

STUDI KOMPARASI PERHITUNGAN BEBAN GEMPA STATIK EKVIVALEN MENGGUNAKAN APLIKASI METODE ELEMEN HINGGA DENGAN SNI 1726 2019

Fajri Yusmar¹, Annisa Prita Melinda², Nevy Sandra³

^{1,2,3}) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Bar., Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 25171³⁾

email: fajriyusmar@ft.unp.ac.id, annisaprita@ft.unp.ac.id, nevysandra@ft.unp.ac.id

Diterima : 21 September 2021
Direvisi : 19 November 2021

Disetujui : 24 November 2021
Diterbitkan : 26 November 2021

Abstract: The development of computational technology has provided convenience in structural planning to calculate earthquake loads acting on structures. This study aims to compare the results of the equivalent static earthquake load calculation using the existing methods in SAP 2000, with manual calculations based on SNI 1726 2019. This study will compare the base shear and story shear in a five-story building with a symmetrical building configuration and located in the city of Padang. The results of the comparison of the base shear using the SNI 2716 2019 method and the user load method produced the same value, namely 2441,707 kN, while the user coefficient method and the ASCE 7-16 method had a difference of 2.02% and 2.11% base shear values. For story shear calculations, the SNI 1726 2019 method with the user load method produces almost the same value with a difference of 0.002 to 0.004%. However, for story shear, the user coefficient method and ASCE 7-16 provide differences for the 5th floor, namely 7.25 and 5.94%, while for the 1st floor to the 4th floor the difference is only 3.67% to 2.70%.

Keywords : Ekuivalen Lateral Force, SNI 1726 2019, SAP 2000

Abstrak: Perkembangan teknologi komputasi telah memberikan kemudahan dalam perencanaan struktur untuk menghitung beban gempa yang bekerja pada struktur. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan komparasi hasil perhitungan beban gempa statik ekuivalen menggunakan metode-metode yang ada pada SAP 2000, dengan perhitungan secara manual berdasarkan SNI 1726 2019. Penelitian ini akan membandingkan *base shear* dan *story shear* pada sebuah bangunan lima lantai dengan konfigurasi bangunan yang simetris dan terletak di Kota Padang. Hasil komparasi *base shear* menggunakan metode SNI 2716 2019 dan metode *user load* menghasilkan nilai yang sama, yaitu 2441,707 kN, sedangkan metode *user coefficient* dan metode ASCE 7-16 memiliki perbedaan nilai *base shear* 2,02% dan 2,11%. Untuk perhitungan *story shear*, metode SNI 1726 2019 dengan metode *user load* menghasilkan nilai yang hampir sama dengan selisih 0,002 s.d 0,004 %, akan tetapi untuk *story shear* metode *user coefficient* dan ASCE 7-16 memberikan perbedaan untuk lantai 5, yaitu 7,25 dan 5,94%, sedangkan untuk lantai 1 s.d lantai 4 perbedaan yang terjadi hanya 3,67% s.d 2,70 %.

Kata kunci : Gempa Statik Ekuivalen, SNI 1726 2019, SAP 2000

1. PENDAHULUAN

Setiap struktur bangunan diharapkan mampu menahan beban yang bekerja dengan baik. Untuk

mengukur baik atau tidaknya suatu perencanaan struktur bangunan, maka perlu dipastikan terlebih dahulu, bahwa bangunan tersebut telah direncanakan

memenuhi aspek perencanaan. Hal tersebut diperlukan, untuk menjamin keselamatan dalam aspek kekuatan, stabilitas, kemampuan layan, durabilitas, dan integritas struktur [1].

Suatu struktur bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen atau komponen struktur, seperti; balok, kolom, pelat, dinding geser, dan pondasi. Adapun fungsi dari elemen struktur tersebut adalah untuk memikul dan meneruskan beban-beban yang ada pada struktur ke tanah. Secara umum ada dua jenis beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban tetap dan beban lingkungan. Beban tetap meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, dan beban hidup, sedangkan beban lingkungan, terdiri dari beban angin dan beban gempa. Beban-beban tersebut harus diperkirakan dan dihitung dengan tepat, agar struktur dapat direncanakan mengikuti kaidah perencanaan, sehingga struktur dapat memiliki kinerja yang baik saat memikul beban-beban tersebut.

Dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, telah terjadi beberapa kali perubahan peraturan tata cara perencanaan bangunan tahan gempa, yaitu SNI-1726-2002, SNI-1726-2012, dan yang terbaru adalah SNI-1726-2019. Jika dilakukan perbandingan nilai *peak ground acceleration* (PGA) SNI-1726-2002 dengan SNI-1726-2012, maka secara umum terjadi peningkatan kurang lebih dua kalinya [2]. Sementara itu, perubahan nilai spektrum respon desain periode pendek pada SNI-1726-2019, bila dibandingkan dengan SNI-1726-2012 dari beberapa kota di Indonesia, mengalami kenaikan dengan rasio antara 1,01 – 6,65, akan tetapi juga ada yang mengalami penurunan dengan rasio 0,52-0,94 [3][4]. Peningkatan nilai PGA dan spektrum respon desain periode pendek tersebut mengindikasikan bahwa terjadinya peningkatan beban gempa yang harus direncanakan dengan tepat pada suatu perencanaan struktur bangunan.

Dalam penentuan besaran beban gempa, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726 2019) memberikan beberapa prosedur analisis. Prosedur tersebut terdiri dari analisis gaya statik lateral ekuivalen, analisis spektrum respons ragam, dan prosedur respons riwayat waktu seismik [5]. Metode statik ekuivalen merupakan metode yang paling sederhana dari ketiga metode tersebut. Beban gempa statik ekuivalen pada prinsipnya menggantikan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah yang diakibatkan oleh gaya inersia yang bekerja pada suatu pusat massa akibat gempa [6][7]. Namun demikian, metode beban statik ekuivalen tidak direkomendasikan untuk digunakan pada bangunan tinggi [8].

Indonesia sebagai negara yang terletak pada daerah dengan intensitas kegempaan cukup tinggi, menuntut para praktisi konstruksi untuk memahami dan mengaplikasikan peraturan tata cara perencanaan bangunan tahan gempa, khususnya untuk struktur bangunan gedung [2]. Ironisnya fenomena yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa, kerusakan-kerusakan bangunan yang terjadi memiliki kesamaan setiap kali terjadinya gempa bumi dan bila dilihat dari tingkat keparahan dan kerusakan yang terjadi mengindikasikan bahwa telah terjadinya mal-praktek konstruksi [2].

Perkembangan teknologi komputasi telah memberikan kemudahan dalam perencanaan struktur untuk menghitung beban gempa yang bekerja pada struktur. Salah satu produk kemajuan teknologi yang sangat populer dalam perencanaan bangunan adalah *software Structural Analysis Program* atau yang lebih dikenal dengan SAP 2000. Beberapa metode perhitungan beban gempa statik ekuivalen pada SAP 2000 adalah metode *user coefficient*, *user load*, dan metode ASCE 7-16.

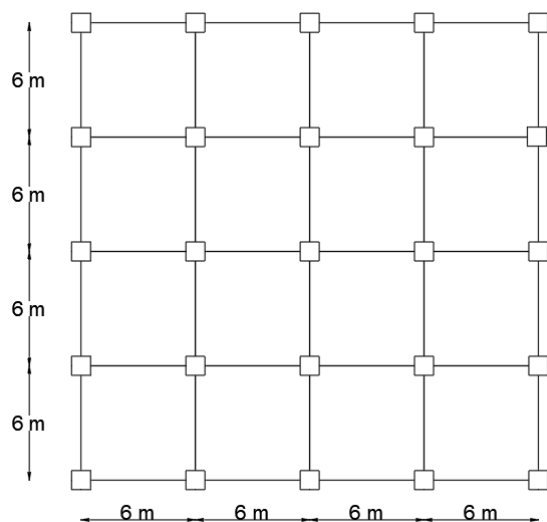
Dalam penggunaan SAP 2000, *user* dituntut untuk mengerti asumsi dan teori dasar serta mampu melakukan verifikasi hasil analisis dan desain [9]. Hal ini tentu tidak akan menjadi masalah bagi para pengguna *advanced* atau *senior engineer* yang telah berpengalaman. Lain halnya dengan para pengguna pemula, seperti *fresh graduate* dan *junior engineer*. Lulusan S1 tidak mungkin bisa menguasai dengan baik dasar teori *structural analysis* yang ada pada *software* [10].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh *engineer* muda dan *fresh graduated* untuk mengevaluasi hasil perhitungan beban gempa menggunakan program SAP 2000 adalah dengan melakukan komparasi hasil analisis dengan perhitungan manual. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan komparasi hasil perhitungan beban gempa statik ekuivalen menggunakan metode-metode yang ada pada SAP 2000, dengan perhitungan secara manual berdasarkan SNI 1726 2019.

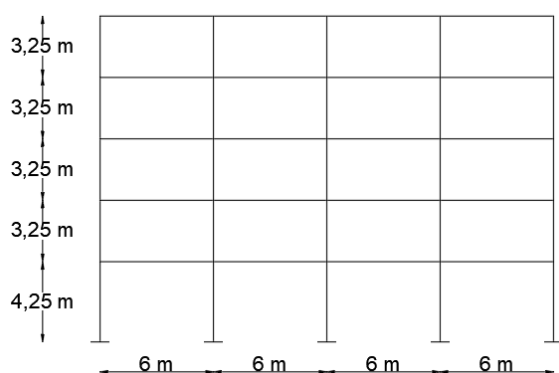
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara numerik menggunakan SAP 2000 dan perhitungan manual menggunakan persamaan gaya gempa pada SNI 1726 2019. Penelitian ini akan membandingkan gaya geser dasar (*base shear*) dan gaya geser tingkat (*story shear*) pada sebuah bangunan lima lantai. Konfigurasi bangunan simetris dan terletak di Kota Padang dan berfungsi sebagai gedung perkantoran. Bangunan merupakan struktur beton bertulang dengan panjang dan lebar bangunan adalah 24 m dan jarak antar kolom

adalah 6 m (Gambar 1).

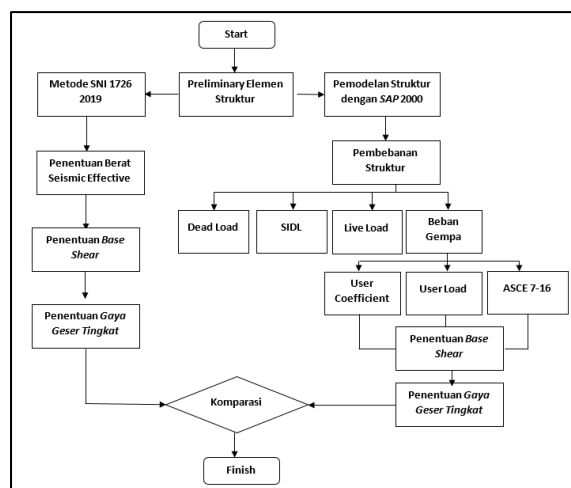


Gambar 1. Denah bangunan



Gambar 2. Potongan bangunan

flowchart dari proses numerical dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart penelitian.

Preliminary Elemen Struktur

Balok

Penentuan tebal minimum balok dapat menggunakan persyaratan yang terdapat pada SNI 2847 2019 tabel 9.3.1.1 sebagai berikut.

Tabel 1. Tebal minimum balok.

Kondisi perlekatan	Minimum h [1]
Perlekatan sederhana	$\ell/16$
Menerus satu sisi	$\ell/18,5$
Menerus dua sisi	$\ell/21$
Kantilever	$\ell/8$

Sumber: SNI 2847 2019

Untuk mendapatkan hasil yang konservatif maka tebal balok yang digunakan dapat menggunakan nilai $L/12$ [11]. Dengan L merupakan panjang bentang, yang pada struktur direncanakan 6 m, sehingga tebal rencana balok (H) yang digunakan adalah 600 mm dan lebar balok ($H/2$) adalah 300 mm.

Pelat

Untuk tebal pelat yang digunakan menggunakan persyaratan tebal minimum pelat dengan balok, yang ada pada SNI 2847 2019 tabel 8.3.1.2.

Tabel 2. Tebal minimum pelat.

α_{fm} [1]	h minimum, mm	
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1 berlaku	(a)
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b) ^{[2],[3]}
	125	(c)
$\alpha_{fm} > 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d) ^{[2],[3]}
	90	(e)

Sumber: SNI 2847 2019

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh tebal untuk pelat lantai adalah 150 mm.

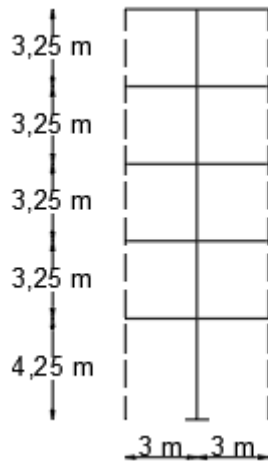
Kolom

Penentuan dimensi awal kolom menggunakan Persamaan 1.

$$A_g \geq \frac{P_u}{0,25 f_c'} \quad (1)$$

dimana A_g merupakan luas penampang kolom. P_u

merupakan beban terfaktor yang dipikul untuk *tributary area* dari setiap kolom. Beban *ultimate* meliputi kombinasi beban dari beban hidup, beban mati, dan beban mati tambahan. Beton direncanakan menggunakan mutu $f_c = 25$ MPa. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan (1), maka dimensi kolom rencana adalah 650x650 mm.



Gambar 4. Tributary area kolom.

Gaya Statik Ekuivalen Metode SNI 1726 2019

Perhitungan beban gempa tidak melalui proses analisis struktur, seperti pada metode perhitungan dengan program SAP 2000. Penentuan gaya geser dasar seismik dengan prosedur gaya lateral ekuivalen yang terdapat pada SNI 1726 2019 pasal 7.8 adalah dengan menentukan nilai V , nilai tersebut dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2**.

$$V = C_s W \quad (2)$$

dimana C_s adalah koefisien respon seismik dan W adalah berat seismik efektif. Untuk Nilai C_s ditentukan menggunakan **Persamaan 3**.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3)$$

dimana S_{DS} merupakan parameter percepatan respon spektral desain dalam rentang periode pendek. R dan I_e merupakan koefisien modifikasi respons dan faktor keutamaan gempa. Nilai C_s tidak perlu melebihi :

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (4)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (5)$$

Selanjutnya untuk nilai C_s juga tidak boleh kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (6)$$

Untuk struktur yang terletak pada lokasi dimana S_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g, maka C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (7)$$

Untuk nilai T atau periode fundamental struktur menggunakan periode fundamental pendekatan

$$T_a = C_t h_n^x \quad (8)$$

dimana C_t dan x merupakan nilai parameter periode pendekatan.

Untuk mendapatkan gaya geser lateral untuk sebarang tingkat digunakan **Persamaan 9**.

$$F_x = C_{vx} V \quad (9)$$

dengan nilai C_{vx}

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_i^n w_i h_i^k} \quad (10)$$

C_{vx} dan V adalah faktor distribusi vertikal dan gaya lateral desain total atau gaya geser di dasar struktur. Nilai w_i , w_x adalah berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan. Nilai h_{ix} , h_x adalah tinggi dari dasar sampai dengan tingkat atau x . Nilai k adalah eksponen yang terkait dengan periode struktur, dengan nilai

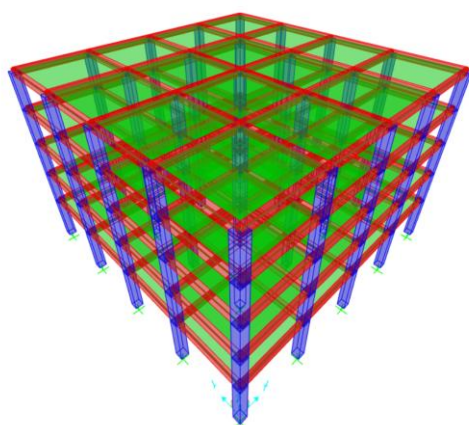
$$T \leq 0,5 \text{ detik}, k = 1 \quad (11)$$

$$T \geq 2,5 \text{ detik}, k = 2.$$

$0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linear antara $T = 1$ detik dan $T = 2$ detik [12].

Metode Structural Analysis Program (SAP) 2000 Pemodelan Struktur

SAP 2000 merupakan salah satu *software* analisis struktur yang paling sering digunakan dalam pemodelan struktur, termasuk dalam pemodelan bangunan gedung [13]. Jenis elemen yang digunakan untuk elemen struktur balok dan kolom adalah elemen *frame*, sedangkan untuk elemen pelat lantai menggunakan tipe elemen *shell*.



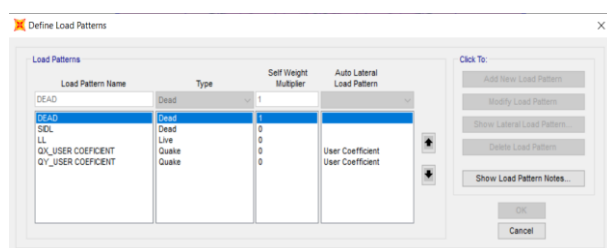
Gambar 5. Tampak 3 Dimensi.
(Sumber: Aplikasi SAP2000)

Pembebanan Struktur

Beban yang bekerja pada struktur terdiri dari:

A. Beban Mati (*Dead Load*)

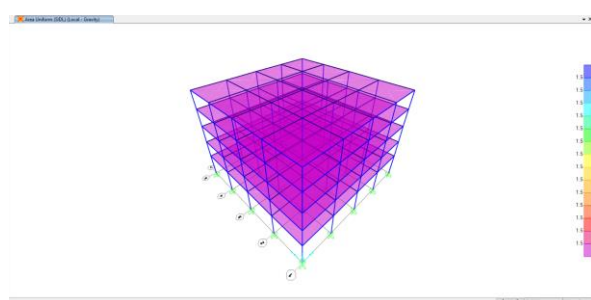
Beban mati pada struktur merupakan fungsi dari berat jenis dan volume dari elemen struktur. Perhitungan pembebanan kategori berat sendiri pada struktur dengan SAP 2000, dihitung secara otomatis dengan mengaktifkan faktor pengali *self weight multiplier*.



Gambar 6. Assign beban mati pada SAP2000.
(Sumber: Aplikasi SAP 2000)

B. Beban Mati Tambahan (*Super Imposed Dead Load*)

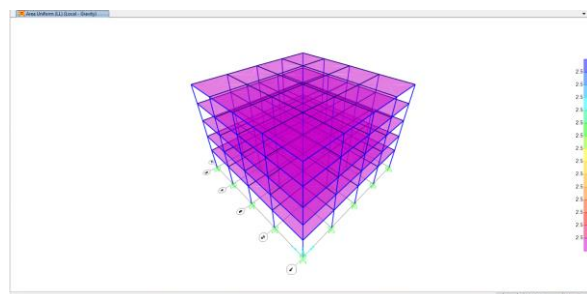
Super imposed dead load (SIDL) adalah beban mati yang sifatnya tambahan dan permanen, namun berasal dari elemen non-struktural. Beban SIDL pada struktur diasumsikan sebesar $1,5 \text{ kN/m}^2$.



Gambar 7. Input beban SIDL pada SAP2000.
(Sumber: Aplikasi SAP2000)

C. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan [14]. Beban hidup untuk perkantoran yang direncanakan adalah $2,5 \text{ kN/m}^2$



Gambar 8. Input beban LL pada SAP2000.
(Sumber: Aplikasi SAP2000)

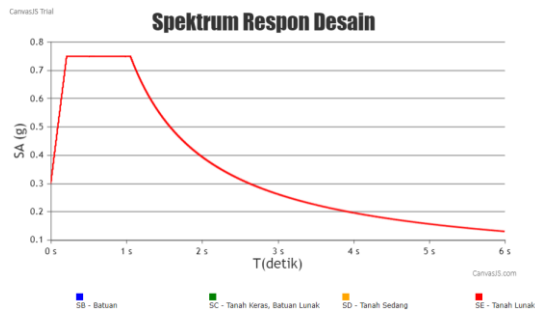
D. Beban Gempa

Kelas situs tanah direncanakan termasuk kepada kategori tanah lunak atau SE. Berdasarkan kategori desain struktur (KDS), struktur bangunan termasuk kepada sistem struktur SRPMK. Parameter dan koefisien gempa yang digunakan berdasarkan SNI 1726 2019 dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter dan koefisien gempa Kota Padang berdasarkan SNI 1726 2019.

Koefisien Gempa		
S_s	=	1.1245
S_1	=	0.5737
S_{Ds}	=	0.750
S_{D1}	=	0.790
R	=	8
C_d	=	5.5
Ω	=	3
I	=	1

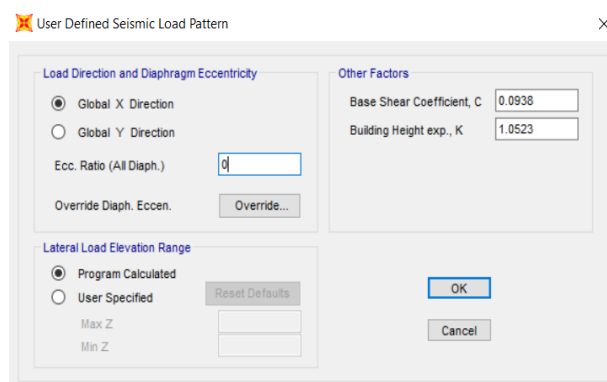
Dengan menggunakan parameter dan koefisien gempa pada Tabel 3, dapat ditentukan grafik respon spektrum desain rencana. Gambar 9 merupakan spektrum respon desain Kota Padang dengan kelas situs SE yang juga bisa diambil dari website <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> dengan jenis input nama kota atau koordinat.



Gambar 9. Respon spektra Kota Padang

Gaya Lateral Statik Ekuivalen pada SAP 2000 Metode *User Coefficient*

Dalam penggunaan metode *user coefficient*, parameter utama yang perlu diperhatikan adalah nilai *base shear coefficient* (C_s), *building height exp* (k), *lateral load evaluation range* dan *load direction* [15]. Untuk *load direction* dan *elevation range* disesuaikan dengan arah beban gempa dan tinggi bangunan. Untuk nilai C_s dan nilai k , perlu dihitung terlebih dahulu menggunakan persamaan 3 dan Persamaan 11.



Gambar 10. Input parameter metode *user coefficient*. (Sumber: Aplikasi SAP2000)

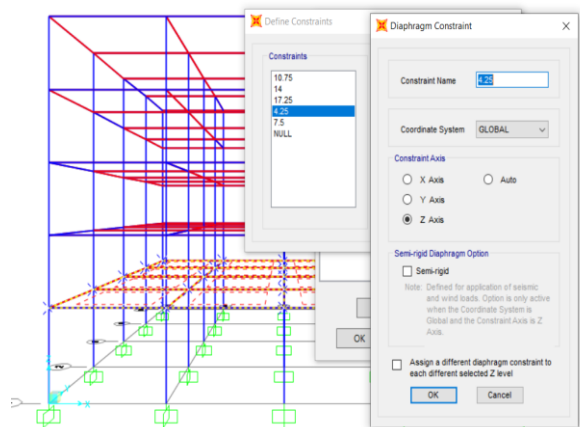
Metode *User Load*

Dalam penggunaan metode *user load* maka parameter utama yang perlu didefinisikan terlebih dahulu adalah *diaphragm constraint* untuk setiap lantainya. *Diaphragm constraint* menyebabkan *constraint joint* berpindah bersama sebagai *planar diaphragm* [9]. Untuk beban gempa perlu dihitung terlebih dahulu menggunakan Persamaan 9. Beban gempa tersebut dapat diinputkan pada *center of mass* yang dihitung otomatis oleh *software* atau pada *joint* dari setiap lantai bangunan.

Metode ASCE 7-16

Ada banyak *international code* yang disediakan oleh SAP 2000 untuk menghitung beban gempa, seperti *Italian Code*, *Chinnes Code*, *Domminician Republic Code*, *Eurocode* dan *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*

(ASCE/SEI 7-16), dll. Negara Indonesia saat ini telah menggunakan SNI 1726 2019 sebagai peraturan pembebanan gempa terbaru, yang isinya mengadopsi ASCE 7-16 [16][17]. Dalam penentuan beban gempa statik ekuivalen dapat menggunakan ASCE 7-16 dengan menyesuaikan *seismic coefficient* dan parameter gempa.

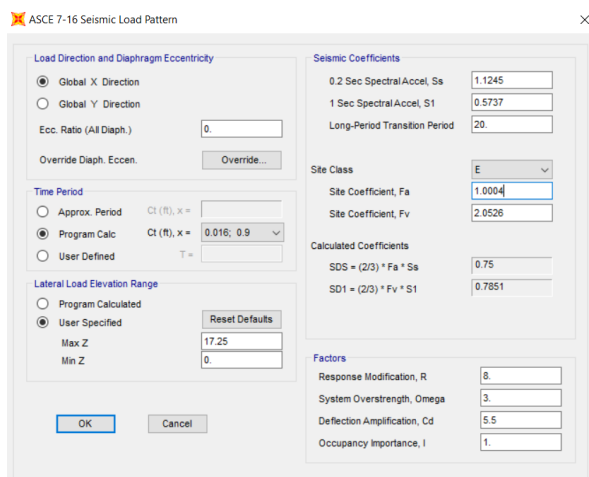


Gambar 11. Assign diaphragm pada model struktur. (Sumber: Aplikasi SAP2000)

Diaphragm	Diaphragm Z	FX	FY	IZ	X	Y
17.25	17.25	796.0712	0.	0.		
14	14	639.0687	0.	0.		
10.75	10.75	483.9783	0.	0.		
7.5	7.5	331.3589	0.	0.		
4.25	4.25	191.2299	0.	0.		

Gambar 12. Input parameter metode *user load* (Sumber: Aplikasi SAP2000)

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan saat mendefinisikan beban gempa dengan metode ASCE 7-16 adalah (1) *Load direction* yang merupakan arah beban gempa, (2) *Time period* merupakan periode struktur yang bisa dihitung otomatis oleh SAP 2000 dengan menyesuaikan sistem strukturnya terlebih dahulu berdasarkan tabel 18 SNI 1726 2019 pasal 7.8.2.1, atau dihitung terlebih dahulu menggunakan periode struktur pendekatan, (3) *Seismic coefficient* merupakan nilai yang kita dapatkan dari peta gempa, seperti S_1 , S_s , F_a , dan F_v , (4) Parameter gempa terdiri dari nilai R , I , C_d dan Ω yang diperoleh berdasarkan sistem struktur pemikul gempa yang digunakan.



Gambar 13. Tributary area kolom.
(Sumber: Aplikasi SAP2000)

3. HASIL PEMBAHASAN Metode SNI 1726 2019

Hasil perhitungan untuk berat *seismic effective* sebagaimana pada Tabel 4.

Tabel 4. Berat seismik efektif gedung.

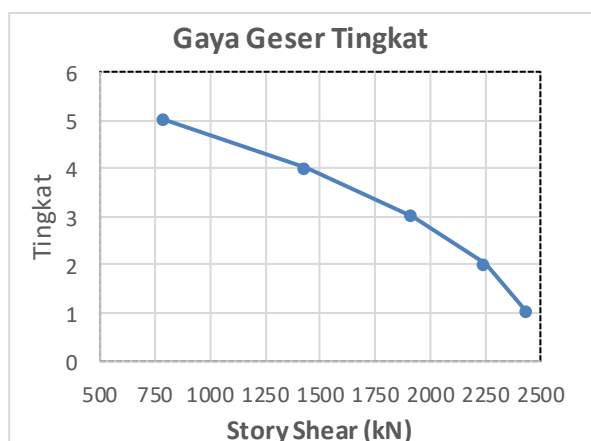
No	Jenis beban	kN
1	Dead load	19924.88
2	Super imposed dead load	4320
3	Live load	7200
Berat efektif		26044.88

Waktu fundamental struktur (T) dapat dihitung menggunakan **Persamaan 8**, adapun hasilnya adalah $T=0,604$ detik. Nilai C_s dihitung berdasarkan periode struktur yang telah dihitung sebelumnya. Dari hasil perhitungan menggunakan **Persamaan 3**, diperoleh nilai C_s sebesar 0.09375. Dengan dua parameter C_s dan W yang telah diketahui, maka *base shear* dapat diperoleh dengan menggunakan **Persamaan 2**. Base shear yang diperoleh untuk arah X dan arah Y adalah $V=2441.70$ kN.

Langkah selanjutnya adalah menentukan *story shear* dari masing-masing lantai. Dengan menggunakan **Persamaan 9** dan **10**, diperoleh hasil perhitungan *story shear* sebagaimana pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan *Story Shear*.

Lt	h_i^k m	$w_i h_i^k$ kN	Cvc	Fx kN	Vx kN
5	20.02	103276.55	0.33	796.07	796.07
4	16.07	82908.17	0.26	639.07	1435.14
3	12.17	62787.86	0.20	483.98	1919.12
2	8.33	42988.12	0.14	331.36	2250.48
1	4.58	24808.79	0.08	191.23	2441.71
Total		316769.5	1.00	2441.707	



Gambar 14. Gaya geser tingkat

Gambar 14 Menampilkan hubungan antara nilai dari *story shear* dengan tinggi tingkat.

Metode SAP 2000

Metode user coefficient

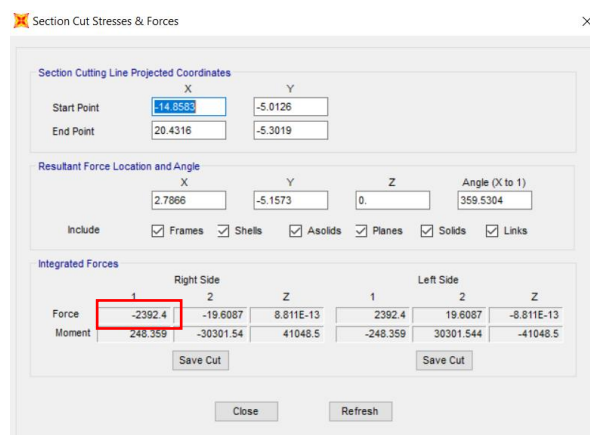
Gaya *base shear* dapat dihitung oleh SAP 2000 dari nilai C_s yang ditentukan terlebih dahulu. Parameter C_s yang digunakan merupakan nilai C_s yang dihitung dengan persamaan 2. Untuk berat seismik dihitung otomatis oleh SAP 2000.

Berdasarkan hasil analisis struktur diketahui total *base shear* untuk metode *user coefficient* adalah 2392.480 kN, sedangkan untuk *story shear* masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 6.

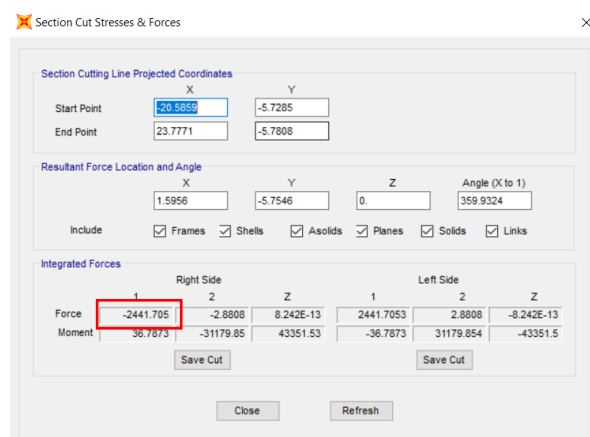
Metode User Load

Pada metode *user load*, perlu dihitung terlebih dahulu berapa gaya geser tingkat (F_x) yang bekerja pada masing-masing lantai. Untuk mendapatkan nilai gaya geser tingkat dapat menggunakan persamaan 9 dan 10. Berdasarkan

hasil analisis struktur diketahui total *base shear* 2441.705 kN, sedangkan untuk *story shear* masing-masing lantai dapat dilihat pada **Tabel 6**.



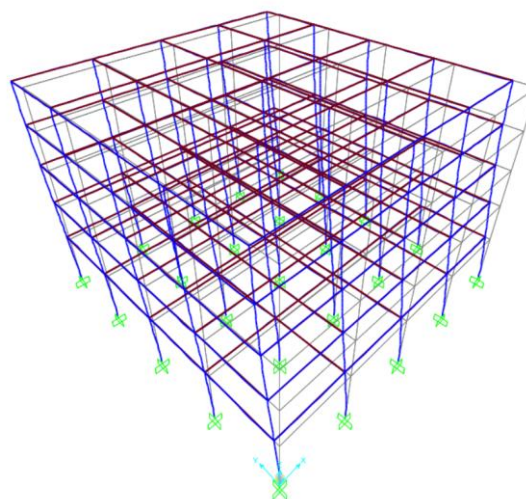
Gambar 15. *Story shear* metode *user coefficient*.
(Sumber: Aplikasi SAP2000)



Gambar 16. *Story shear* metode *user load*.
(Sumber: Aplikasi SAP2000)

Metode ASCE 7-16

Setelah melakukan proses pemodelan dan pembebanan pada struktur, maka dilanjutkan dengan proses analisis struktur. Hasil analisis struktur untuk kondisi *free vibration*, dapat menentukan waktu fundamental struktur (T). Periode struktur yang diperoleh untuk *mode 1* dan *mode 2* adalah 0,6843 detik.

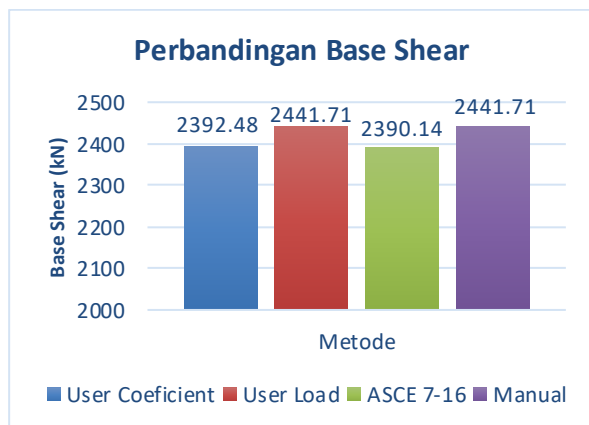


Gambar 17. Respon struktur (T=0,6843 detik).
(Sumber: Aplikasi SAP2000)

Bila melihat grafik respon spektra, dapat diketahui bahwa saat $T = 0,6843$ detik, diperoleh nilai percepatan (SA) sebesar 0,75 g. Nilai koefisien respon dinamik (C_s) yang digunakan adalah nilai percepatan (SA) yang dibagi dengan faktor modifikasi respon struktur (R), sehingga nilai C_s yang digunakan adalah 0,09375. Nilai *base shear* yang diperoleh untuk metode ASCE 7-16 yang telah dimodifikasi adalah 2390,142 kN, sedangkan untuk *story shear* masing-masing lantai dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Pembahasan

Untuk mendapatkan *base shear* dari ketiga metode SAP 2000, terlebih dahulu dilakukan proses analisis struktur. Berdasarkan hasil perhitungan *base shear* untuk masing-masing metode dapat diketahui bahwa hasil perhitungan *base shear* menggunakan metode SNI 1726 2019 dan metode *user load* menghasilkan nilai yang sama, yaitu 2441,707 kN. Metode *user coefficient* dan metode ASCE 7-16 memiliki perbedaan *base shear* 2,02% dan 2,11%. Salah satu faktor penyebab kesamaan *base shear* metode SNI 1726 dengan metode *user load* adalah nilai beban yang digunakan pada metode *user load* merupakan nilai gaya gempa setiap lantai (F_x), yang telah dihitung terlebih dahulu menggunakan persamaan SNI 1726 2019. Berbeda dengan metode *user coefficient* dan ASCE 7-16, pada metode *user coefficient* nilai yang dihitung oleh SAP 2000 adalah berat efektif saja. Metode ASCE 7-16, nilai yang dihitung oleh SAP 2000 adalah nilai C_s dan berat efektif. **Gambar 18** menampilkan perbedaan nilai *base shear* dari masing-masing metode.

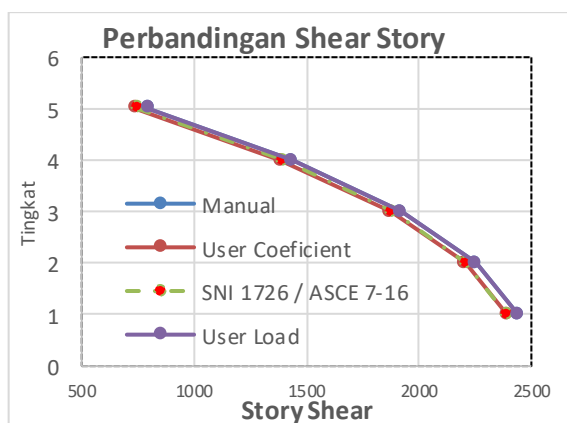


Gambar 18. Perbandingan base shear

Untuk perhitungan *story shear*, metode SNI 1726 2019 dengan metode *user load* menghasilkan nilai yang hampir sama dengan perhitungan *base shear*; dengan selisih 0,002% s.d 0,004%. Selanjutnya untuk *story shear* metode *user coefficient* dan ASCE 7-16 memberikan perbedaan untuk lantai 5, yaitu 5,94% dan 7,25%, sedangkan untuk lantai 1 s.d lantai 4 perbedaan yang terjadi hanya 2,11% s.d 3,67%. Perbedaan tersebut disebabkan oleh nilai *base shear* yang diperoleh pada tahap sebelumnya, yang akan mempengaruhi distribusi gaya geser tingkat (*story shear*). Tabel 6 dan Gambar 19 menampilkan perbandingan *shear story shear* pada masing-masing metode.

Tabel 6. Perbandingan shear story.

Lt	Manual	User Load	User Co-efficient	ASCE 7-16
5	796.07	796.0513	738.3	748.7145
4	1435.14	1435.112	1382.41	1396.392
3	1919.12	1919.118	1870.047	1881.985
2	2250.48	2250.393	2204.243	2209.508
1	2441.71	2441.619	2392.477	2390.075



Gambar 19. Perbandingan shear story

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa metode *user load* merupakan metode yang menghasilkan nilai *base shear* dan *story shear* yang paling mendekati metode beban statik ekuivalen menggunakan SNI 1726 2019. Metode ASCE 7-16 merupakan metode yang paling simpel dalam proses input pada program SAP 2000, karena hanya membutuhkan nilai *seismic coefficient* dan parameter gempa. Bila menggunakan metode *user load* dan metode *user coefficient*, maka perlu terlebih dahulu melakukan perhitungan nilai C_s , W dan F_x .

Saran

Penelitian dapat dilanjutkan untuk struktur yang tidak simetris.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)," *Badan Stand. Nas.*, no. 8, p. 695, 2019.
- [2] M. Riyansyah, "TANGGUNG JAWAB LEGAL PRAKTISI Dradjat Hoedajanto," 2015.
- [3] S. Sutjipto and I. Sumeru, "Spektrum Respons Desain RSNI 1726:2018 Berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017," *Pros. Semin. dan Pameran Himpun. Ahli Konstr. Indones.* 2018, no. September, pp. 18–33, 2018.
- [4] S. Sutjipto, "Perbandingan Spektrum Respons Desain RSNI 1726 : 2018 dan SNI 1726-2012 Pada 17 Kota Besar Di Indonesia," *Konf. Nas. Tek. Sipil 12*, no. September, pp. 18–19, 2018.
- [5] Badan Standarisasi Indonesia, "Penetapan Standar Nasional Indonesia 1726;2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung," no. 8, 2019.
- [6] S. Kasus, P. Pembangunan, and G. Ipal, "Analisis Beban Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Gedung IPAL," pp. 72–82, 2019.
- [7] R. Imani, R. Nasmirayanti, U. D. Arman, and A. Sari, "Analisa Beban Lateral Akibat Gempa Dengan Metode Statik Ekuivalen," *Rang Tek. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 11–16, 2021, doi: 10.31869/rtj.v4i1.2339.
- [8] B. Bagheri, E. S. Firoozabad, and M. Yahyaee, "Comparative study of the static

- and dynamic analysis of multi-storey irregular building,” *Int. J. Civ. Environ. Eng.*, vol. 6, no. 11, pp. 1847–1851, 2012.
- [9] Dr. Edward L. Wilson, “CSI Analysis Reference Manual,” *Comput. Struct.*, no. July, 2004.
- [10] S. Tadjono, “Perkembangan terkini capaian pembelajaran mata kuliah analisis struktur,” 2015, pp. 1–6.
- [11] I. Imran, E. Yuniarsyah, F. Edrea, S. N. Piranti, F. Faiza, and G. Binarandi, “Pedoman Teknik Perancangan Struktur Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (Tes) Tsunami,” pp. 1–133, 2013.
- [12] N. Ngudiyono, “Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen SNI 1726-2019,” no. April, 2017.
- [13] W. Dewobroto, “Pemanfaatan software Structural Analysis Program (SAP) sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah Analisis Struktur 1,” no. September, 2015, doi: 10.13140/RG.2.1.5107.5289.
- [14] 2020 SNI 1727, “Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain 1727:2020,” *Badan Standarisasi Nas. 17272020*, no. 8, pp. 1–336, 2020.
- [15] S. 2000, “CSI Automated Lateral Loads Manual,” *Comput. Struct.*, no. September, 2006.
- [16] I. W. Sengara *et al.*, “New 2019 Risk-Targeted Ground Motions for Spectral Design Criteria in Indonesian Seismic Building Code,” *E3S Web Conf.*, vol. 156, p. 03010, 2020, doi: 10.1051/e3sconf/202015603010.
- [17] E. Science, “Comparison of the design acceleration response spectra in Riau Province between SNI 1726 : 2019 and SNI 1726 : 2012 methods,” 2021, doi: 10.1088/1755-1315/708/1/012009.