehendaki, yaitu:

$$Mu \leq \phi Mn, Vu \leq \phi Vn, Pu \leq \phi Pn, Tu \leq \phi Tn$$

Metode ini sendiri merupakan metode desain yang memperhatikan terjadinya faktor-faktor beban dan *resistance*. Prosedur perencanaan ini secara fundamental berfokus pada metode perencanaan kondisi batas yang memprioritaskan kondisi batas ultimit, yakni batas *serviceabilitas* (kemampuan layanan), dan kemudian dikontrol setelah desain awal diperoleh.

Static Equivalent

Statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur yang memperlakukan pengaruh gempa pada suatu struktur sebagai beban statik horizontal yang didapatkan dengan memperhitungkan respon ragam getar yang pertama, dan secara general pendistribusian gaya ini disederhanakan menjadi segitiga terbalik. Statik ekuivalen dapat dilakukan sebagai analisis struktur bangunan dengan beban gempa. Pada prinsipnya metode ini cocok digunakan untuk gedung dengan ketinggian kurang dari 40 m, hal ini dikarenakan cara ini hanya terfokuskan pada

mode 1. Oleh karena itu, metode ini sangat cocok untuk bangunan yang rendah dan cenderung kaku.

Analisis statik ekuivalen sesuai SNI 1726-2019 Halaman 71, berupa tahapan perhitungan:

- a. Periode Struktur (T).

Penentuan Periode Struktur ini harus mengacu ke SNI 1727-2019, Pasal 7.8.2, Halaman 71, yang mana terdapat 2 rumus pendekatan yang digunakan, meliputi:

- Pendekatan 1 (SNI 1726-2019, Pasal 7.8.2.1, Halaman 72)

$$Ta = Ct \times hn^x$$

(Nilai *Ct* dan *x* diperoleh di Tabel 18 SNI 1726-2019)

- Pendekatan 2 (SNI 1726-2019, Pasal 7.8.2.1, halaman 72)

$$Ta = 0,1 \times N$$

Dimana nilai *N* adalah tingkat struktur

- b. Gaya geser pada dasar statik ekuivalen.

Perhitungan ini diatur dalam SNI 1727-2019, Pasal 7.8, Hal. 69. Dengan rumus:

$$V = Cs \times W$$

Dimana nilai *Cs* didapat dari beberapa perhitungan sebagai berikut:

- Parameter 1

Dibutuhkan parameter pendukung *TL* yang diperoleh dari Gambar 20 SNI 1726-2019.

- Parameter 2

Dibutuhkan faktor keutamaan, *Ie*, yang didapatkan dari Tabel 4 SNI 1726-2019, Pasal 4.1.2 Halaman 25. Dimana nilai *Ie* = 1,0.

- Parameter 3

Parameter pendukung terakhir adalah faktor modifikasi, *R*, yang diperoleh dari Tabel 12 pada bagian C, No. 5, SNI 1726:2019 Halaman 49.

Karena parameter pendukung sudah ditentukan, perhitungan *Cs* sebagai berikut:

Dikarenakan nilai *Cs* < *TL*, sehingga harus memenuhi :

$$(0,01 \leq 0,044 \times S_{Ds} \times I_e) \leq Cs \leq \left(\frac{S_{Ds} \times I_e}{T \times R} \right)$$

$$Cs = \frac{S_{Ds} \times I_e}{R} \dots\dots\dots[1]$$

- Cek persyaratan-1

$$\frac{S_{Ds} \times I_e}{T \times R} \dots\dots\dots[2]$$

- Cek persyaratan-2

$$0,01 \leq 0,044 \times S_{Ds} \times I_e$$

Nilai dari gaya geser dapat ditentukan setelah nilai *Cs* diperoleh dengan rumus:

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots[3]$$

c. Perhitungan Gaya Gempa (F_X)

Perhitungan ini dihitung berdasarkan SNI 1726:2019, Pasal 7.8.3, Halaman 73, dimana rumus yang digunakan adalah :

$$F_X = C_{vx} \times V \dots\dots\dots[4]$$

Dimana:

V = Gaya geser dasar dari total bangunan.

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k} \dots\dots\dots[5]$$

d. Simpangan Antar Lantai

Analisa ini mengacu pada SNI 1726-2019, Pasal 7.8.6, Halaman 75. Dengan menggunakan nilai dari perpindahan elastis (δ_{xe}) dari bantuan analisa *software* ETABS, proses ini dilakukan untuk mengetahui besaran simpangan antar tingkat. Perhitungan ini membutuhkan parameter I_e dan C_d , dengan nilai $I_e = 1,0$ dan $C_d = 5,5$ (SNI 1726-2019, Pasal 7.2.2, Tabel 49, Kolom C.5)

Mengacu pada pasal tersebut, rumus yang digunakan adalah :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots[6]$$

Dimana:

C_d = Faktor pembesaran defleksi

δ_{xe} = Defleksi lantai pada ETABS

I_e = Faktor keutamaan

Δ = Simpangan antar lantai

Δ_a = Batas simpangan antar lantai

Response Spectrum

Spektrum yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode struktur T , dengan respon respon maksimum yang didasarkan pada rasio redaman dan gempa tertentu. Bila metode ini dibutuhkan, maka kurva spektrum respons desain harus mengacu Gambar 3 pada SNI 1726:2019 Halaman 36, dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

Untuk periode $<T_0$, spektrum respons percepatan, S_a , diambil rumus :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots[7]$$

Untuk periode $\geq T_0$ dan $\leq T_s$, spektrum respons percepatan, S_a , sama dengan S_{DS} .

Untuk periode $>T_s$ tetapi $\leq T_L$, respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots[8]$$

Untuk periode $>T_L$, respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \dots\dots\dots[9]$$

Keterangan :

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

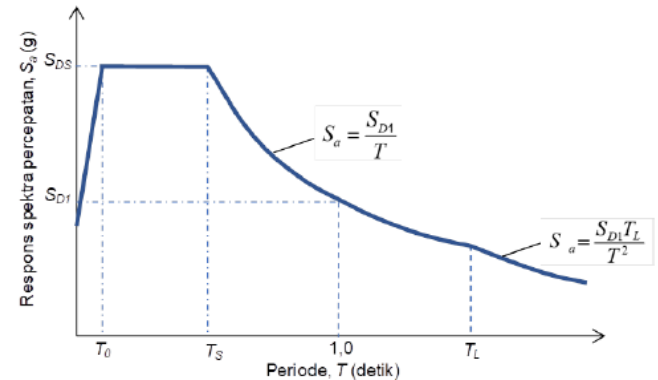
S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots[10]$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots[11]$$

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 3 SNI 1726:2019, yang nilainya diambil dari Gambar 20 SNI 1726:2019 Halaman 238.



Gambar 1. Grafik *Response Spectrum*

METODOLOGI PENELITIAN

Tahap Persiapan

Hal yang termasuk pada tahapan ini adalah:

1. Studi literatur dan perencanaan terdahulu
2. Survei lokasi perencanaan
3. Penyusunan data perencanaan

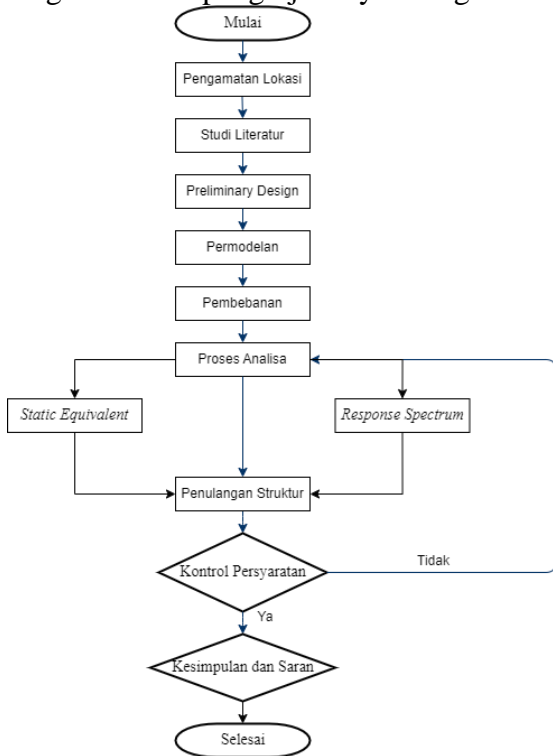
Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Lokasi Perencanaan

Perencanaan gedung asrama menggunakan metode Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan metode beban gempa Statik Ekuivalen dan *Response spectrum* yang memiliki susunan langkah – langkah dalam pengerjaannya sebagai berikut:

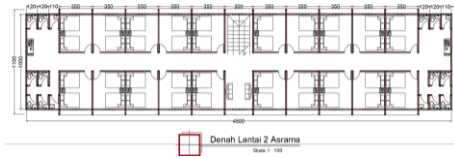


Gambar 3. Diagram Alir Perencanaan

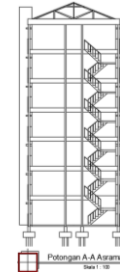
Denah Gedung



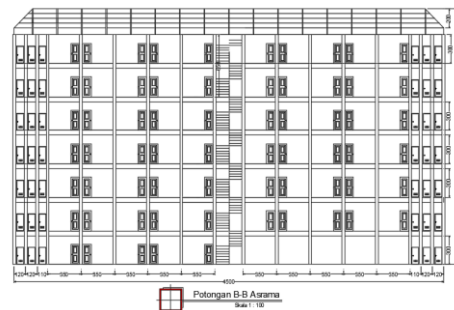
Gambar 4. Denah Lantai 1



Gambar 5. Denah Lantai 2-7



Gambar 6. Potongan A-A Asrama



Gambar 7. Potongan B-B Asrama

Spesifikasi Struktur

- Lokasi : Universitas Dr. Soetomo Surabaya
- Fungsi : Gedung Asrama
- Jumlah : 7 Lantai
- Tinggi : 21,84 m
- f'_c : 30 MPa
- f_y : 420 MPa
- f_{yt} : 240 MPa
- Response spectrum* : Surabaya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Awal Elemen Struktur

Tabel 1. Rekapitulasi Perencanaan Awal

Elemen Struktur	Dimensi (mm)
Pelat	120
Balok	300 x 600
Kolom	600 x 600

Beban Gempa

Parameter analisis beban gempa:

- a. Kategori Risiko = Kategori II
- b. $PGA = 0,315$ (SNI 1726-2019)
- c. Faktor Keutamaan Gempa $I_e = 1,0$
- d. Klasifikasi Situs = Tanah Lunak (*SE*)

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n2.p118-126>

- e. Parameter $S_s = 0,678$
- f. Parameter $S_l = 0,303$
- g. Parameter $F_a = 1,3$
- h. Parameter $F_v = 2,4$
- i. Parameter $S_{DS} = 0,606$
- j. Parameter $S_{DI} = 0,48$
- k. Parameter $S_{MS} = 0,91$
- l. Parameter $S_{MI} = 0,727$

2.557,28	18,72 ²	896169,017	281,4554
2.557,28	21,84 ²	1219786,08	383,0922
2.329,31	24,96 ²	1451166,16	455,7607
Total		4936267,34	

Kategori Desain Seismik (KDS)

Jika mengacu pada SNI 2847-2019, Pasal 18.2.1, Tabel R18.2, Halaman 362 mengisyaratkan bahwa perencanaan ini termasuk ke dalam KDS – D (risiko gempa tinggi) sehingga harus didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Gempa Static equivalent

Tabel 2. Massa Berat Perlantai

W_i	Sumbu (ton)	
	A s/d M	1 s/d 4
W_0	235,872	235,872
W_1	2.557,275	2.557,275
W_2	2.557,276	2.557,276
W_3	2.557,277	2.557,277
W_4	2.557,278	2.557,278
W_5	2.557,279	2.557,279
W_6	2.557,280	2.557,280
W_7	2.557,281	2.557,281
W_8	2.329,314	2.329,314
Total	20.466,130	20.466,130

- a. Periode Struktur (T) = 0,747
- b. Gaya Geser (V)

Dimana $C_s = \frac{S_{DS} \times I_e}{R} = \frac{0,606 \times 1}{8} = 0,0757$

Sehingga:

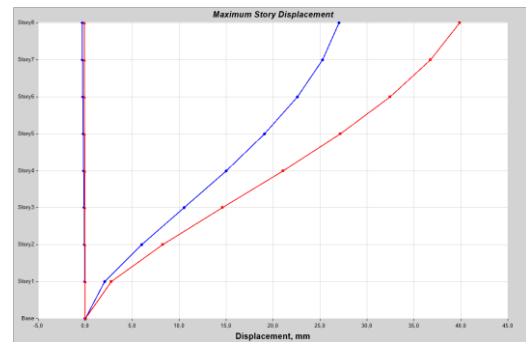
$V = C_s \times W$
 $= 0,0757 \times 20.466,13 = 1.550,30 \text{ ton.}$

Tabel 3. Gaya Gempa Ekuivalen Tiap Lantai

W_i (ton)	h_x^k	$W_x \times h_x^k$	F_x (ton)
235,87	0 ²	0	0
2.557,27	3,12 ²	24893,5351	7,818191
2.557,28	6,24 ²	99574,1795	31,27278
2.557,28	9,36 ²	224041,991	70,36377
2.557,28	12,48 ²	398297,029	125,0912
2.557,28	15,6 ²	622339,352	195,4551

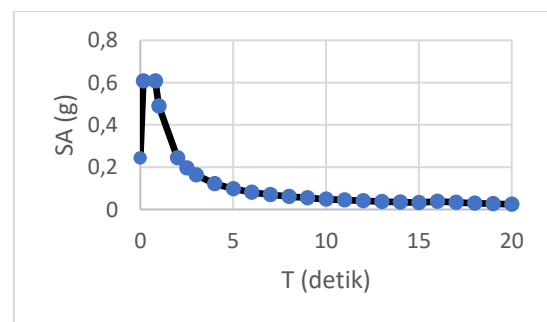
Tabel 4. Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Unitless	Sec	Unitless	Unitless
1	1,76	0	0,7967
2	1,658	0,0001	0,7967
3	1,606	0,8111	0,7967
4	0,555	0,8111	0,907
5	0,525	0,8111	0,907
6	0,516	0,9106	0,907
7	0,303	0,9106	0,9481
8	0,29	0,9496	0,9481
9	0,289	0,9502	0,9481
10	0,199	0,9502	0,971
11	0,192	0,9722	0,971
12	0,19	0,9723	0,971



Gambar 8. Simpangan Antar Lantai

Gempa Response spectrum



Gambar 9. Grafik Response Spectrum

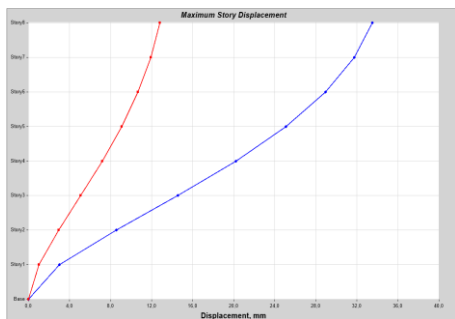
Tabel 5. Massa Berat Perlantai

W_i	Sumbu	
	UX (ton)	UY (ton)
W_0	339,65568	339,65568
W_1	2.901,138	2.901,138

W ₂	2.901,139	2.901,139
W ₃	2.901,140	2.901,140
W ₄	2.901,141	2.901,141
W ₅	2.901,142	2.901,142
W ₆	2.901,143	2.901,143
W ₇	2.901,144	2.901,144
W ₈	2.901,145	2.901,145
Total	23.548,788	23.548,788

Tabel 6. Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Mode	Period	Sum UX	Sum UY
Unitless	Sec	Unitless	Unitless
1	1,149	0	0,7778
2	1,074	0,0001	0,7778
3	1,036	0,7944	0,7778
4	0,349	0,7944	0,8946
5	0,329	0,7944	0,8946
6	0,323	0,8985	0,8946
7	0,181	0,8985	0,9403
8	0,173	0,9421	0,9403
9	0,173	0,9423	0,9403
10	0,113	0,9423	0,9664
11	0,11	0,9674	0,9664
12	0,108	0,9674	0,9664



Gambar 10. Simpangan Antar Lantai

Struktur Sekunder Struktur Balok

Struktur balok pada beban gempa *Static equivalent* memiliki dimensi penampang sebesar 40/60 cm, dengan jumlah tulangan tumpuan = 8D22 mm, tulangan lapangan = 6D22, tulangan torsi = 6D16 mm, dan penulangan geser tumpuan maupun lapangan = 2Ø19 – 100 mm.

Sedangkan struktur balok pada beban gempa *Response spectrum* memiliki dimensi penampang sebesar 50/75 cm, dengan jumlah tulangan tumpuan = 8D22 mm, tulangan lapangan = 6D22, tulangan torsi = 6D19 mm,

dan penulangan geser tumpuan maupun lapangan = 2Ø19 – 100 mm.

Struktur Kolom

Pada struktur kolom yang direncanakan menggunakan beban gempa *Static equivalent* telah direncanakan sebesar 750 mm x 750 mm, dengan 28 tulangan berukuran 25 mm pada longitudinalnya, dan 22 mm pada tulangan transversalnya. Dan telah direncanakan sambungan lewatan pada tengah bentang kolom sepanjang 1.000 mm.

Namun pada perencanaan kolom dengan beban *Response spectrum* direncanakan dengan dimensi penampang sebesar 900 mm x 900 mm, dengan jumlah tulangan yang sama yaitu sebanyak 28 tulangan berdiameter 32 mm pada longitudinalnya, dan 25 mm pada tulangan transversalnya, dengan panjang sambungan lewatan sebesar 1.500 mm.

Struktur Hubungan Balok Kolom

Struktur Hubungan Balok Kolom pada beban gempa *Static equivalent* direncanakan memiliki 4 kaki berdiameter 29 mm berjarak 100 mm. Dengan ini syarat pada kuat geser HBK maupun syarat luasan tulangan geser pada HBK sudah memenuhi syarat, karena $\phi V_n > V_u$.

Namun perhitungan pada kuat geser HBK beban gempa *Response spectrum* telah memenuhi syarat, dimana gaya geser nominal (V_n) lebih besar daripada gaya geser ultimate (V_u). Sehingga telah direncanakan pada HBK ini memiliki jumlah kaki sebanyak 4 kaki dengan diameter tulangan sebesar 25 mm dan berjarak 120 mm.

Pembahasan

Pada perencanaan sebelumnya milik Annisa Aulia (2020), terdapat perbedaan dengan hasil yang sudah penulis analisa. Dimana perbedaan ini terletak pada nilai simpangan antar lantai hasil analisa milik Annisa Aulia yang menunjukkan bahwa simpangan antar lantai beban gempa *static equivalent* lebih besar daripada *response spectrum*, dimana hasil analisa penulis menunjukkan bahwa nilai simpangan antar lantai hasil analisa *response spectrum* lebih besar dari analisa *static equivalent*. Begitu juga pada nilai gaya geser dasar hasil analisa *static equivalent* lebih besar dari hasil analisa

response spectrum, berbanding terbalik dengan hasil analisa penulis. Tidak hanya itu, nilai gaya dalam dari analisa *static equivalent* milik Annisa Aulia juga lebih besar dibanding gaya dalam analisa *response spectrum*. Sedangkan berdasarkan hasil analisis penulis, nilai gaya dalam gempa *response spectrum* bernilai lebih besar. Namun SNI 1726-2019, Pasal 7.9.1.4.1. mengisyaratkan bahwa nilai gaya geser dasar nominal gempa dinamik harus lebih besar dari gempa statik. Jika nilai dari gempa statik lebih besar, maka perlu dilakukan modifikasi *scale factor* pada gaya gempa *response spectrum*.

Hal ini kemungkinan terjadi dikarenakan perencanaan milik Annisa Aulia dilakukan di Kota Palu, Sulawesi Tengah, dimana tempat ini merupakan tempat terdekat dengan sumber gempa bumi yang berada di darat maupun di laut, dan masuk ke dalam wilayah gempa 5 dengan risiko gempa tinggi, sedangkan Kota Surabaya masuk ke dalam wilayah gempa 5 dan 6. Tidak hanya segi lokasi, perencanaan jumlah tingkatan lantai gedung dan penggunaan peraturan pada SNI disinyalir menjadi faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan hasil analisa perbandingan beban gempa ini. Dikarenakan penelitian milik Annisa Aulia ini direncanakan sebanyak 6 lantai, dengan menggunakan sistem ganda sebagai sistem penahan gaya gempanya, sedangkan pada penulis hanya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dengan jumlah 7 lantai.

Annisa Aulia menggunakan SNI 1726-2012, sedangkan penulis menggunakan SNI 1726-2019. Hal yang mempengaruhi penggunaan kedua SNI ini adalah :

1. Perbedaan kombinasi pembebanan metode ultimit.
2. Penambahan percepatan Respon Spektra pada SNI 1726-2019.
3. Penambahan peta periode panjang (T_L) pada SNI 1726-2019.
4. Perbedaan penentuan ragam getar alami.
5. Perbedaan pengskalaan gaya dimana SNI 1726-2019 hanya mengatur $V_{dinamik} > 0,85V_{statik}$, sedangkan pada SNI 1726-2019 mengatur $V_{dinamik} > V_{statik}$.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan di atas, dalam perencanaan gedung asrama yang jika ditinjau dari segi keamanannya maka gedung ini harus direncanakan menggunakan beban gempa *response spectrum* dengan dimensi penampang struktur yang lebih besar, serta penulangan yang lebih kokoh. Hal ini dikarenakan Kota Surabaya masuk ke dalam Kategori Desain Seismik D atau gempa tinggi, sehingga perencanaan menggunakan *response spectrum* agar gedung ini dapat mengakomodir beban gempa yang besar sekalipun.

Jika ditinjau dari segi biaya pada saat pembangunannya, gedung ini dapat direncanakan menggunakan beban gempa *static equivalent* dikarenakan dimensi dari penampang balok maupun kolomnya akan berukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan penampang pada beban gempa *response spectrum*. Maka dari itu, volume beton bertulang yang digunakan akan lebih sedikit dan menghasilkan kebutuhan biaya yang lebih sedikit. Namun perencanaan elemen struktur dengan beban gempa *static equivalent* ini sudah dapat menahan gempa yang terjadi.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan menggunakan beban gempa *Static equivalent* didapat hasil sebagai berikut:
 - a. Estimasi periode struktur (T) diambil terbesar, senilai = 0,747 detik.
 - b. Gaya geser yang ditentukan sebesar 1.550,30 ton.
 - c. Kontrol rasio partisipasi massa sudah memenuhi syarat minimal (90%) dalam 12 mode, dengan nilai terbesar berada di mode 12 sebesar 97,23%.
 - d. Pada analisa simpangan antar lantai maksimum arah X maupun Y sudah memenuhi batas *displacement* maksimum.
2. Berdasarkan hasil analisa menggunakan beban gempa *Response spectrum* didapat hasil sebagai berikut:
 - a. Periode struktur dari hasil permodelan pada Etabs adalah 1,149 detik.
 - b. Rasio partisipasi massa dalam 12 mode sudah melebihi batasan minimal 90%, dengan nilai terbesar ada di mode ke 12 sebesar 96,74%.

- c. Hasil analisa kontrol *base shear* telah memenuhi persyaratan dengan nilai $V_x = 17.495,2 \text{ kN} > V = 17.493,39 \text{ kN}$ dan $V_y = 17.493,4 \text{ kN} > V = 17.493,39 \text{ kN}$.
- d. Hasil pada kontrol simpangan antar lantai maksimum arah X maupun arah Y sudah memenuhi batas *displacement* maksimum.

REFERENSI

- SNI 1726-2019, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung".
- SNI 1727-2020, "Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain".
- SNI 2847-2019, "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan".
- Annisa, A. (2020) 'Perbandingan Beban Gempa Rencana Hasil Analisis Menggunakan Metode Statik Ekuivalen Dan Respon Spektrum Berdasarkan Sni 1726-2012', *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*, 6(1), pp. 34-50. Available at: <https://doi.org/10.22487/jstt.v6i1.360>.
- Amrullah, W., Bagio, T. H., & Tistogondo, J. (2019). Desain Perencanaan Struktur Gedung 38 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). *Jurnal Ilmiah MITSU*, vol. 7 *Issue* 1, pp.18-23, April, 2019.
- Basyir, M., Amir, F., Maricar, S., & Oka, I. G. M. (2022). Perancangan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Ruko 4 Lantai Berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019, vol. 3 *Issue* 2, pp. 59-66, September, 2022.
- Fuzairi, S. A., Sumajouw, M. D. J., & Pandaleke, R. E. (2023). "Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Asrama 5 Lantai Di Politeknik Pelayaran Sulawesi Utara" vol. 21, *Issue* 83, pp 355-364, 2023.
- Hiola, M. F. H., & Sunardi, B. (2019). *The Acceleration Response spectrum And Effective Duration Of Lebak Earthquake January 23, 2018 In Jakarta Region*. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, vol. 4, *Issue* 1, pp. 21-30, April, 2019.
- Honarto, R. J., Handono, B. D., & Pandaleke, R. (2019). "Perencanaan Bangunan Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Manado", *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, *Issue* 2, pp. 201-208, Februari, 2019.
- Kariso, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R. (2018). "Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus", *Jurnal Sipil Statik* vol. 6, *Issue* 6, pp. 361-372, Juni, 2018.
- Lesmana, Yudha, "Prosedur Analisa Beban Gempa Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019" Edisi Pertama, 2020.
- Lesmana Yudha, "Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM, SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019" Edisi Pertama, 2021.
- Muhammad Hilmi, Erizal, & Febrita, J. (2021). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019: *Analysis of Structure Performance in Multistory Buildings with Response spectrum Analysis Method Based on SNI 1726:2019*. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 6, *Issue* 3, pp.143-158, Desember, 2021.
- Rifandi, I., & Walujodjati, E. (2021). Analisis Beban Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Gedung Ipal. *Jurnal Konstruksi*, vol. 18 *Issue* 2, pp.72-82, Februari, 2021.
- Safira, N. (n.d.). "Analisis Pengaruh Beban Gempa Pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen" *Prosiding Skripsi*, pp.5-23, Lampung, 2018.
- Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang et al. (2020) 'Analisis Statik Beban Gempa Pada Perencanaan Struktur Gedung Rektorat UNHAS Y Tebuireng Jombang', *Rekayasa Sipil*, 14(3), pp. 211-217.
- Zhafira, T., Taufiqy, I. and Kusuma, N. (2023) 'Dynamic Analysis of Spectrum Response and Static equivalent of The Semarang University College Building'.