

## ANALISIS KINERJA GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN SISTEM PENAHAN BEBAN LATERAL DINDING GESER DAN BRESING TERHADAP BEBAN GEMPA

Retno Trimurtiningrum<sup>1</sup>, Andaryati<sup>2</sup>, Gede Surya<sup>1</sup>, Nurani Hartatik<sup>1</sup>, Gebby Ramdhan Rizky Fitra Febrianno<sup>1</sup> dan Elfin Nur Fitriyati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

E-mail: [retnotrimurti@untag-sby.ac.id](mailto:retnotrimurti@untag-sby.ac.id)

**ABSTRAK:** Indonesia merupakan negara yang wilayahnya rawan gempa dikarenakan letak geografisnya yang berada pada pertemuan 4 (empat) lempeng tektonik dunia, yaitu lempeng Filipina, lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan Lempeng Indo-Australia. Oleh karena itu, perencanaan bangunan Gedung di Indonesia harus mempertimbangkan beberapa aspek lain selain kekuatan, seperti aspek fleksibilitas dan kinerja struktur setelah terkena beban gempa. Salah satu parameter dari aspek fleksibilitas adalah simpangan, Bangunan tingkat tinggi rentan terhadap simpangan yang besar saat terkena beban lateral. Berbagai inovasi struktur seperti sistem penahan beban lateral dinding geser dan bresing diterapkan untuk menambah kekakuan struktur dan memperkecil simpangan. Pada penelitian ini akan dianalisis 3 (tiga) bentuk permodelan, yaitu permodelan SRPM (Sistem Rangka Pemikul Momen), SG-1 (Sistem rangka dengan dinding geser) dan SG-2 (Sistem rangka dengan bresing konsentrik) terhadap kinerja bangunan setelah terkena beban gempa rencana. Analisis nonlinier yang dilakukan adalah analisis beban dorong (analisis pushover) dengan menggunakan ATC-40 dan FEMA 440. Dari hasil penelitian didapatkan besarnya nilai *base shear* dan *target displacement* antara metode ATC-40 dan FEMA 440 hampir sama. Permodelan SRPM mempunyai nilai *target displacement* terbesar dan *base shear* terkecil jika dibandingkan dengan permodelan dengan sistem penahan beban laterak dinding geser dan bresing (SG-1 dan SG-2). Sebaliknya, permodelan SG-1 (sistem struktur dengan dinding geser) mempunyai nilai *target displacement* terkecil dan *base shear* terbesar. Ketiga permodelan memiliki tingkat level kinerja IO (*Immediate Occupancy*).

**KATA KUNCI :** bresing, dinding geser, *target displacement*, *performance point*, level kinerja

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang secara geografis dilewati oleh jalur gempa pasifik dan jalur gempa asia serta terletak diantara 4 (empat) lempeng tektonik dunia, yaitu lempeng Filipina, lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan Lempeng Indo-Australia (Hutama, 2021). Hal tersebut menyebabkan wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rentan terhadap gempa bumi. Pada wilayah yang rentan terhadap gempa, perencanaan bangunan perlu mempertimbangkan aspek fleksibilitas selain aspek kekuatan. Bangunan tingkat tinggi rentan terhadap simpangan yang besar saat terjadi gempa. Tidak jarang untuk bangunan tingkat tinggi membutuhkan sistem penahan beban lateral seperti dinding geser atau bresing untuk meningkatkan kekakuan struktur dan mereduksi simpangan yang terjadi akibat beban gempa. Selain itu, terdapat konsep baru dalam perencanaan bangunan khususnya di daerah yang rawan terhadap gempa. Perencanaan bangunan juga mempertimbangkan *performance* struktur berupa analisis level keruntuhan atau level kinerja yang dicapai struktur pada saat terjadi

beban gempa. Berdasarkan ATC-40 terdapat 4 (empat) level kinerja bangunan, yaitu (Suwondo & Ashour, 2014) :

- *Operational* : kerusakan sangat kecil, *temporary drift*, kekuatan dan kekakuan struktur tetap seperti awal.
- *Immediate Occupancy (IO)* : kerusakan kecil, kekuatan dan kekakuan struktur tetap seperti awal.
- *Life safety (LS)* : kerusakan menengah, terdapat *permanent drift* di beberapa elemen struktur, terdapat pengurangan kekuatan dan kekakuan, kerusakan partisi, perbaikan kerusakan bisa saja di atas nilai ekonomis.
- *Collapse prevention* : kerusakan parah, terjadi simpangan yang besar, , terdapat pengurangan kekuatan dan kekakuan, bangunan mendekati kondisi runtuh.

Kinerja struktur bangunan dapat diketahui dengan melakukan analisis secara in elastik atau non linier. Metode analisis non linier antara lain analisis beban dorong (analisis pushover) dan analisis riwayat waktu (Anam, Sutriyono, & Trimurtiningrum, 2020). Analisis pushover

# ANALISIS KINERJA GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN SISTEM PENAHAN BEBAN LATERAL DINDING GESER DAN BRESING TERHADAP BEBAN GEMPA

(Retno Trimurtiningrum, Andaryati, Gede S., Nurani H., Gebby R.R.F.F., Elfin N.F.)

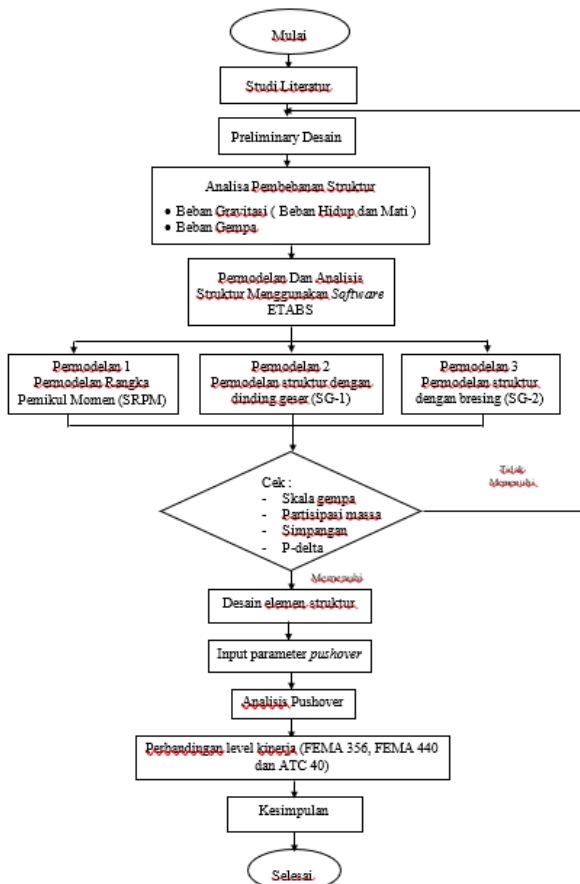
memiliki keunggulan antara lain memiliki komputasi yang relatif sederhana dan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan level kinerja antara struktur SRPM (Sistem Rangka Pemikul Momen), struktur dengan SPBL (Sistem Penahan Beban Lateral) berupa dinding geser, dan struktur dengan SPBL (Sistem Penahan Beban Lateral) berupa bresing.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini membandingkan level kinerja dari 3 (tiga) permodelan struktur, yaitu :

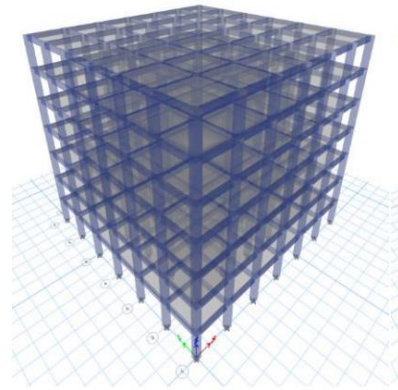
- Permodelan I : Sistem rangka pemikul momen beton bertulang (SRPM)
- Permodelan II : Struktur beton bertulang dengan dinding geser (SG-1)
- Permodelan III : Struktur beton bertulang dengan bresing konsentrik (SG-2)

Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini.

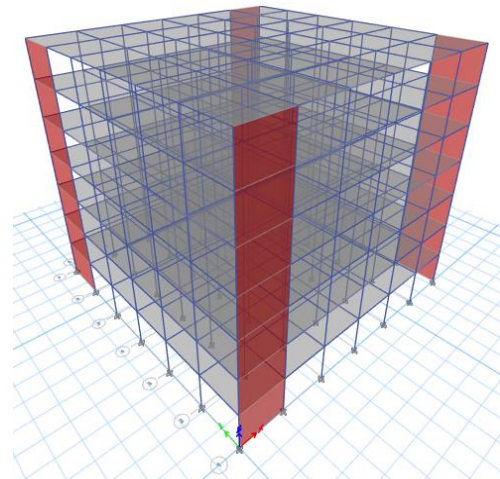


**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

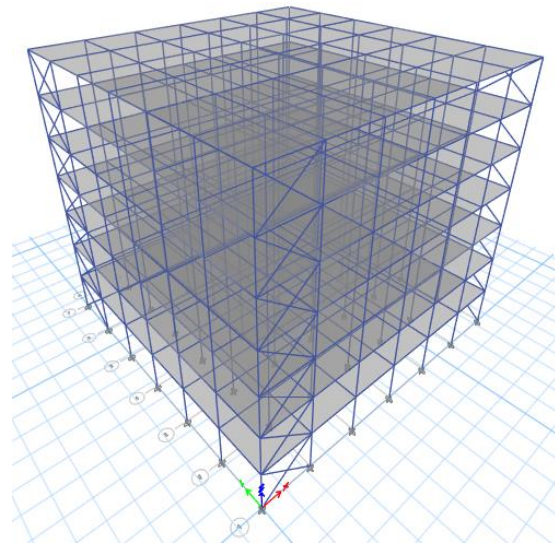
Permodelan struktur yang dianalisis dapat dilihat pada gambar 2. Gambar 3 dan gambar 4.



**Gambar 2.** Permodelan tanpa elemen struktur pengaku (SRPMK)



**Gambar 3.** Permodelan struktur dengan dinding geser (SG-1)

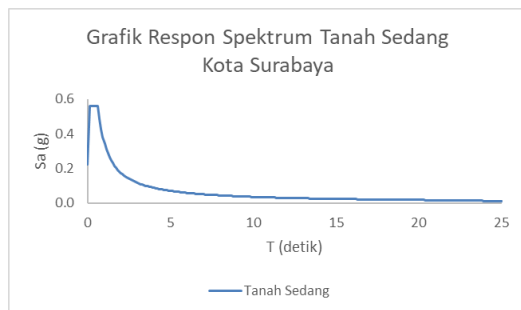


**Gambar 4.** Permodelan struktur dengan bresing konsentrik (SG-2)

Deskripsi bangunan dijelaskan pada tabel 1 berikut ini :

Kriteria	Deskripsi
<b>Sistem Struktur</b>	- SRPM - Struktur dengan dinding geser - (SG-1 dan SG-2)
<b>Fungsi Bangunan</b>	Perkantoran
<b>Material</b>	Beton Bertulang
<b>Jumlah Lantai</b>	7 lantai
<b>Lokasi</b>	Surabaya
<b>Tipe Tanah</b>	Tanah Sedang
<b>Panjang Bangunan</b>	30 m
<b>Lebar Bangunan</b>	30 m
<b>Tinggi Bangunan</b>	28 m
<b>Tinggi antar tingkat</b>	4 m
<b>Dimensi balok</b>	40 cm x 60 cm
<b>Dimensi kolom</b>	75 cm x 75 cm
<b>Tebal dinding geser</b>	200 mm
<b>Profil bresing</b>	Profil WF/I 340x314x19.18x31.39

Peraturan yang digunakan untuk pembebanan gempa adalah SNI 1726-2019. Analisis beban gempa menggunakan analisis respons spektrum dimana grafik respons spektrum terlihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik respon spektrum Kota Surabaya (tanah sedang)

Pembebanan gravitasi menggunakan peraturan SNI 1727-2013 dan untuk desain elemen struktur beton bertulang menggunakan SNI 2847-2019. Metode analisis level kinerja struktur menggunakan FEMA 440 dan ATC-40. Level kinerja struktur ditentukan berdasarkan batasan kinerja struktur pada ATC-40 (dapat dilihat pada tabel 2).

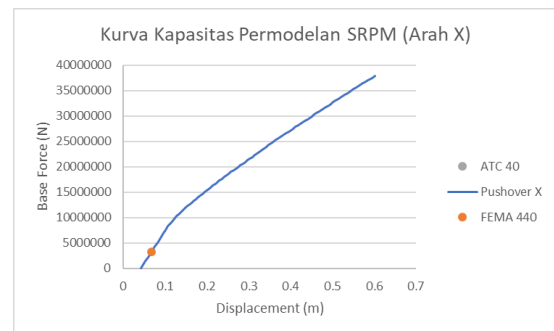
**Tabel 2.** Batasan Kinerja Struktur berdasarkan ATC-40

Parameter	Performance Level			
	IO	Damage control	LS	Structural Stability
<b>Maximum Total Drift</b>	0,01	0,01	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$

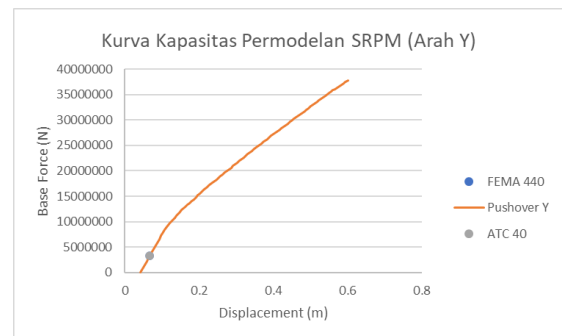
### 3. HASIL PENELITIAN

#### 3.1. Kurva Kapasitas Pushover

Kurva kapasitas pushover menggambarkan kapasitas struktur yang berhubungan dengan kekakuan dan daktilitas (Suwondo & Ashour, 2014). Kurva kapasitas untuk permodelan SRPM dapat dilihat pada gambar 6 dan 7 masing-masing untuk arah X dan Y. Gambar 8 dan gambar 9 menunjukkan kurva kapasitas untuk permodelan SG-1 untuk arah X dan Y. Sedangkan, gambar 10 dan gambar 11 menunjukkan kurva kapasitas untuk permodelan SG-2.



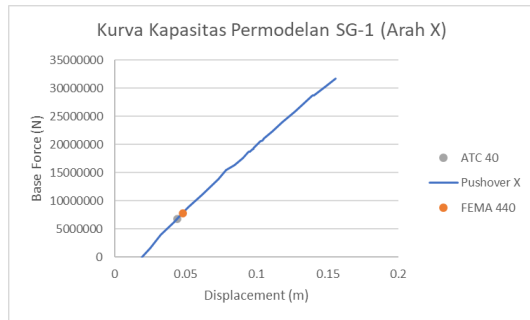
**Gambar 6.** Kurva Kapasitas Permodelan SRPM (Arah X)



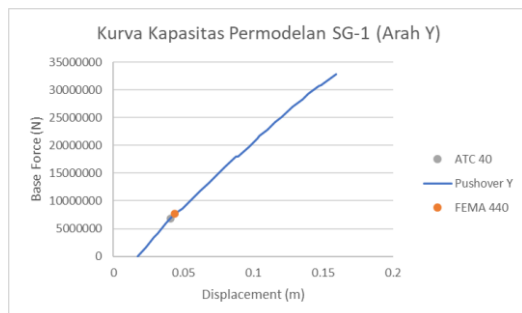
**Gambar 7.** Kurva Kapasitas Permodelan SRPM (Arah Y)

# ANALISIS KINERJA GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN SISTEM PENAHAN BEBAN LATERAL DINDING GESER DAN BRESING TERHADAP BEBAN GEMPA

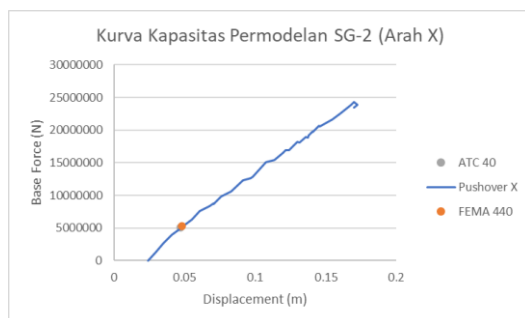
(Retno Trimurtiningrum, Andaryati, Gede S., Nurani H., Gebby R.R.F.F., Elfin N.F.)



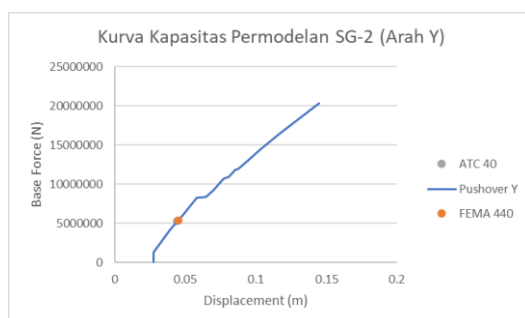
**Gambar 8.** Kurva Kapasitas Permodelan SG-1 (Arah X)



**Gambar 9.** Kurva Kapasitas Permodelan SG-1 (Arah Y)



**Gambar 10.** Kurva Kapasitas Permodelan SG-2 (Arah X)



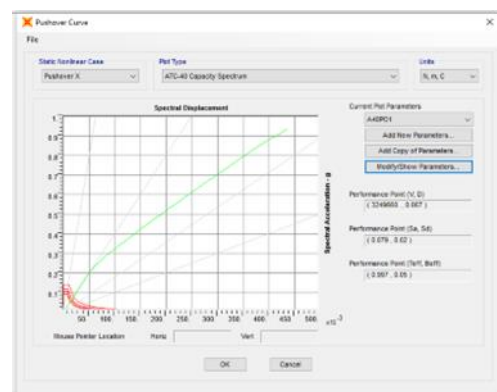
**Gambar 11.** Kurva Kapasitas Permodelan SG-2 (Arah Y)

Gambar 6 sampai dengan gambar 11 menunjukkan adanya perubahan kemiringan kurva pada kurva kapasitas hasil pushover.

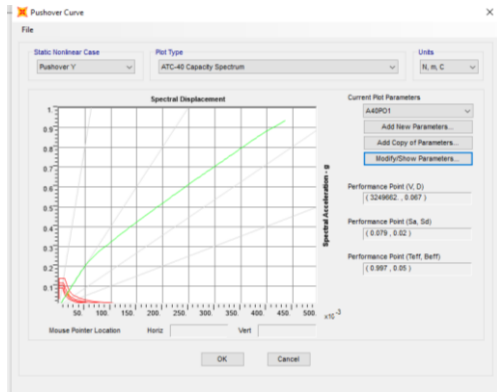
Perubahan kemiringan tersebut diikuti oleh nilai displacement yang semakin besar. Kekakuan struktur berkurang akibat adanya retak-retak yang terjadi akibat beban lateral dan terbentuknya sendi-sendi plastis pada elemen-elemen struktur (Suwondo & Ashour, 2014). Dari gambar di atas juga menunjukkan bahwa *performance point* yang didapatkan dari metode ATC-40 dan FEMA 440 menunjukkan hasil yang hampir sama, dilihat dari titik *performance point* yang hampir berhimpit atau bahkan berhimpit di setiap kurva. Gambar kurva di atas juga menunjukkan bahwa nilai *displacement* dan *base force* yang didapatkan dari *performance point* metode ATC-40 dan FEMA 440 tidak melampaui besarnya *displacement* dan *base force* maksimum dari kurva kapasitas struktur. Hal tersebut menggambarkan bahwa margin keamanan struktur terhadap keruntuhan cukup tinggi (Suwondo & Ashour, 2014).

### 3.2. *Performance Point* dan *Target Displacement* (ATC-40 & FEMA 440)

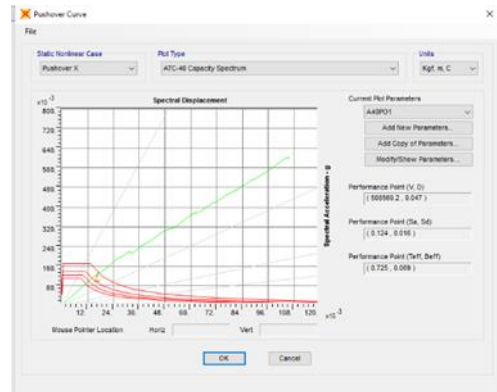
Metode spektrum kapasitas berdasarkan ATC-40 menggambarkan representasi kapasitas struktur berupa *capacity spectrum* dan *demand spectrum* (Masbudi, Purwanto, & Supriyadi, 2015). Titik kinerja didapatkan dari *performance point* yang merupakan pertemuan antara *capacity spectrum* dan *demand spectrum*. Titik kinerja untuk permodelan SRPM, SG-1 dan SG-2 dapat dilihat pada gambar 12 sampai dengan gambar 17.



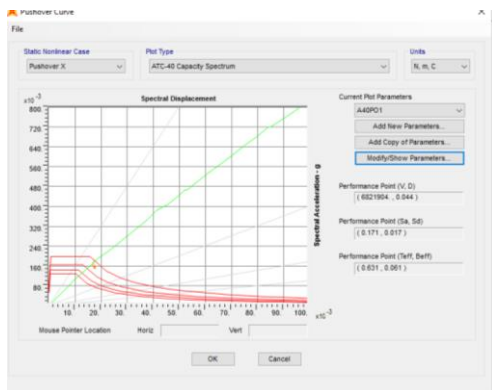
**Gambar 12.** *Performance Point* Permodelan SRPM (Arah X)



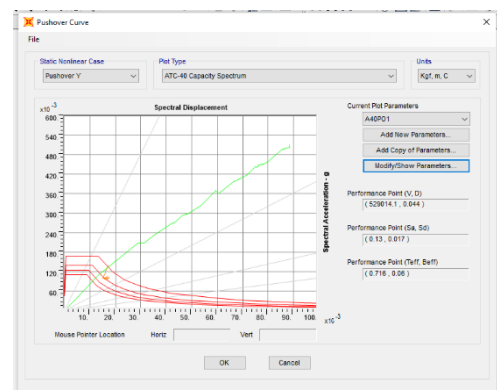
Gambar 13. Performance Point Permodelan SRPM (Arah Y)



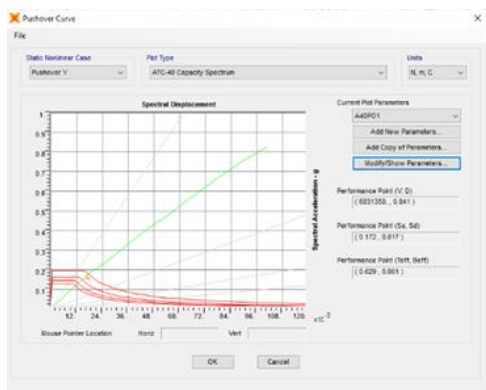
Gambar 16. Performance Point Permodelan SG-2 (Arah X)



Gambar 14. Performance Point Permodelan SG-1 (Arah X)

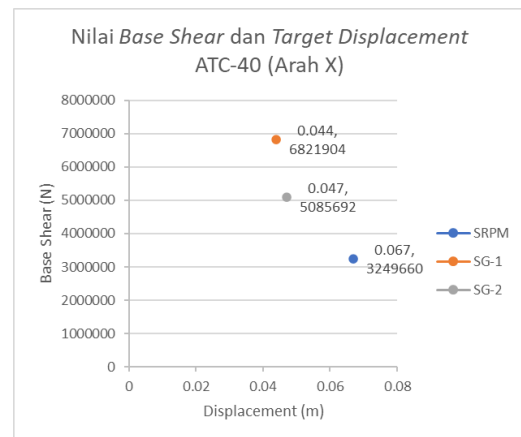


Gambar 17. Performance Point Permodelan SG-2 (Arah Y)



Gambar 15. Performance Point Permodelan SG-1 (Arah Y)

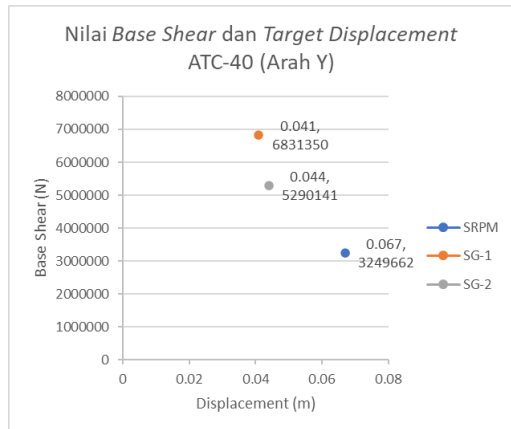
Rekapitulasi nilai *base shear* dan *target displacement* berdasarkan *performance point* metode spektrum kapasitas ATC-40 dapat dilihat pada gambar 18 dan 19.



Gambar 18. Nilai Base Shear dan Target Displacement Permodelan SRPM, SG-1 dan SG-2 metode ATC-40 (arah X)

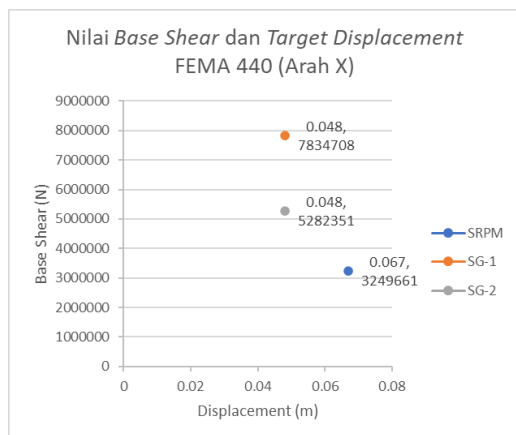
# ANALISIS KINERJA GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN SISTEM PENAHAN BEBAN LATERAL DINDING GESER DAN BRESING TERHADAP BEBAN GEMPA

(Retno Trimurtiningrum, Andaryati, Gede S., Nurani H., Gebby R.R.F.F., Elfin N.F.)

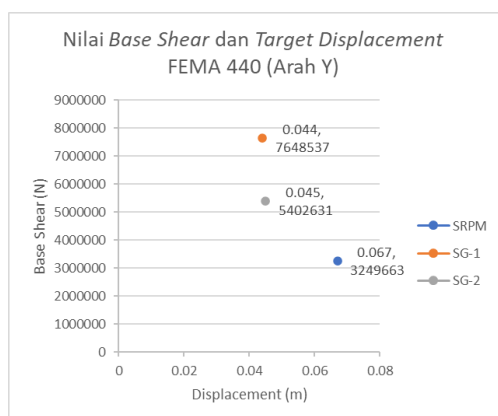


**Gambar 19.** Nilai Base Shear dan Target Displacement Permodelan SRPM, SG-1 dan SG-2 metode ATC-40 (arah Y)

Nilai base shear dan target displacement berdasarkan FEMA 440 dapat dilihat pada gambar 20 dan gambar 21.



**Gambar 20.** Nilai Base Shear dan Target Displacement Permodelan SRPM, SG-1 dan SG-2 metode FEMA 440 (arah X)



**Gambar 21.** Nilai Base Shear dan Target Displacement Permodelan SRPM, SG-1 dan SG-2 metode FEMA 440 (arah Y)

Dari gambar 18 sampai gambar 21 dapat dilihat bahwa permodelan SRPM mempunyai nilai *displacement* yang paling besar dibandingkan dengan permodelan SG-1 dan SG-2 baik menggunakan metode ATC-40 maupun FEMA 440. Hal tersebut dikarenakan permodelan SG-1 dan SG-2 mempunyai sistem penahan beban lateral berupa dinding geser dan bresing sehingga dapat menambah kekakuan struktur dan mengurangi *displacement* yang terjadi. *Displacement* terkecil diperoleh permodelan SG-1 yaitu sistem struktur dengan penahan lateral dinding geser dengan nilai 0,044 m untuk arah X dan 0,041 m untuk arah Y.

Sedangkan untuk nilai base shear, permodelan SG-1 mempunyai nilai terbesar dibandingkan dengan permodelan SRPM dan SG-2. Hal tersebut disebabkan karena permodelan SG-1 mempunyai berat yang paling besar dibandingkan permodelan lainnya. Dinding geser dapat menambah kekakuan struktur akan tetapi juga menambah berat struktur secara signifikan sehingga gaya geser dasar struktur (*base shear*) mengalami peningkatan. Metode ATC-40 dan FEMA 440 menunjukkan hasil dan kesimpulan yang sama terkait *base shear* dan *target displacement* yang terbentuk dari ketiga permodelan.

### 3.3. Penentuan Level Kinerja Struktur (ATC-40 & FEMA 440)

Level kinerja struktur ditentukan berdasarkan nilai *maksimum total drift*, yaitu rasio antara *target displacement* terhadap tinggi total struktur atau tinggi bangunan. Tabel 3 dan 4 menunjukkan rekapitulasi level kinerja struktur untuk permodelan SRPM, SG-1 dan SG-2.

**Tabel 3.** Level Kinerja Struktur (ATC-40) arah x

Permodelan	Target Displacement (m)	Tinggi bangunan (m)	Max. Total Drift	Level Kinerja
SRPM	0,067	28	0,0024	IO
SG-1	0,044	28	0,0016	IO
SG-2	0,047	28	0,0017	IO

**Tabel 4.** Level Kinerja Struktur (ATC-40) arah y

Permodelan	Target Displacement (m)	Tinggi bangunan (m)	Max. Total Drift	Level Kinerja
SRPM	0,067	28	0,0024	IO
SG-1	0,041	28	0,0015	IO
SG-2	0,044	28	0,0016	IO

**Tabel 5.** Level Kinerja Struktur (FEMA 440)

Permo delan	Target Displacem ent (m)	arah x		
		Tinggi bangun an (m)	Max. Total Drift	Level Kinerja
SRPM	0,067	28	0,0024	IO
SG-1	0,048	28	0,0017	IO
SG-2	0,048	28	0,0017	IO

**Tabel 6.** Level Kinerja Struktur (FEMA 440)

Permo delan	Target Displacem ent (m)	arah y		
		Tinggi bangun an (m)	Max. Total Drift	Level Kinerja
SRPM	0,067	28	0,0024	IO
SG-1	0,044	28	0,0016	IO
SG-2	0,045	28	0,0016	IO

Dari tabel 3 sampai dengan tabel 6 dapat dilihat bahwa level kinerja permodelan SRPM, SG-1 dan SG-2 dengan menggunakan metode ATC-40 maupun FEMA 440 masuk ke dalam kategori IO (*Immediate Occupancy*) dimana kondisi struktur secara umum masih aman untuk kegiatan operasional segera setelah gempa terjadi. Tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen non-struktur masih berada ditempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan hasil yang hampir sama terkait besarnya nilai *base shear* dan *target displacement* antara metode ATC-40 dan FEMA 440.

Permodelan SRPM mempunyai nilai target displacement terbesar dan base shear terkecil jika dibandingkan dengan permodelan dengan sistem penahan beban laterak dinding geser dan bresing (SG-1 dan SG-2). Sebaliknya, permodelan SG-1 (sistem struktur dengan dinding geser) mempunyai nilai target displacement terkecil dan base shear terbesar. Hal tersebut dikarenakan permodelan SG-1 mempunyai kekakuan yang lebih tinggi dan berat struktur yang paling besar dibandingkan dengan permodelan lainnya, sebaliknya permodelan SRPM mempunyai berat struktur yang paling ringan dan kekakuan yang paling kecil.

Level kinerja setiap permodelan baik menggunakan ATC-40 maupun FEMA 440 untuk ketiga permodelan tergolong kategori IO dimana struktur tidak mengalami kerusakan yang berarti dan aman digunakan untuk kegiatan operasional.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT dan berterima kasih pada semua pihak yang membantu dalam terlaksananya penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Anam, S., Sutriyono, B., & Trimurtiningrum, R. (2020). Studi Perbandingan Kinerja Gedung Beton Bertulang SRPMK 6 Lantai dengan Menggunakan Metode Pushover dan Nonlinier Time History Analysis. *Jurnal "MITSU: Media Informasi Teknik Sipil UNJIA*, 33-41.
- ATC 40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. California: Applied Technology Council
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 03-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 03-1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 03-2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- FEMA 440. 2005. *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington D.C: Federal Emergency Management Agency.
- Hutama, B. P. (2021). Evaluasi Kinerja Bangunan Rumah sakit Santa Maria Pernalang dengan Non-linier Static Pushover Analysis Metode ATC-40 dan FEMA 440. *INERSIA*, 118-129.
- Masbudi, Purwanto, E., & Supriyadi, A. (2015). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung dengan Analisis Pushover (Studi Kasus : Gedung Bedah Sentral Terpadu Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta). *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1056-1064.
- Suwondo, R., & Ashour, S. K. (2014). Seismic Assessment of RC building According to ATC 40, FEMA 356 and FEMA 440. *Arab J Sci Eng*, 7691-7699.

**ANALISIS KINERJA GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN SISTEM  
PENAHAN BEBAN LATERAL DINDING GESER DAN BRESING TERHADAP  
BEBAN GEMPA**

(Retno Trimurtiningrum, Andaryati, Gede S., Nurani H., Gebby R.R.F.F., Elfin N.F.)

---

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan