

# PERFORMA BANGUNAN YANG DIDESAIN MENURUT SNI 1726-2002 DAN SNI 1726-2012 PADA BANGUNAN BERATURAN 7- DAN 3-LANTAI DI WILAYAH SURABAYA PETA GEMPA INDONESIA

Karel Abraham Tantra<sup>1</sup>, Zendy Sutanto<sup>2</sup>, Pamuda Pudjisuryadi<sup>3</sup> dan Benjamin Lumantarna<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Gempa besar yang terjadi di Indonesia belakangan ini, mengakibatkan perubahan pada peraturan gempa Indonesia dari SNI 1726-2002 menjadi SNI 1726-2012. Perubahan pada isi peraturan ini salah satunya mengenai besar respon spektrum desain dimana banyak wilayah menunjukkan peningkatan, salah satunya di Surabaya. Hal ini menimbulkan pertanyaan bagaimana kinerja bangunan yang direncanakan berdasarkan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 jika dianalisa dengan beban gempa riwayat waktu yang disesuaikan dengan respon spektrum sesuai SNI 1726-2012. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan mengevaluasi kinerja bangunan beton bertulang yang direncanakan berdasarkan SNI 1726-2002 pada sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), menengah (SRPMM), dan biasa (SRPMB) dan berdasarkan SNI 1726-2012 dengan sistem SRPMK jika dianalisa dengan beban gempa riwayat waktu yang disesuaikan dengan respon spektrum sesuai SNI 1726-2012, dengan berbagai level gempa sesuai FEMA 356. Penelitian dilakukan pada bangunan beraturan 7 dan 3 lantai di wilayah Surabaya kelas tanah sedang. Kinerja bangunan diuji dengan analisis dinamis *time history nonlinier* menggunakan program SAP2000v.11. Hasil penelitian gedung 3 lantai menunjukkan bangunan yang direncanakan tidak dapat bertahan saat diberikan beban gempa rencana SNI 1726-2012. *Drift ratio* bangunan 7-lantai untuk bangunan SRPMK yang didesain dengan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 menunjukkan performa yang baik saat gempa menurut SNI 1726-2012 diberikan, sedangkan bangunan SRPMM dan SRPMB yang didesain dengan SNI 1726-2002 menunjukan performa yang buruk karena kerusakan getas terjadi pada bagian kolom.

**KATA KUNCI:** gempa, SNI 1726-2002, SNI 1726-2012, sistem rangka pemikul momen biasa, SRPMB, sistem rangka pemikul momen menengah, SRPMM, sistem rangka pemikul momen khusus, SRPMK

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang rawan terhadap gempa, oleh karena itu bangunan yang dibangun di Indonesia harus dipertimbangkan beban gempa yang mungkin terjadi. Apabila gempa terjadi maka bangunan harus dapat bertahan meskipun mengalami kerusakan dengan tujuan untuk meminimalkan korban jiwa. Dari pola pemikiran ini, lahirlah peraturan gempa Indonesia dengan tujuan untuk membantu perencana mendesain bangunan yang telah dipertimbangkan dengan gempa yang mungkin terjadi. Peraturan gempa di Indonesia mulai dibuat dari tahun 1966, 1970, 1981, 1983, 1989, 2002, dan yang terbaru 2012. Berdasarkan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Felix Suwadi dan Lisayuri Limanto (2011) menunjukkan adanya perubahan pada respon spektrum desain. Perubahan terjadi hampir semua pada semua daerah dan banyak yang menunjukkan peningkatan, salah satunya pada Surabaya dengan kelas tanah sedang seperti **Gambar 1**. Hal ini menimbulkan pertanyaan bagaimana kinerja

---

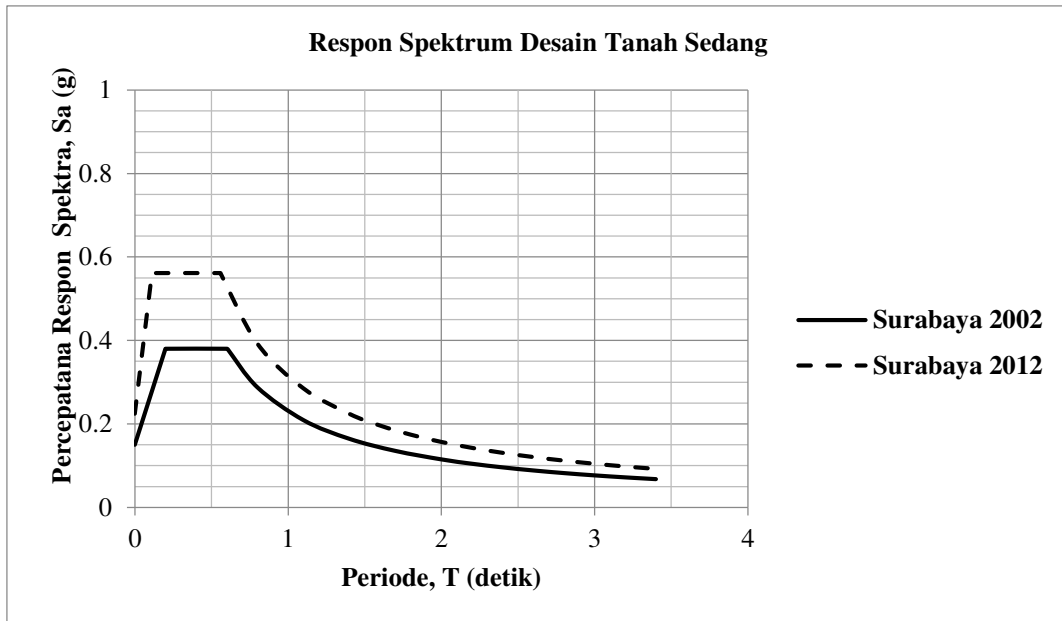
<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, kareltantra@gmail.com

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, zendysutanto1994@gmail.com

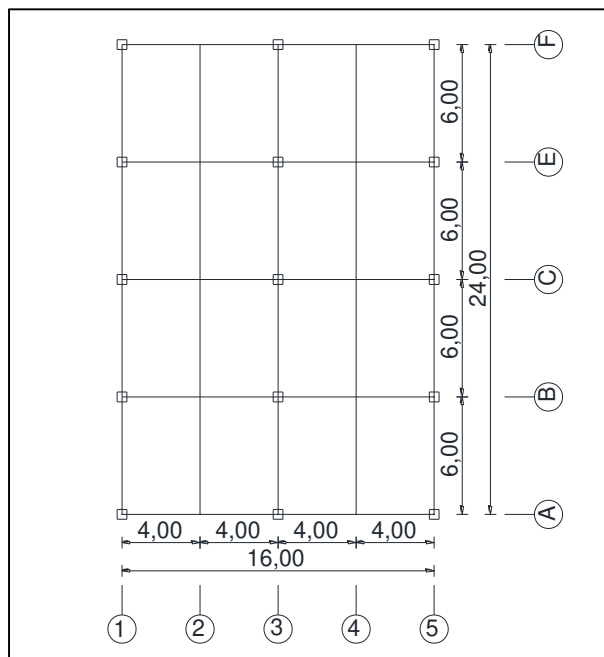
<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, pamuda@petra.ac.id

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, bluman@petra.ac.id

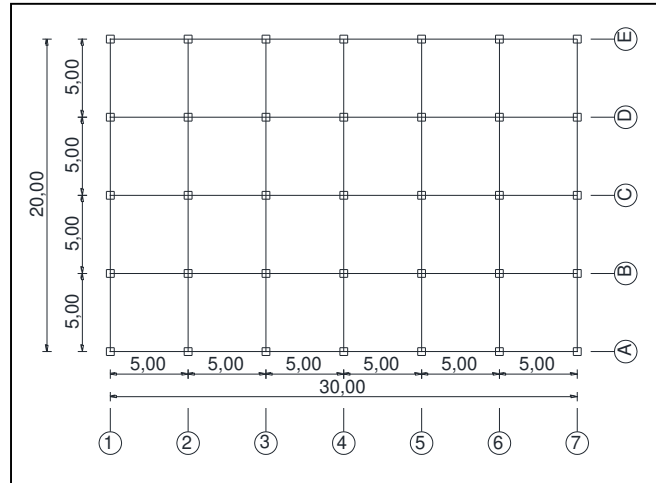
bangunan yang direncanakan berdasarkan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 jika dianalisa dengan beban gempa riwayat waktu yang disesuaikan dengan respon spektrum sesuai SNI 1726-2012. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan mengevaluasi kinerja bangunan beton bertulang yang direncanakan berdasarkan SNI 1726-2002 pada sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), menengah (SRPMM), dan biasa (SRPMB) dan berdasarkan SNI 1726-2012 dengan sistem SRPMK jika dianalisa dengan beban gempa riwayat waktu yang disesuaikan dengan respon spektrum sesuai SNI 1726-2012, dengan berbagai level gempa sesuai FEMA 356. Penelitian ini dilakukan pada bangunan 7 lantai (denah seperti **Gambar 2**) dan 3 lantai (denah seperti **Gambar 3**) pada wilayah Surabaya kelas tanah sedang untuk memberi gambaran kondisi bangunan saat diberikan beban rencana menurut SNI 1726-2012.



**Gambar 1. Respon Spektrum Desain SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 Wilayah Surabaya Kelas Tanah Sedang**



**Gambar 2. Denah Bangunan 7 Lantai**



**Gambar 3. Denah Bangunan 3 Lantai**

## 2. STUDI LITERATUR

### a. Sistem Rangka Penahan Momen Biasa (SRPMB)

Sistem struktur ini dalam perencanaannya menggunakan pasal 1 sampai 22 SNI 03-2847-2002. Dalam perencanaannya pendesainan didasarkan hanya momen kapasitas perencanaan lebih besar daripada momen ultimit yang terjadi.

### b. Sistem Rangka Penahan Momen Menengah (SRPMM)

Sistem struktur ini dalam perencanaannya menggunakan pasal yang diatur dalam bangunan SRPMB dengan syarat tambahan pasal 23.10. Dalam perencanaannya pendesainan mempertimbangkan kemungkinan kerusakan geser yang terjadi sehingga pada perencanaan sengkang diamankan dengan perhitungan kapasitas nominal balok dan kolom.

### c. Sistem Rangka Penahan Momen Khusus (SRPMK)

Sistem struktur ini dalam perencanaannya menggunakan pasal yang diatur dalam bangunan SRPMB dengan syarat tambahan pasal 23.3 sampai 23.5. Desain struktur bangunan menggunakan prinsip *strong coloumn weak beam* sehingga kerusakan bangunan terjadi pada balok terlebih dahulu. Dalam perencanaannya pendesainan juga mempertimbangkan kemungkinan kerusakan geser yang terjadi sehingga pada perencanaan sengkang diamankan dengan perhitungan kapasitas plastis balok dan kolom.

### d. Performance Based Design

*Performance Based Design* (PBD) merupakan pedoman untuk menentukan kinerja bangunan yang dibebani gempa. Terdapat 4 *performance level* menurut FEMA 365 (2000), antara lain:

- *Operational Level* : Pada level ini bangunan masih dalam kondisi elastis dan dapat berfungsi dengan normal.
- *Immediate Occupancy* : Pada level ini bangunan mengalami sedikit kerusakan, dapat dilakukan sedikit perbaikan pada bangunan.
- *Life Safety*: Pada level ini bangunan menerima kerusakan yang cukup besar, tetapi bangunan masih dalam kondisi stabil, keamanan nyawa orang yang ada didalamnya terjamin dan untuk memperbaiki bangunan ini diperlukan biaya yang cukup mahal.
- *Collapse Prevention* : Pada level ini kerusakan bangunan yang diterima sudah parah, tetapi struktur belum runtuh, pada level ini kerusakan sudah parah dan tidak dapat diperbaiki.

Matriks *Performance Based Design* menurut FEMA 365 (2000) dapat dilihat pada **Tabel 1**

**Tabel 1 Matrix Performance Based Design**

<i>Performance Based Design</i>		<i>Performance Level</i>			
Level Gempa	Periode Ulang	<i>Operational Level</i>	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Collapse Prevention</i>
	72 tahun		x	x	x
	225 tahun			x	x
	500 tahun				x
	2500 tahun				
	Drift %	0%	0% - 1%	1% - 2%	2% - 4%

### 3. METODE PENELITIAN

Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Membuat perbedaan antara berbagai sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) menurut SNI 03-2847-2002.
- 2) Melakukan *preliminary design* untuk komponen struktur bangunan.
- 3) Menentukan besar beban mati dan beban hidup berdasarkan SNI 1727:2013.
- 4) Membuat percepatan respon spektrum desain gempa menurut SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 pada wilayah Surabaya dengan kelas tanah sedang.
- 5) Melakukan analisis terhadap gaya dalam bangunan dengan menggunakan SAP 2000 v11.
- 6) Melakukan pengecekan untuk mengetahui penampang dapat digunakan atau tidak. Apabila penampang tidak dapat digunakan maka akan dilakukan *preliminary design* kembali.
- 7) Penghitungan sendi plastis kolom dan balok menggunakan program CUMBIA.
- 8) Menginput hasil perhitungan program CUMBIA kedalam SAP2000v.11.
- 9) Membuat percepatan gempa modifikasi gempa respon desain SNI 1726-2012 dari rekaman gempa El Centro 18 Mei 1940 dengan program RESMAT. Penyesuaian dengan program RESMAT dilakukan sampai didapatkan respon spektrum modifikasi dari gempa El Centro 18 Mei 1940 mendekati respon spektrum desain SNI 1726-2012.
- 10) Percepatan gempa yang terbentuk dipakai untuk mengecek kinerja struktur bangunan dengan metode analisis dinamis *time history nonlinier* menggunakan program SAP2000v.11.
- 11) Melakukan analisis dari sendi plastis dan fungsi *time history* yang sudah diinput pada program SAP2000v.11.
- 12) Membuat tabel *performance based design* untuk setiap bangunan yang diteliti dari data *drift* yang didapat dari program SAP200v.11.
- 13) Melakukan analisa bangunan terhadap pola kerusakan *Beam Side Sway Mechanism*.

### 4. HASIL PERHITUNGAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan analisis *nonlinier time history* dengan program SAP2000 v.11. Evaluasi yang dilakukan menggunakan batasan *drift* menurut FEMA 356 dan posisi lokasi sendi plastis menurut mekanisme kehancuran *Beam Side Sway Mechanism*. Hasil rangkuman dari evaluasi kinerja struktur dari penelitian yang dilakukan, dilihat pada Tabel 2 dengan parameter *drift ratio* berdasarkan FEMA 356. Hasil performa bangunan berdasarkan *drift* saat gempa dengan level gempa 72 tahun terjadi menunjukkan performa yang buruk. Hal ini dikarenakan level gempa 72 tahun yang diujikan lebih tinggi daripada gempa yang dipakai untuk mendesain bangunan (SNI 1726-2002 untuk gedung SRPMK menggunakan gempa periode ulang 500 tahun yang dibagi faktor R=8 atau setara dengan gempa level 25 tahun). Karena beban yang diuji lebih besar daripada perencanaan maka terjadi sendi plastis pada elemen struktur yang mengakibatkan *drift* permanen pada struktur, sedangkan *Performance Level* yang

dijijinkan untuk level gempa 72 tahun adalah *Operational Performance* dimana tidak terjadi *drift* permanen pada struktur. Sedangkan pada gedung 7 lantai dengan jenis rangka SRPMK dengan level gempa 225 dan 500 tahun menunjukkan kinerja yang lebih baik.

**Tabel 2. Hasil Rangkuman Matriks *Performance* Berdasarkan *Drift Ratio***

Bangunan	Level Gempa (Tahun)	Kinerja Berdasarkan <i>Drift</i>			
		SRPMK12	SRPMK02	SRPMM02	SRPMB02
7 Lantai	72	Tidak Baik	Tidak Baik	Tidak Baik	Tidak Baik
	225	Baik	Baik		
	500	Baik	Baik		
	2500	Tidak Baik	Tidak Baik		
3 Lantai	72	Tidak Baik	Tidak Baik	Tidak Baik	Tidak Baik
	225				
	500				
	2500				

Rangkuman dari hasil kinerja bangunan berdasarkan mekanisme kerusakan *Beam Side Sway Mechanism* dapat dilihat pada Tabel 3. *Beam Side Sway Mechanism* mensyaratkan pola kerusakan sendi plastis yang baik hanya terjadi pada bagian balok dan kolom pada bagian pondasi saja.

**Tabel 3. Hasil Rangkuman Matriks *Performance* Berdasarkan *Beam Side Sway Mechanism***

Bangunan	Level Gempa (Tahun)	Kinerja Berdasarkan <i>Beam Side Sway Mechanism</i>			
		SRPMK12	SRPMK02	SRPMM02	SRPMB02
7 Lantai	72	Baik	Baik	Baik	Baik
	225	Baik	Baik	Tidak Baik	Tidak Baik
	500	Baik	Tidak Baik		
	2500	Tidak Baik	Tidak Baik		
3 Lantai	72	Baik	Baik	Baik	Baik
	225	Tidak Baik	Tidak Baik	Tidak Baik	Tidak Baik
	500				
	2500				

Pada bangunan sistem rangka penahan momen khusus (SRPMK) terlihat bahwa faktor pembesaran kolom sebesar 6/5 momen kapasitas nominal balok dapat menjamin sendi plastis terjadi pada balok terlebih dahulu. Tetapi faktor ini tidak dapat menjamin kerusakan pada kolom tidak terjadi. Sedangkan pada bangunan sistem rangka penahan momen menengah (SRPMM) dan biasa (SRPMB) karena tidak diberi faktor pembesaran kolom sebesar 6/5 momen kapasitas nominal balok, kerusakan sendi plastis dapat terjadi pada kolom yang pada balok disekitarnya belum terjadi sendi plastis. Selain itu pada kedua sistem rangka ini, kerusakan getas terjadi pada kolom dikarenakan jarak sengkang yang kurang rapat agar kolom dapat berperilaku *ductile*.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian dilakukan pada gedung 7 lantai dan 3 lantai yang didesain berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2002 di wilayah Surabaya peta gempa Indonesia yang dianalisis dengan menggunakan beban gempa modifikasi El Centro 1940 (sesuai SNI 1726-2012). Berdasarkan hasil *drift ratio* bangunan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bangunan 7 lantai SRPMK12 dan SRPMK02 menunjukkan kinerja yang baik pada level gempa 225 dan 500 tahun. Sedangkan pada level gempa 72 dan 2500 tahun menunjukkan kinerja yang tidak baik.
2. Bangunan 7 lantai SRPMM02 dan SRPMB02 menunjukkan kinerja yang tidak baik pada setiap level gempa yang diujikan.
3. Bangunan 3 lantai SRPMK12, SRPMK02, SRPMM02 dan SRPMB02 menunjukkan kinerja yang tidak baik pada setiap level gempa yang diujikan.

Sedangkan kinerja bangunan 7 dan 3 lantai berdasarkan pola keruntuhan *Beam Side Sway Mechanism* menunjukkan hasil dapat ditarik kesimpulan seperti berikut:

1. Bangunan 7 lantai SRPMK12 menunjukkan kinerja yang baik pada level gempa 72, 225 dan 500 tahun. Sedangkan pada level gempa 2500 tahun menunjukkan kinerja yang tidak baik.
2. Bangunan 7 lantai SRPMK12 menunjukkan kinerja yang baik pada level gempa 72 dan 225 tahun. Sedangkan pada level gempa 500 dan 2500 tahun menunjukkan kinerja yang tidak baik.
3. Bangunan 7 lantai SRPMM02 dan SRPMB02 menunjukkan kinerja yang tidak baik pada level gempa 225, 500 dan 2500 tahun.
4. Bangunan 3 lantai SRPMK12, SRPMK02, SRPMM02 dan SRPMB02 menunjukkan kinerja yang baik pada level gempa 72 tahun sedangkan pada level gempa 225, 500 dan 2500 tahun menunjukkan kinerja yang tidak baik.

## SARAN

Saran yang dapat diberikan dengan melihat kinerja struktur yang diteliti, yaitu besar momen pembesar kolom pada sistem rangka SRPMK sebesar 6/5 momen kapasitas balok perlu ditinjau ulang untuk menjamin tidak terjadi kerusakan pada kolom. Selain itu perlu diteliti kembali syarat tulangan positif  $\rho'/\rho=0.5$  pada elemen balok dengan besar momen gempa yang dominan sudah mencukupi atau belum (pada saat penelitian terlihat pada bangunan 3 lantai yang memiliki bentang pendek, terjadi kerusakan balok akibat momen balok berbalik arah dari momen negatif menjadi momen positif pada daerah tumpuan).

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-1726-2002.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727:2013. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Computer and Structures, Inc. (2007). *CSI Analysis Reference Manual for Sap2000, ETABS, and SAFE*. Berkeley, California, USA.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2011). *PGA Calculator*, available from URL : <http://www.pusair-pu.go.id/pgacal/>

- FEMA356. (2000). *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Suwadji, F. dan Limanto, L. (2011). “*Studi Awal ASCE 7-10 Sebagai Standard Perencanaan Ketahanan Gempa di Indonesia dengan Studi Kasus Sistem Ganda Dinding Geser Beton Bertulang Khusus dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Beton Bertulang*”, Tugas Akhir. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.