

## PERBANDINGAN HASIL DESAIN DAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG DI WILAYAH KOTA PALEMBANG DENGAN MENGGUNAKAN SNI 1726:2012 DAN SNI 1726:2019

Rosidawani<sup>1\*</sup>, T.S. Syahrial<sup>1</sup>, A. Muhtarom<sup>1</sup>, Firdaus<sup>2</sup>, Y. Idris<sup>1</sup>, Hanafiah<sup>1</sup>, A. Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang

<sup>2</sup> Teknik Sipil, Universitas Bina Darma, Palembang

\*Corresponding author: rosidawani@ft.unsri.ac.id

**ABSTRAK:** Standar tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2019 merupakan revisi dari standar sebelumnya, SNI 1726:2012. Revisi atas standar tata cara perencanaan gempa tersebut dilakukan atas dasar dinamika kerawanan kejadian gempa yang terjadi di Indonesia. Indonesia tercatat sebagai negara yang paling banyak mengalami kejadian gempa bumi. Tidak hanya terjadi kerugian material berupa kerusakan dan runtuhnya bangunan namun yang terpenting adalah korban jiwa yang banyak berjatuhan. Berkaitan hal tersebut menimbulkan pertanyaan bagaimana dengan kondisi bangunan yang sudah berdiri atau yang sudah direncanakan dengan menggunakan standar perhitungan sebelumnya. Pertanyaan ini ini dikhususkan untuk bangunan gedung yang ada di Kota Palembang. Oleh karena itu dilakukan perbandingan perhitungan perencanaan terhadap bangunan gedung dengan lokasi di Kota Palembang berdasarkan tata cara perencanaan gempa SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. Adapun kedua standar perhitungan tersebut digunakan untuk mendapatkan perbandingan hasil berupa perencanaan penulangan elemen struktur gedung serta kinerja gedung terhadap beban gempa. Pemodelan struktur sebagai struktur rangka pemikul momen dengan menggunakan *software* analisis struktur dengan menggunakan *SAP 2000*. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dengan pemodelan 3D diperoleh bahwa tidak terdapat perbedaan pada jumlah penulangan kolom namun terdapat perbedaan pada penulangan beberapa balok. Berdasarkan hasil analisis perhitungan diperoleh bahwa gaya geser dasar serta perpindahan lateral dari pemodelan struktur yang menggunakan standar perhitungan SNI 1726:2019, menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan yang menggunakan SNI 1726:2012. Namun demikian, kedua standar tersebut menghasilkan kinerja struktur dalam kondisi LS (*Life Safety*).

**Kata Kunci:** Analisis *Pushover*, Kinerja Struktur

**ABSTRACT:** The earthquake planning procedures for building and non-building structures SNI 1726: 2019 is a revision of the previous standard, SNI 1726: 2012. The revision of that earthquake planning procedure was carried out based on the dynamics of earthquake vulnerability that occurred in Indonesia. Indonesia is known as the country that experiences the most earthquakes. Not only material losses in the form of damage and collapse of buildings, but the most important thing is the heavy casualties. This raises the question of the condition of buildings that have been established or that have been planned using previous code. This question is devoted to existing buildings in Palembang City. Therefore, a comparison of planning procedures for buildings with locations in Palembang City was carried out based on earthquake planning procedures SNI 1726: 2012 and SNI 1726: 2019. The two procedure codes are used to obtain a comparison of the results in the form of planning the reinforcement of element structures and building performance against earthquake loads. Modeling structures as moment-resisting frame structures using structural analysis software using *SAP 2000*. Based on the results of calculations carried out with 3D modeling, it was obtained that there was no difference in the number of column reinforcements but there was a difference in the reinforcement of several beams. Based on the results of the analysis, it was obtained that the basic shear force and lateral displacement of structural modeling using the SNI 1726: 2019 calculation standard, showed a greater value compared to those using SNI 1726: 2012. Nevertheless, both standards result in the performance of the structure under LS (*Life Safety*) conditions.

**Keywords:** *Pushover Analysis, Structural Performance.*

## PENDAHULUAN

SNI 1726:2019 merupakan standar tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung merupakan revisi dari standar sebelumnya, yaitu SNI 1726:2012. Perubahan kejadian gempa sepanjang waktu mempengaruhi perubahan filosofi dalam perencanaan bangunan (Takagi dkk, 2019) serta menghasilkan perubahan dalam hal respon dan kinerja struktur (Nurjannah dkk, 2023; Usman dkk, 2021). Pada kondisi saat ini, perencanaan gedung bertingkat seharusnya sudah menggunakan tata cara perhitungan yang baru yaitu SNI 1726:2019, namun kemungkinan tetap masih ada yang menggunakan tata cara perhitungan yang lama. Selain itu, bangunan yang sudah berdiri menggunakan tata cara perhitungan yang lama yaitu SNI 1726:2019. Oleh karena itu, dengan adanya perubahan perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung yang baru yaitu SNI 1726:2019, perlu diketahui bagaimana pengaruh perubahan dalam tata cara perhitungan tersebut terhadap hasil perencanaan berupa dimensi elemen struktur, penulangan dan juga kinerja bangunan. Kota Palembang, yang dikenal sebagai kota dengan kriteria zona gempa yang relatif rendah menarik untuk diteliti apakah perubahan standar perhitungan tersebut memberikan dampak terhadap hasil desain.

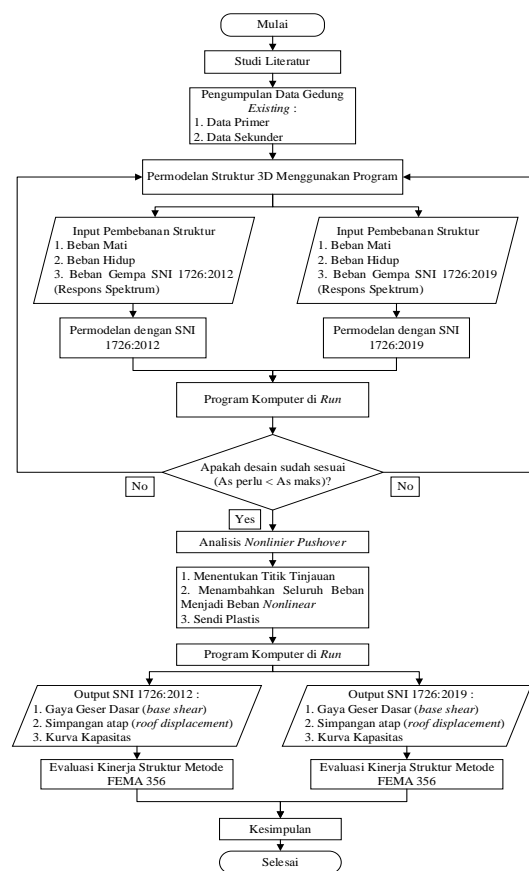
Penelitian ini menggunakan model bangunan gedung dengan lokasi di Kota Palembang dengan fungsi bangunan adalah gedung perkantoran yang terdiri dari 4 lantai dan mempunyai elevasi +16.450 m. Model bangunan direncanakan sebagai struktur rangka pemikul momen yang dimodelkan secara 3D dan dianalisis dengan menggunakan program SAP2000 (Dewobroto, 2007; Tavio dkk, 2018; Wight dkk, 2012; Imran dkk, 2014). Analisis struktur dilakukan berdasarkan pembebanan gravitasi dan pembebanan gempa yang menggunakan 2 jenis standar tata cara perhitungan yang berbeda yaitu SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019. Kemudian analisis perhitungan dilanjutkan berdasarkan konsep desain kapasitas dengan menggunakan *pushover analysis* sesuai dengan konsep *Performance Based Earthquake Engineering* (PBEE) yang telah ada pada dokumen FEMA 356 (*displacement coefficient method*). Penelitian dengan metode analisis *non-linear* (*pushover analysis*) bertujuan untuk mendapatkan kurva kapasitas (*capacity curve*) hubungan antara *base shear* dan *roof displacement* (Dewobroto, 2006; Prasetya dkk, 2020; Kadarusman dkk, 2017). Melalui kurva tersebut dapat dianalisis kinerja dari struktur yang dievaluasi kemudian dibandingkan antara kedua standar gempa yaitu SNI 1726:2012 (standar yang digunakan pada gedung eksisting) dan SNI 1726:2019.

## METODE PENELITIAN

Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan model bangunan gedung dengan lokasi di Kota Palembang dengan fungsi bangunan adalah gedung

perkantoran yang terdiri dari 4 lantai dan mempunyai elevasi +16.450 m. Pada penelitian ini terdapat 2 model struktur yang dievaluasi. Model 1 menggunakan standar tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2012 dan model 2 menggunakan SNI 1726:2019. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan jenis rangka pemikul momen dengan dimensi elemen struktur balok dan kolom yang ditentukan berdasarkan *preliminary design*, meliputi dimensi serta jenis properties material yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beberapa parameter yang akan dibandingkan antara dua model bangunan tersebut. Perbandingan tersebut terdiri dari perbandingan dimensi elemen struktur (balok dan kolom), penulangan elemen struktur balok dan kolom, kurva kapasitas (terdiri 2 parameter *base shear* dan *roof displacement*), dan tingkatan kinerja struktur.

Standar perhitungan yang menjadi acuan dalam penelitian ini antara lain PPPURG 1987 untuk beban mati, SNI 1727:2020 untuk beban hidup, SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 untuk beban gempa. Untuk dapat mengetahui kinerja struktur analisis *non-linear* (*pushover analysis*) peraturan *Federal Emergency Management Agency-Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (FEMA 356). Tahapan tersebut digambarkan pada bagan alir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perhitungan Beban Gempa

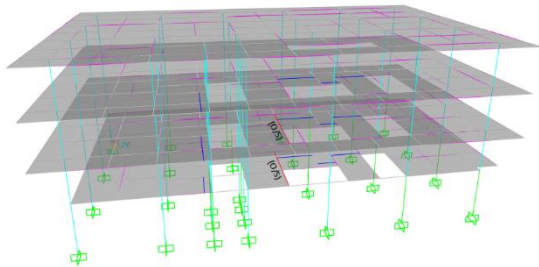
#### Gaya Geser Dasar

Nilai gaya geser dasar merupakan hasil perkalian dari V statik dengan skala gaya pada masing-masing standar agar mendapatkan nilai V dinamik sebagai nilai gaya geser dasar. Untuk hasil gaya geser dasar berdasarkan *output* program, dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil gaya geser dasar yang didapat dari program dengan perhitungan manual sebelumnya tidak terlihat perbedaan yang signifikan, maka dari itu analisis dapat dilanjutkan.

Tabel 1. Gaya Geser Dasar Dari Hasil Analisis Linear Dinamik

Parameter	Gaya Geser Dasar (kgf)		Persentase Perbedaan
	SNI 1726:2012	SNI 1726:2019	
RSX0	177044.59	205716.15	16.195%
RSY0	177047.59	205710.29	16.189%

Setelah data material hingga *load combo* telah di *input* pada program, pemodelan dilakukan *check of structure*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui bahwa penampang pada pemodelan struktur tersebut aman atau tidak aman. Pada SNI 1726:2012 hasil analisis setelah *running design/check of structure*, berdasarkan dimensi awal menghasilkan 2 elemen struktur balok yang tidak aman. Tipe balok tersebut adalah tipe A9 pada AS C-D/3' (Gambar 2) dengan dimensi balok 250×600 mm.



Gambar 2. Kondisi Elemen Struktur Balok pada Penggunaan Dimensi Awal SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019

Untuk ke tahap analisis struktur lanjut, pemodelan seharusnya sudah dalam keadaan aman. Hal ini bertujuan agar hasil analisis pada program lebih optimal. Kemudian setelah melakukan *trial and error* agar pemodelan struktur menjadi aman, salah satu solusi yang telah dilakukan adalah pembesaran dimensi pada bagian balok yang tidak aman. Balok A9 pada bagian tidak aman tersebut di *assign* kembali sebagai tipe balok dengan yang mempunyai dimensi 350×600 mm, yaitu dengan melakukan pembesaran dimensi lebar balok. Dilanjutkan kembali dengan *running design/check of structure*. Pada model SNI 1726:2019 dilakukan solusi yang sama dengan

SNI 1726:2012 pada balok yang tidak aman. halnya dengan SNI 1726:2019.

#### Evaluasi Simpangan Antar Lantai

Perhitungan simpangan antar lantai sesuai dengan persamaan dibawah ini dan rekapitulasi dari kontrol simpangan berdasarkan kedua standar kegunaan dapat dilihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 5. Untuk rekapitulasi kurva simpangan rekapitulasi simpangan antar lantai dan simpangan lantai hasil analisis menggunakan pemodelan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{ex}}{I_e} \quad (1)$$

$$\Delta_x = \frac{(\delta_{ex} - \delta_{e(x-1)}) C_d}{I_e} \quad (2)$$

$$\Delta_a = 0.020 h_{sx} \quad (3)$$

Keterangan:

- $\delta_x$  = Defleksi pada tingkat x (mm)
- $\delta_{ex}$  = Defleksi pada tingkat x, ditentukan dengan analisis elastik (mm)
- $C_d$  = Faktor pembesaran defleksi
- $I_e$  = Faktor keutamaan gempa
- $\Delta_x$  = Simpangan antar lantai pada tingkat x (mm)
- $\Delta_a$  = Simpangan antar lantai ijin
- $h_{sx}$  = Tinggi lantai dibawah tingkat x (mm)

Tabel 2. Simpangan Antar Lantai Arah X Akibat Gaya Gempa Tanpa Eksentrisitas dan Dengan Eksentrisitas Sebesar 5% Berdasarkan SNI 1726:2012

Lantai	Elevasi (m)	Hx (m)	$\delta_{ex}$ (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\Delta_x$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket.
RSX0 (akibat beban gempa tanpa eksentrisitas arah X)							
Lt. 4	16.45	4	12.223	67.225	7.822	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	10.801	59.404	14.913	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	8.089	44.490	20.836	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	4.301	23.655	23.655	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman
RSX1 (akibat beban gempa eksentrisitas 5% arah X)							
Lt. 4	16.45	4	12.460	68.532	7.952	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	11.015	60.580	15.192	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	8.252	45.387	21.240	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	4.390	24.148	24.148	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman

Tabel 3. Simpangan Antar Lantai Arah Y Akibat Gaya Gempa Tanpa Eksentrisitas dan Dengan Eksentrisitas Sebesar 5% Berdasarkan SNI 1726:2012

Lantai	Elevasi (m)	Hy (m)	$\delta_{ey}$ (mm)	$\delta_y$ (mm)	$\Delta_y$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket.
RSY0 (akibat beban gempa tanpa eksentrisitas arah Y)							
Lt. 4	16.45	4	8.905	48.975	5.449	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	7.914	43.526	10.554	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	5.995	32.973	15.309	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	3.212	17.664	17.664	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman
RSY1 (akibat beban gempa eksentrisitas 5% arah Y)							

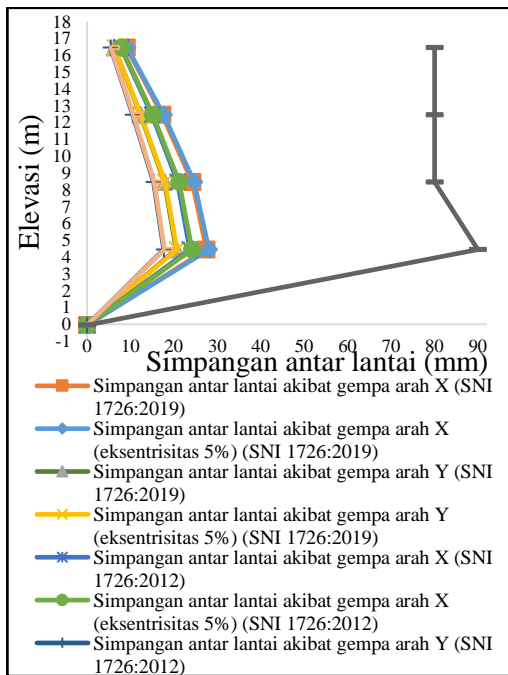
Lt. 4	16.45	4	8.985	49.417	5.493	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	7.986	43.924	10.648	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	6.050	33.276	15.448	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	3.241	17.828	17.828	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman

Tabel 4. Simpangan Antar Lantai Arah X Akibat Gaya Gempa Tanpa Eksentrisitas dan Dengan Eksentrisitas Sebesar 5% Berdasarkan SNI 1726:2019

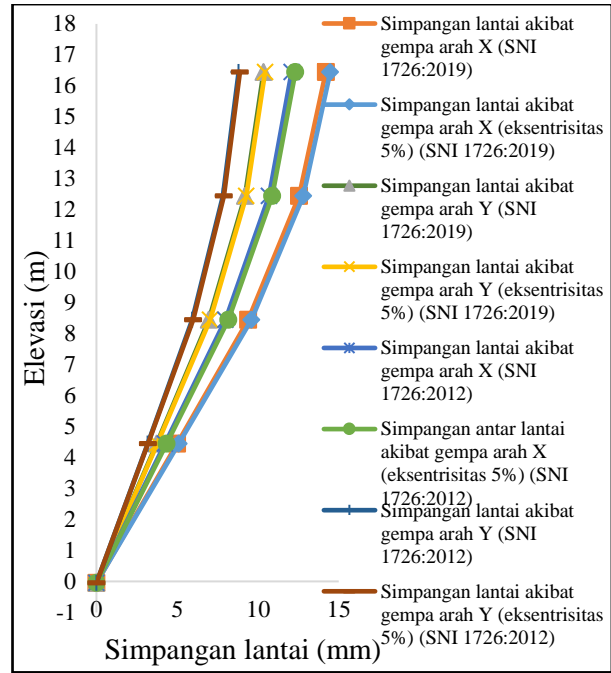
Lantai	Elevasi (m)	Hx (m)	$\delta_{xi}$ (mm)	$\delta_{xi}$ (mm)	$\Delta_{xi}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket.
RSX0 (akibat beban gempa tanpa eksentrisitas arah X)							
Lt. 4	16.45	4	14.202	78.114	9.088	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	12.550	69.025	17.329	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	9.399	51.696	24.210	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	4.997	27.486	27.486	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman
RSX1 (akibat beban gempa eksentrisitas 5% arah X)							
Lt. 4	16.45	4	14.478	79.631	9.240	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	12.798	70.392	17.653	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	9.589	52.739	24.680	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	5.102	28.059	28.059	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman

Tabel 5. Simpangan Antar Lantai Arah Y Akibat Gaya Gempa Tanpa Eksentrisitas dan Dengan Eksentrisitas Sebesar 5% Berdasarkan SNI 1726:2019

Lantai	Elevasi (m)	Hy (m)	$\delta_{yi}$ (mm)	$\delta_{yi}$ (mm)	$\Delta_{yi}$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ (mm)	Ket.
RSY0 (akibat beban gempa tanpa eksentrisitas arah Y)							
Lt. 4	16.45	4	10.347	56.908	6.331	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	9.196	50.577	12.264	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	6.966	38.313	17.790	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	3.732	20.523	20.523	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman
RSY1 (akibat beban gempa eksentrisitas 5% arah Y)							
Lt. 4	16.45	4	10.440	57.421	6.382	80	Aman
Lt. 3	12.45	4	9.280	51.038	12.374	80	Aman
Lt. 2	8.45	4	7.030	38.665	17.951	80	Aman
Lt. 1	4.45	4.5	3.766	20.714	20.714	90	Aman
Lt. Dasar	-0.05	0	0	0	0	0	Aman



Gambar 3. Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa SNI 1726:2012



Gambar 4. Rekapitulasi Simpangan Lantai Akibat Beban Gempa dari Kedua Standar Kegempaan

Pada grafik rekapitulasi pada Gambar 3 dan 4, dapat disimpulkan bahwa nilai simpangan pada kedua model menghasilkan perbedaan. Simpangan lantai maupun simpangan antar lantai yang terjadi baik pada arah x maupun arah y dari model 2 yang menggunakan SNI 1726:2019, relatif lebih besar dibanding model 1 yang menggunakan SNI 1726:2012. Sehingga diambil kesimpulan bahwa kedua standar relatif aman dari segi simpangan yang dihasilkan. Namun demikian bila dibandingkan terhadap nilai simpangan izinya, kedua model tersebut menunjukkan kondisi yang masih aman, dikarenakan nilai simpangan masih lebih kecil dibandingkan simpangan izinya.

Hasil perhitungan penulangan ini menggunakan hasil *design* dari program. Berdasarkan hasil analisis program SAP2000, didapat hasil penulangan struktur pada masing-masing model berupa luas tulangan. Dari keseluruhan masing-masing jenis elemen kolom dan balok, digunakan nilai luas tulangan terbesar dan diseragamkan untuk jenis elemen kolom dan balok yang sama. Berikut merupakan uraian penulangan berdasarkan kedua standar kegempaan, yaitu:

SNI 1726:2012: Dibawah ini merupakan rekapitulasi tulangan longitudinal untuk kolom (Tabel 6) dan balok (Tabel 7) berdasarkan SNI 1726:2012. Untuk kolom, informasi yang ditampilkan dari hasil desain adalah rasio penulangan terhadap dimensi kolom. Misalnya pada kasus kolom tipe K1 yang mempunyai luasan 0.36 m, maka luas tulangan yang digunakan adalah 1% dari luasan kolom tersebut. Akan tetapi luasan yang diambil juga disesuaikan dengan jumlah dan dimensi tulangan yang tersedia, yaitu D10, D13, D16, dan D19. Sedangkan pada

balok, informasi yang diberikan pada program SAP2000 berupa luas tulangan tumpuan dan lapangan, dibagi lagi menjadi tulangan atas dan bawah.

Tabel 6. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Kolom Berdasarkan SNI 1726:2012

Tipe Elemen Struktur	Dimensi (mm x mm)	Tulangan Longitudinal		
		A (mm <sup>2</sup> )	n	Notasi Tulangan
K1 Dasar	600x600	6082.123	16	D-22
K1 Lantai 1		4561.593	12	D-22
K1 Lantai 2		4561.593	12	D-22
K1 Lantai 3		4561.593	12	D-22
K2	550x550	4536.460	16	D-19
KL Dasar	700x700	4825.486	24	D-16
KL Lantai 1		3216.991	16	D-16
KL Lantai 2		3216.991	16	D-16
KL Lantai 3		3216.991	16	D-16
KL Lift	750x750	3216.991	16	D-16
KT Dasar		4825.486	24	D-16
KT Lantai 1		4021.239	20	D-16
KT Lantai 2		4021.239	20	D-16
KT Lantai 3	750x750	4021.239	20	D-16
KT Lift		4021.239	20	D-16

Tabel 7. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Berdasarkan SNI 1726:2012

Tipe dan Dimensi	ket.	Tulangan Tumpuan			Tulangan Lapangan		
		A (mm <sup>2</sup> )	n	Notasi Tul.	A (mm <sup>2</sup> )	n	Notasi Tul.
A5	Atas	314.159	4	4D10	157.080	2	2D10
200x200 mm	Bawah	157.080	2	2D10	157.080	2	2D10
A8	Atas	530.929	4	4D13	265.465	2	2D13
250x550 mm	Bawah	398.197	3	3D13	265.465	2	2D13
A9	Atas	796.394	6	6D13	265.465	2	2D13
250x600 mm	Bawah	530.929	4	4D13	603.186	3	3D16
A9 pembesaran dimensi	Atas	663.661	5	5D13	265.465	2	2D13
350x600 mm	Bawah	398.197	3	3D13	530.929	4	4D13
B11	Atas	1005.310	5	5D16	265.465	2	2D13
300x700 mm	Bawah	402.124	2	2D16	804.248	4	4D16
B12	Atas	1005.310	5	5D16	402.124	2	2D16
300x600 mm	Bawah	603.186	3	3D16	1134.115	4	4D19
C5	Atas	157.080	2	2D10	157.080	2	2D10
200x200 mm	Bawah	157.080	2	2D10	157.080	2	2D10
C6	Atas	398.197	3	3D13	265.465	2	2D13
200x450 mm	Bawah	314.159	4	4D10	157.080	2	2D10
C11	Atas	663.661	5	5D13	265.465	2	2D13
250x550 mm	Bawah	398.197	3	3D13	398.197	3	3D13
T8	Atas	402.124	2	2D16	265.465	2	2D13
250x500 mm	Bawah	402.124	2	2D16	265.465	2	2D13

SNI 1726:2019: Sama hal dengan penulangan pada standar sebelumnya, tulangan longitudinal balok dan kolom diperoleh dari hasil desain program kemudian dijadikan acuan dalam pemilihan dimensi dan jumlah tulangan berdasarkan pemodelan masing-masing standar kegunaan. Rekapitulasi penulangan berdasarkan SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Tabel 8 untuk tulangan longitudinal kolom dan Tabel 9 untuk balok.

Tabel 8. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Kolom Berdasarkan SNI 1726:2019

Tipe Elemen Struktur	Dimensi (mm x mm)	Tulangan Longitudinal		
		A (mm <sup>2</sup> )	n	Notasi Tulangan
K1 Dasar	600x600	6082.123	16	D-22
K1 Lantai 1		4561.593	12	D-22
K1 Lantai 2		4561.593	12	D-22
K1 Lantai 3		4561.593	12	D-22

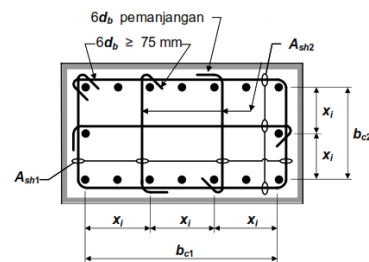
K2	550x550	4536.460	16	D-19
KL Dasar	700x700	4825.486	24	D-16
KL Lantai 1		3216.991	16	D-16
KL Lantai 2		3216.991	16	D-16
KL Lantai 3		3216.991	16	D-16
KL Lift	750x750	3216.991	16	D-16
KT Dasar		4825.486	24	D-16
KT Lantai 1		4021.239	20	D-16
KT Lantai 2		4021.239	20	D-16
KT Lantai 3	750x750	4021.239	20	D-16
KT Lift		4021.239	20	D-16

Tabel 9. Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Berdasarkan SNI 1726:2019

Tipe dan Dimensi	ket.	Tulangan Tumpuan			Tulangan Lapangan		
		A (mm <sup>2</sup> )	n	Notasi Tul.	A (mm <sup>2</sup> )	n	Notasi Tul.
A5	Atas	314.16	4	4D10	157.08	2	2D10
200x200 mm	Bawah	157.08	2	2D10	157.08	2	2D10
A8	Atas	530.93	4	4D13	265.46	2	2D13
250x550 mm	Bawah	398.20	3	3D13	265.46	2	2D13
A9	Atas	796.39	6	6D13	265.46	2	2D13
250x600 mm	Bawah	530.93	4	4D13	663.66	5	5D13
A9 pembesaran dimensi	Atas	663.66	5	5D13	265.46	2	2D13
350x600 mm	Bawah	398.20	3	3D13	530.93	4	4D13
B11	Atas	1134.11	4	4D19	398.20	3	3D13
300x700 mm	Bawah	402.12	2	2D16	850.59	3	3D19
B12	Atas	1005.31	5	5D16	402.12	2	2D16
300x600 mm	Bawah	603.19	3	3D16	1134.11	4	4D19
C5	Atas	157.08	2	2D10	157.08	2	2D10
200x200 mm	Bawah	157.08	2	2D10	157.08	2	2D10
C6	Atas	398.20	3	3D13	265.46	2	2D13
200x450 mm	Bawah	314.16	4	4D10	157.08	2	2D10
C11	Atas	663.66	5	5D13	265.46	2	2D13
250x550 mm	Bawah	398.20	3	3D13	398.20	3	3D13
T8	Atas	402.12	2	2D16	265.46	2	2D13
250x500 mm	Bawah	402.12	2	2D16	265.46	2	2D13

Pengecekan As Tulangan

Tulangan Kolom: Menurut SNI beton 2847:2019 pasal 18.7.4 luas tulangan longitudinal kolom yang digunakan tidak kurang dari 1% dan tidak lebih dari 6% luas penampang kotor beton. Rekapitulasi hasil keduanya dapat dilihat pada Tabel 10. Kemudian pada Gambar 5 merupakan contoh penulangan kolom berdasarkan SNI 2847:2019. Berikut merupakan uraian perhitungan persentase As (pakai) tulangan kolom pada kedua standar dan salah satu contoh pada kolom K1, yaitu:



Gambar 5. Contoh Penulangan Kolom Berdasarkan SNI 2847:2019 (SNI 2847, 2019)

$$As_{pakai} = n \frac{1}{4} \pi D^2 \times 100\% \quad (5)$$

Perhitungan As pakai untuk SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019

$$As_{pakai} = 16 \frac{\frac{1}{2}\pi 22^2}{600 \times 600} \times 100\% = 1.69\%$$

(As perlu < As pakai < As maks, OK)

Tabel 10. Pemeriksaan Hasil Desain Tulangan Kolom (SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019)

Tipe Kolom	Dimensi Kolom		D	Jumlah Tulangan		Pasang	Persentase	As min < As pakai < As maks	SNI 2012 dan 2019
	C1	C2		c1	c2				
	mm	mm		mm	mm				
K1 Lantai dasar	600	600	22	5	5	16	D-22	1.69%	OK
K1 Lantai 1	600	600	22	4	4	12	D-22	1.27%	OK
K1 Lantai 2	600	600	22	4	4	12	D-22	1.27%	OK
K1 Lantai 3	600	600	22	4	4	12	D-22	1.27%	OK
K2	600	600	19	5	5	16	D-19	1.26%	OK
KL Dasar	700 250	700 250	16	7 6	7 6	24	D-16	1.68%	OK
KL Lantai 1	700 250	700 250	16	5 4	5 4	16	D-16	1.12%	OK
KL Lantai 2	700 250	700 250	16	5 4	5 4	16	D-16	1.12%	OK
KL Lantai 3	700 250	700 250	16	5 4	5 4	16	D-16	1.12%	OK
KL Lantai 4	700 250	700 250	16	5 4	5 4	16	D-16	1.12%	OK
KT Dasar	750 250	750 250	16	8 5	8 5	24	D-16	1.54%	OK
KT Lantai 1	750 250	750 250	16	6 5	6 5	20	D-16	1.29%	OK
KT Lantai 2	750 250	750 250	16	6 5	6 5	20	D-16	1.29%	OK
KT Lantai 3	750 250	750 250	16	6 5	6 5	20	D-16	1.29%	OK
KT Lantai 4	750 250	750 250	16	6 5	6 5	20	D-16	1.29%	OK

Tulangan Balok: Berikut merupakan uraian perhitungan untuk mendapatkan nilai As maksimum balok dan salah satu contoh perhitungan pada As maksimum tulangan tarik daerah tumpuan balok tipe A9, sedangkan untuk nilai As perlu didapat dari hasil desain penulangan program. Rekapitulasi hasil keduanya dapat dilihat pada Tabel 11.

$$As_{maks} \leq 0.75 As_{balance} \quad (6)$$

$$As_{(maks)} = \frac{0.75}{f_y} (0.85 f_c' b_w) \left[ \frac{\beta_1 600(d)}{600 + f_y} \right] \quad (7)$$

d = tinggi efektif balok (dari atas sampai titik berat tulangan bawah)

Tabel 11. Pemeriksaan Hasil Desain Tulangan Balok (SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019)

Tipe	As perlu				As maks				As perlu < As pakai < As maks	
	SNI 2012		SNI 2019		SNI 2012		SNI 2019		SNI 2012	SNI 2019
	Tump.	Lap.	Tump.	Lap.	Tump.	Lap.	Tump.	Lap.	Tump. dan Lap.	Tump. dan Lap.
A5	282.17	106.87	284.48	110.05	658.38	755.92	658.38	755.92	OK	OK
A8	433.94	228.54	433.94	233.93	3069.38	3069.38	3069.38	3069.38	OK	OK
A9	681.94	599.8	692.2	610.08	3221.79	3365.04	3221.79	3221.79	OK	OK
A9 <sub>dibe</sub> sarin	543.87	445.65	554.1	457.35	4510.5	4723.86	4510.5	4723.86	OK	OK
B11	962.21	783.97	1043.15	844.56	4586.7	4769.58	4758.61	4758.61	OK	OK
B12	941.65	1009.77	986.25	1047.76	3855.17	4027.08	3855.17	4027.08	OK	OK
C5	114.1	76.56	114.58	77.02	755.92	755.92	755.92	755.92	OK	OK
C6	369.43	182.93	371.29	184.25	1967.82	1975.13	1967.82	1975.13	OK	OK
C11	532.24	371.07	550.83	389.73	2916.98	3069.38	2916.98	3069.38	OK	OK
T8	373.29	142.16	389.55	169.7	2755.43	2764.58	2755.43	2764.58	OK	OK

Perhitungan As maksimum untuk SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019

$$d = 600 - 30 - 10 - \frac{1}{2}(13) - 25 = 528.5 \text{ mm}$$

$$As_{(maks)} = \frac{0.75}{400} (0.85(30)(250)) \left[ \frac{(0.85)(600)(528.5)}{600+400} \right] = 3221.79 \text{ mm}^2$$

As perlu (SNI 1726:2012) = 681.94 mm<sup>2</sup> (As perlu < As pakai < As maks, OK)

As perlu (SNI 1726:2019) = 692.20 mm<sup>2</sup> (As perlu < As pakai < As maks, OK)

Hasil Analisis Nonlinear (Pushover Analysis)

Target perpindahan

Untuk hasil perhitungan target perpindahan dapat dilihat pada Tabel 12. Beberapa parameter pada tabel didapat dari hasil analisis pada program.

Tabel 12. Target Perpindahan ( $\delta_T$ )

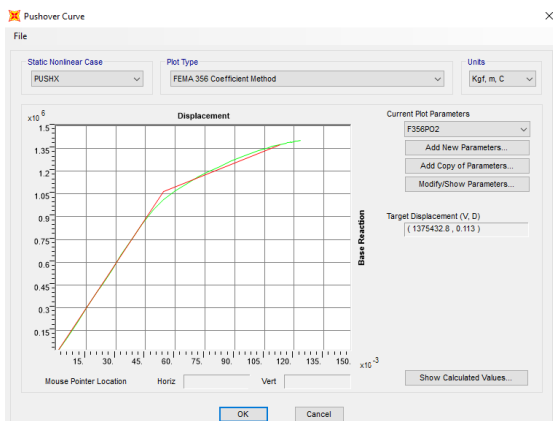
Parameter	SNI 1726:2012		SNI 1726:2019	
	X	Y	X	Y
$\Delta y$	0.054	0.050	0.055	0.052
ki	18044722	20918931	16978474	20242990
ke = (0.6 × Vy)/(0.6 × $\Delta y$ )	19668301	21687458	19569117	21686820
Ti	0.744	0.709	0.737	0.709
Te	<b>0.713</b>	<b>0.697</b>	<b>0.686</b>	<b>0.685</b>
Ts = Sd1/Sds	0.861	0.861	1.143	1.143
<b>C0 (Fema = Tabel 3-2)</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>
Sa	<b>0.666</b>	<b>0.666</b>	<b>0.689</b>	<b>0.689</b>
Vy	1059868.50	1092084.20	1070300.00	1134669.70
Weight	3715173	3715173	3715173	3715173
Cm (Fema = Tabel 3-1)	1	1	1	1
R	2.333	2.264	2.392	2.257
<b>C1</b>	<b>1.119</b>	<b>1.132</b>	<b>1.202</b>	<b>1.203</b>
<b>C2 (Fema = Tabel 3-3)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>C3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>g</b>	<b>9.81</b>	<b>9.81</b>	<b>9.81</b>	<b>9.81</b>
<b><math>\delta_T</math></b>	<b>0.113</b>	<b>0.109</b>	<b>0.116</b>	<b>0.116</b>



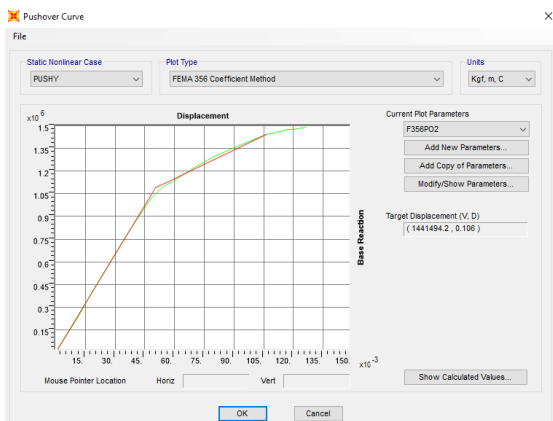
### Kurva Kapasitas (Capacity Curve)

Kurva kapasitas merupakan hubungan antara *roof displacement* (sumbu x) dan *base shear* (sumbu y). *Roof displacement* merupakan perpindahan lateral pada lantai atap. Dibawah ini merupakan gambaran kurva kapasitas atau kurva *pushover* hasil dari analisis nonlinier berdasarkan kedua standar kegunaan yaitu sebagai berikut:

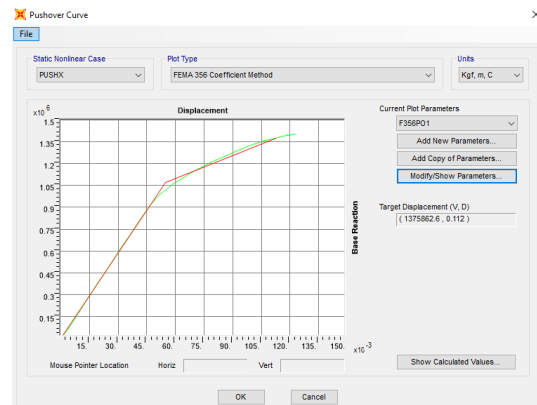
Kurva kapasitas disajikan pada Gambar 6 untuk arah X dan 7 untuk arah Y berdasarkan pemodelan sesuai dengan SNI gempa 1726:2012. Sedangkan kurva kapasitas berdasarkan hasil analisis menggunakan pemodelan SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Gambar 8 untuk arah X dan 9 untuk arah Y.



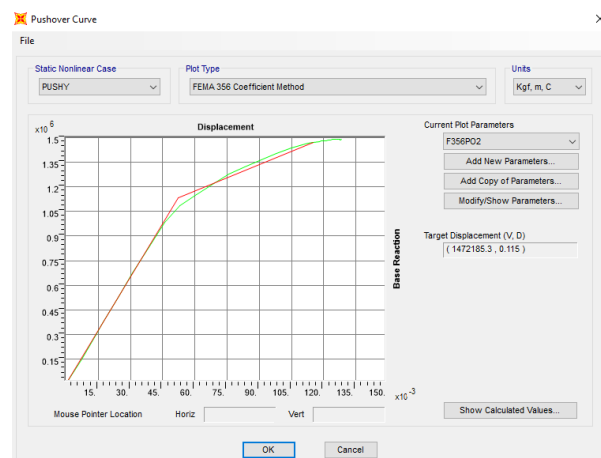
Gambar 6. Kurva *Pushover* Arah X Berdasarkan SNI 1726:2012



Gambar 7. Kurva *Pushover* Arah Y Berdasarkan SNI 1726:2012



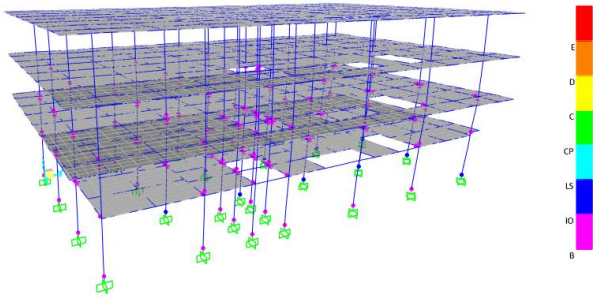
Gambar 8. Kurva *Pushover* Arah X Berdasarkan SNI 1726:2019



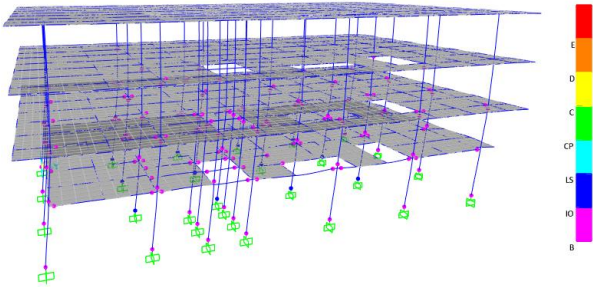
Gambar 9. Kurva *Pushover* Arah Y Berdasarkan SNI 1726:2019

**SNI 1726:2012:** Untuk kinerja struktur berdasarkan target perpindahan pemodelan SNI 1726:2012 arah X yang telah ditentukan pada subbab 3.2.1 yaitu sebesar 0.112782 m ( $\delta_T$ ), maka hasilnya terdapat pada *step* 23 (Gambar 10) dengan nilai *displacement* 0.115959 > 0.112782 m ( $\delta_T$ ) dan *base shear* 1385643.1 kgf mencapai kinerja struktur kondisi LS (*Life Safety*). Kondisi tersebut sama dengan asumsi awal kinerja yaitu (*Life Safety*).

Pada arah Y pemodelan SNI 1726:2012, kinerja struktur berdasarkan target perpindahan yang telah ditentukan pada subbab 3.2.1 yaitu sebesar 0.109002 m ( $\delta_T$ ), maka hasilnya terdapat pada *step* 14 (Gambar 11) dengan nilai *displacement* 0.109802 > 0.109002 m ( $\delta_T$ ) dan *base shear* 1449390.19 kgf mencapai kinerja struktur kondisi LS (*Life Safety*). Kondisi tersebut sama dengan asumsi awal kinerja yaitu (*Life Safety*).

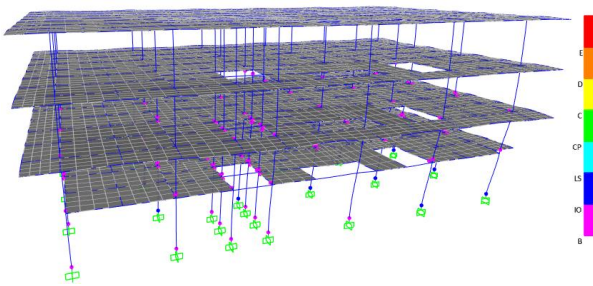


Gambar 10. Penyebaran Sendi Plastis Step 23 Arah X Berdasarkan SNI 1726:2012

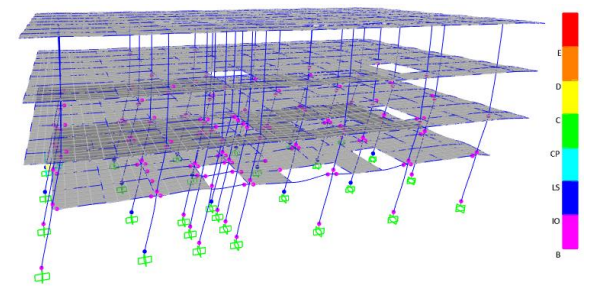


Gambar 11. Penyebaran Sendi Plastis Step 14 Arah Y Berdasarkan SNI 1726:2012

**SNI 1726:2019:** Berdasarkan pemodelan yang sesuai dengan SNI 1726:2019, target perpindahan arah X yang telah ditentukan. Hal tersebut menunjukkan pelelehan terdapat pada *step* 32 (Gambar 12) dengan nilai *displacement*  $0.116897 > 0.116360$  m ( $\delta_T$ ) dan *base shear* 1391420 kgf mencapai kinerja struktur kondisi LS (*Life Safety*). Kondisi tersebut sama dengan asumsi awal kinerja yaitu (*Life Safety*).



Gambar 12. Penyebaran Sendi Plastis Step 32 Arah X Berdasarkan SNI 1726:2019



Gambar 13. Penyebaran Sendi Plastis Step 18 Arah Y Berdasarkan SNI 1726:2019

Untuk kinerja struktur berdasarkan target perpindahan arah Y telah ditentukan pada subbab 3.2.1 yaitu sebesar 0.116064 m ( $\delta_T$ ). Hal tersebut menunjukkan pelelehan terdapat pada *step* 18 (Gambar 13) dengan nilai *displacement*  $0.118178 > 0.116064$  m ( $\delta_T$ ) dan *base shear* 1477386.89 kgf mencapai kinerja struktur kondisi LS (*Life Safety*). Kondisi tersebut sama dengan asumsi awal kinerja yaitu (*Life Safety*).

*Evaluasi Kinerja Struktur*

Berikut merupakan rekapitulasi perbandingan kinerja struktur nilai target perpindahan dan kondisi langkah maksimum yang dapat dicapai oleh program.

Tabel 13. Rekapitulasi Gaya Evaluasi Kinerja Struktur pada Kedua Standar Kegempaan

Parameter	SNI 1726:2012		SNI 1726:2019		Satuan
	X	Y	X	Y	
Berdasarkan Titik Kinerja					
Target perpindahan ( $\delta_T$ )	0.112782	0.109002	0.11636	0.116064	m
<i>Step</i>	23	14	32	18	
Kinerja struktur	LS	LS	LS	LS	
<i>Displacement</i> ( $\delta$ )	0.116	0.110	0.117	0.118	m
<i>Base force</i> (V)	1385643.1	1449390	1391420	1477387	kgf
Berdasarkan <i>Step Maximum</i>					
Target perpindahan ( $\delta_T$ )	0.113	0.109	0.116	0.116	m
<i>Step</i>	38	29	39	36	
Kinerja struktur	LS	LS	LS	LS	
<i>Displacement</i> ( $\delta$ )	0.123	0.126	0.122	0.128	m
<i>Base force</i> (V)	1402587.4	1490310	1392961	1488545	kgf

KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan bahwa SNI 1726:2019 memiliki gaya geser dan perpindahan lateral lantai atap lebih besar dari pada SNI 1726:2012.

Pada elemen struktur kolom, tidak terdapat perbedaan hasil penulangan kolom akibat perhitungan dengan berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019, sedangkan pada elemen struktur balok, beberapa balok menunjukkan hasil desain dengan SNI 1726:2019 lebih besar dibandingkan dengan SNI 1726:2012

Perbandingan kurva kapasitas yang merupakan hubungan gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan lateral lantai atap (*roof displacement*) antara SNI 1726:2012 dengan SNI 1726:2019 menghasilkan sedikit perbedaan. Berdasarkan analisis perhitungan dan pengecekan penyebaran sendi plastis yang disesuaikan dengan titik kinerja pada kurva kapasitas, disimpulkan bahwa kinerja struktur yang dihasilkan dari analisis nonlinier pada program sesuai dengan pemodelan SNI



1726:2012 maupun SNI 1726:2019 pada arah X dan Y kinerja struktur menghasilkan kondisi LS (*Life Safety*).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kolega di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Universitas Sriwijaya serta berbagai pihak yang mendukung terlaksananya penelitian ini.

#### DAFTAR PURTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2020*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Dewobroto, W. (2006). *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover*. Jakarta: Jurnal Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan.
- Dewobroto, W. (2007). *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP200 Edisi Baru*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- FEMA 356. (2000). *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Building*. Washington, D.C.: *Federal Emergency Management Agency*.
- Imran, I., dan Zulkifli, E. (2014). *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Kadariusman, R. A., SMD, A. dan Wibowo, A. 2017. *Kajian Analisis Pushover untuk Performance Based Design pada Gedung A Rumah Sakit Umum Daerah (Rsud) Kertosono (Study of Pushover Analysis for Performance Based Design on Kertosono Regional Public Hospital Building A)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nurjannah, S. A., Rosidawani, Saloma, Hanafiah, dan Rafly, M. (2023). Performance-based Analysis of Building Structures in Various Earthquake Zones. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1244(1): 1-13.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1244/1/01/2019>
- Prasetya, M. A. (2020). *Analisis Level Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Menggunakan Metode Pushover Berdasarkan SNI 1726 : 2019*. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945.
- Prasetyo, H., Kurnianti, D., dan Pribadi, B.K. (2020). *Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Menggunakan Pushover Analysis dengan Metode ATC-40 dan FEMA 356 (Studi Kasus: Gedung RSGM UGM Prof. Soedomo)*. Yogyakarta: Universitas Teknologi Yogyakarta.
- Sunarjo, Gunawan, M. T., dan Pribadi, S. (2012). *Gempa Bumi Edisi Populer*. Jakarta : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- Takagi, J., dan Wada, A. (2019). Recent Earthquakes and The Need for A New Philosophy for Earthquake-Resistant Design. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 119:499-507.  
<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.11.024>
- Tavio dan Wijaya, U., (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja Edisi Kedua (Performance Based Design) Dilengkapi Contoh & Aplikasi Program Bantu ETABS*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- Usman, A.P., Rosidawani, dan Muthmainna, A.P., (2021). Analisis Repons dan Kinerja Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Pushover Analysis. *Jurnal Sainis*. 21(02): 87-96.
- Wight, J., Richart, F. dan MacGregor, J., 2012. *“Reinforced Concrete Mechanics and Design” Sixth Edition*. Upper Saddle River, N.J: Pearson Education.