

EVALUASI KINERJA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS SNI 2847-2013 PADA STRUKTUR DENGAN GEMPA DOMINAN

Giovanni Jonathan¹, Otniel Gandawidjaja², Pamuda Pudjisuryadi³, Benjamin Lumantarna⁴

ABSTRAK : Dalam mendesain bangunan, Indonesia memiliki peraturan-peraturan yaitu SNI 03-2847-2013 dan SNI 1726-2012. Pada penelitian sebelumnya, didapatkan masalah pada bangunan yang telah didesain sesuai dengan SNI 03-2847-2002, namun tidak dapat bertahan ketika diuji dengan gempa rencana SNI 1726-2012, dan kegagalan pada struktur tersebut diperkirakan akibat beban gempa dominan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kembali peraturan tersebut, khususnya pada struktur dengan gempa dominan. Bangunan 3-lantai, diasumsikan sebagai ruko, pada penelitian sebelumnya merupakan bangunan dasar yang akan dimodifikasi menjadi beberapa varian dan akan digunakan sebagai studi kasus. Kinerja bangunan diuji dengan analisis *Time History* nonlinier. Hasil penelitian ini menunjukkan gempa dominan bukan merupakan penyebab utama kegagalan bangunan.

KATA KUNCI : SNI 03-2847-2103, SNI 1726-2012, beton bertulang, gempa dominan, *Time History*.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang rawan terhadap gempa, maka perencanaan bangunan di Indonesia harus memperhitungkan kemungkinan terjadinya gempa. Hal ini ditujukan supaya apabila terjadi gempa, maka bangunan yang ada dapat bertahan atau hanya mengalami kerusakan, tetapi tidak *collapse* sehingga dapat meminimalkan korban jiwa yang ada.

Berdasarkan referensi (Tantra dan Sutanto, 2015), penelitian tentang performa bangunan yang didesain menurut SNI 1726-2002 yang diuji kembali dengan SNI 1726-2012, ditemukan adanya suatu masalah yaitu kegagalan pada balok eksterior portal lantai 1 yang diperkirakan akibat dari gempa dominan. Hal ini diperkirakan menjadi penyebab rusaknya bangunan dan berkaitan dengan faktor modifikasi respon (R) yang terlalu besar pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, yaitu 8.

Masalah yang terjadi yaitu beban gempa ini menghasilkan momen positif yang besar pada *joint* kolom-balok sehingga tulangan positif yang sudah didesain berdasarkan peraturan pun tidak kuat menahan momen tersebut. Hal ini menjadi dasar penelitian bahwa diperkirakan peraturan yang ada tidak cukup aman untuk semua kasus. Oleh karena itu, penelitian ini menyelidiki kinerja bangunan yang gagal akibat gempa dominan dengan mencoba berbagai macam varian (hasil modifikasi dari bangunan pada penelitian sebelumnya). Dalam penelitian ini digunakan beban gempa El Centro yang dimodifikasi pada wilayah gempa paling rawan di Indonesia, Jayapura, dengan kelas situs tanah E dengan tujuan agar dapat mengetahui kondisi yang paling rawan sehingga kita dapat menentukan langkah apa saja yang perlu dilakukan untuk mengatasi hal tersebut.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, giovannijonath@gmail.com

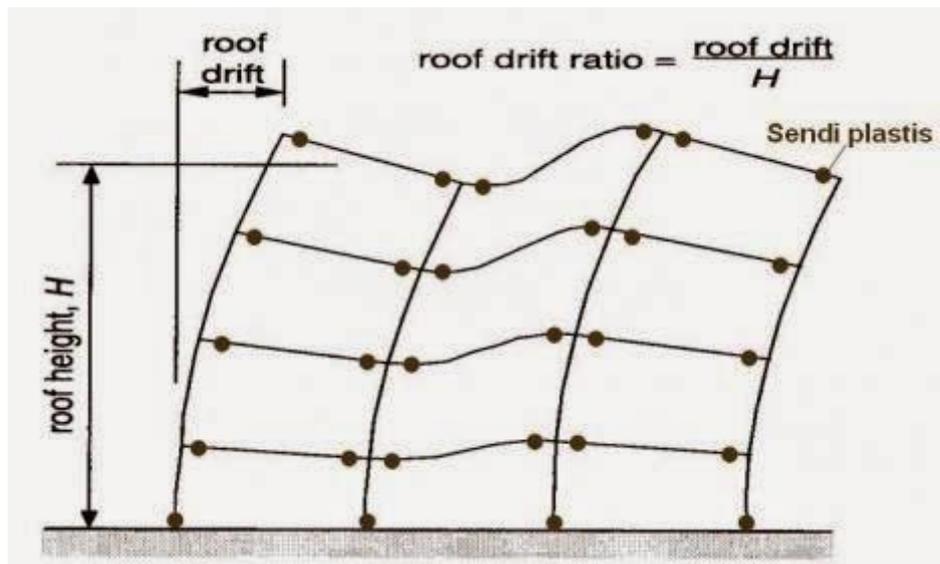
²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, otnielganda@yahoo.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, pamuda@petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, bluman@petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

Capacity Design SRPMK mempunyai konsep utama yaitu “*strong column weak beam*”, konsep ini bertujuan agar terjadi *Beam Side Sway Mechanism* dapat dilihat pada **Gambar 1**. Perencanaan kolom didasarkan pada kapasitas momen balok yang dihitung dari momen actual balok. Saat gempa terjadi, struktur akan melampaui tingkat elastis, dan akan muncul sendi-sendi plastis. Lokasi sendi plastis yang diijinkan adalah pada ujung-ujung balok dan kolom lantai dasar saja. Agar tidak terjadi sendi plastis pada kolom, maka kolom harus didesain lebih kuat daripada balok dengan harapan sendi plastis terjadi lebih dahulu pada ujung-ujung balok. Oleh karena kekuatan kolom harus lebih kuat daripada balok (“*strong column weak beam*”), maka perencanaan kolom baru dapat dilakukan setelah perencanaan balok.



Gambar 1. Pola Keruntuhan “Strong Column Weak Beam”

Analisis *Time History* adalah suatu cara untuk menentukan respons dinamik struktur yang berperilaku elastis penuh (linier) maupun elasto plastis (non-linier) terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana sebagai data masukan, dimana respon dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metode integrasi langsung.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdapat 5 bangunan, bangunan 1 merupakan bangunan 3 lantai dengan model yang sama dengan bangunan pada penelitian sebelumnya. 4 bangunan lainnya merupakan modifikasi dari bangunan 1:

- Menambah 1 portal ke arah X dan Y
- Menambah jumlah lantai menjadi 7 lantai
- Menambah tinggi kolom menjadi 4,5 meter tiap lantai
- Memperpanjang bentang balok menjadi 7 meter

Struktur utama semua bangunan merupakan beton bertulang dengan ukuran plat setebal 12 cm.

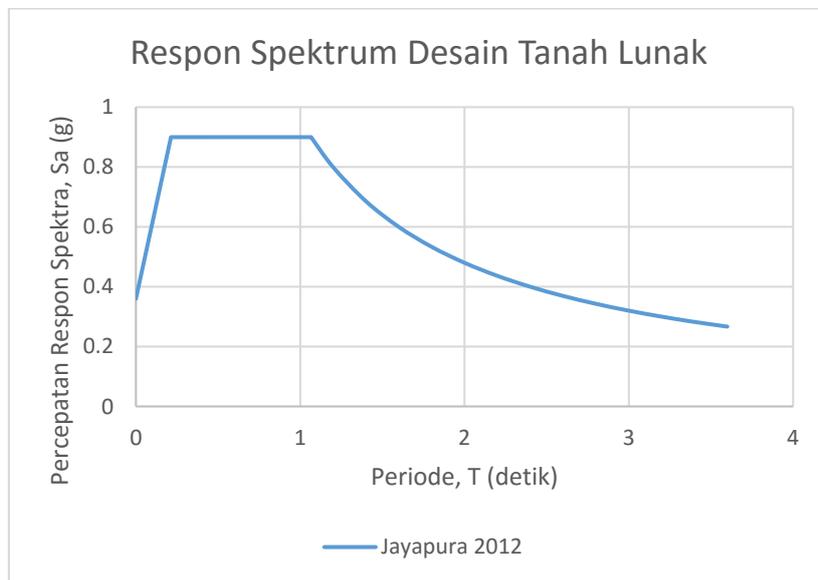
Dalam penelitian ini, dimensi kolom dan balok tidak boleh ada rasio tuangan minimum pada seluruh kolom. Untuk mencapai kriteria desain tersebut, dilakukan serangkaian *trial and error* dimensi kolom dan balok bangunan 1, begitu pula dengan ke-4 bangunan lainnya.

Penelitian ini menggunakan acuan dari SNI 1327:2013 untuk nominal beban mati yang harus diperhitungkan. **Tabel 1** berikut memperlihatkan nominal-nominal beban mati terhitung.

Tabel 1. Nominal Beban Mati dan Hidup

Jenis	Beban
Beban Mati Tambahan Lantai	125 kg/m ²
Beban Mati Tambahan Atap	125 kg/m ²
Beban Tembok	900 kg/m'
Beban Hidup Plat Lantai	250 kg/m ²
Beban Hidup Plat Atap	250 kg/m ²

Pembebanan gempa pada bangunan di penelitian ini dilakukan secara *respons spectrum*. Perhitungan beban *respons spectrum* diambil dari *respons spectrum* gempa rencana wilayah Jayapura Peta Gempa Indonesia berdasarkan SNI 03-1726-2012 yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Respon Spektrum Gempa Rencana di Wilayah Jayapura Peta Gempa Indonesia Berdasarkan SNI 1726-2012

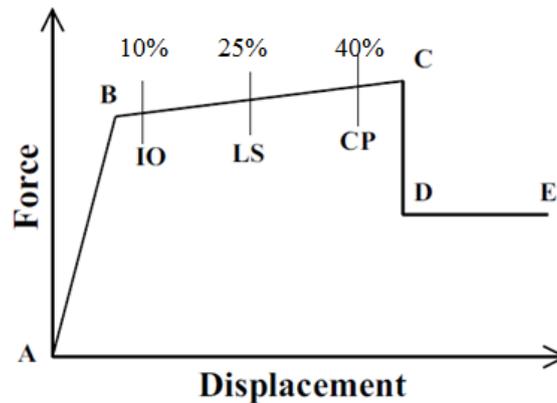
Penghitungan dengan menggunakan respon spektrum untuk seluruh bangunan menggunakan SNI 03-1726-2012 pasal 7.9. Dalam peraturan ini hasil *base shear* respon spektrum dibandingkan dengan 85% *base shear static* ekuivalen. Nilai yang diambil untuk perhitungan ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai yang Dipakai untuk Perhitungan

Keterangan	SPRMK SNI 03-1726-2012
R max/digunakan	8/8
Klasifikasi Tanah	Site E
ρ'/ρ	1/2

Penelitian ini menggunakan program CUMBIA untuk mendapatkan kapasitas lentur berupa grafik *moment-curvature* dan kapasitas geser berupa grafik *force-displacement*. Kemudian grafik tersebut disederhanakan menjadi bentuk grafik *bilinear*. Grafik *bilinear* inilah yang menjadi *input* dari *hinge*

properties untuk balok maupun kolom pada program SAP2000 v15. Pendefinisian grafik bilinear dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Hubungan Force-Displacement untuk Desain Sendi Plastis

Titik-titik A, B, C, D, dan E memiliki definisi sebagai berikut:

- Titik A → Titik dimana penampang belum menerima pembebanan.
- Titik B → Titik dimana penampang mengalami leleh pertama kali.
- Titik C → Titik dimana penampang berada pada kondisi *ultimate*.
- Titik D → Titik dimana penampang memasuki batas *residual strength*.
Diambil dari ekstrapolasi nilai C sebesar 1.01
- Titik E → Titik dimana penampang memasuki batas *total failure*
Diambil dari ekstrapolasi nilai C sebesar 1.02

Gempa yang dipakai menguji adalah gempa El-Centro 18 Mei 1940 yang dimodifikasi sesuai dengan respon spektrum Jayapura. Untuk mendapatkan gempa sintetis tersebut menggunakan bantuan program RESMAT. Dalam penelitian ini gempa yang digunakan sama dengan gempa pada penelitian sebelumnya (Intan & Valentino, 2015).

Pemodelan struktur untuk analisis dinamis *Nonlinear Time History* disesuaikan dengan pemodelan yang digunakan untuk analisis struktur, termasuk asumsi pemodelan yang digunakan, serta beban-beban yang bekerja pada struktur gedung tersebut. Analisa memakai bantuan program SAP2000 v15 dengan periode ulang 2500 tahun dan $2/3$ kali 2500 tahun. Untuk beban gravitasi diasumsikan dengan kombinasi $1D+0.5L$.

4. HASIL DAN ANALISIS

Hasil perencanaan struktur untuk tulangan yang terpasang merupakan tulangan yang paling dekat dengan tulangan perhitungan secara teoritis. Dimensi dipilih sedemikian rupa agar hasil desain tulangan tidak sampai lebih kecil dari syarat minimum yang diatur SNI 03-2847-2013.

Pada semua bangunan dilakukan pembebanan secara dinamis yang berlangsung selama 20 detik. Tetapi pada saat melakukan analisis *Time History* pada program SAP2000v.15 terdapat bangunan yang perhitungannya berhenti secara otomatis sebelum 20 detik. Hal ini dikarenakan struktur bangunan sudah mengalami kegagalan yang mengakibatkan konvergensi pada perhitungan tidak dapat ditemukan.

Hasil analisis *Time History* dari program SAP2000v.15 berupa pola keruntuhan dan lokasi sendi plastisnya. Pola keruntuhan bangunan dianalisa dengan prinsip *strong column weak beam*. Diharapkan dengan prinsip ini terjadi *beam side sway mechanism*. Pola keruntuhan ini ditentukan dengan melihat balok mengalami plastis sebelum kolomnya untuk setiap *joint*. Bangunan dinilai punya kinerja yang baik apabila tidak terjadi sendi plastis pada kolom.

Untuk menyederhanakan hasil dari evaluasi kinerja struktur dari penelitian yang dilakukan, rangkuman waktu gagal pertama, letak kegagalannya, serta tulangan yang gagal dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Rangkuman Waktu Kegagalan Pertama, Letak Kegagalan, dan Tulangan yang Gagal

Bangunan	Level Gempa (Tahun)	Arah	Poin Penilaian		
			Waktu Kegagalan Pertama (Detik)	Letak Kegagalan	Kegagalan Akibat Tulangan
1	2/3 kali 2500	X	2.58	Balok Eksterior Lt.1	(+)
		Y	2.58	Balok Eksterior Lt.1	(-)
	2500	X	1.76	Balok Eksterior Lt.1	(-)
		Y	1.76	Balok Eksterior Lt.1	(-)
2	2/3 kali 2500	X	2.22	Balok Interior Lt. 3	(+)
		Y	2.12	Balok Eksterior Lt. 2	(+)
	2500	X	2.12	Balok Eksterior Lt. 2 & 3	(+)
		Y	2.12	Balok Eksterior Lt. 2 & 3	(+)
3	2/3 kali 2500	X	-	-	-
		Y	-	-	-
	2500	X	9.92	Kolom Corner Lt. 1	-
		Y	9.9	Kolom Corner Lt. 1	-
4	2/3 kali 2500	X	19.72	Kolom Eksterior Lt. 1	-
		Y	16.08	Kolom Eksterior Lt. 1	-
	2500	X	12.12	Kolom Eksterior Lt. 1	-
		Y	12.58	Kolom Eksterior Lt. 1	-

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis di atas, beberapa hal yang dapat disimpulkan dan disarankan:

1. Beban gempa dominan bukan penyebab utama kegagalan bangunan. Jika dilihat perbandingan beban gempa dan mati seharusnya kerusakan terbesar terdapat pada bangunan 3 karena memiliki perbandingan terbesar, tetapi bangunan tersebut memiliki kinerja paling baik bila dibandingkan dengan bangunan lainnya. Sebaliknya pada bangunan 5 yang memiliki perbandingan paling kecil, tetapi memiliki kinerja yang buruk.
2. Peraturan pada SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2.2, tentang tulangan harus memenuhi syarat bahwa tulangan untuk momen positif harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif ($\rho'/\rho=0.5$), tidak dapat dievaluasi karena pada bangunan 1 periode 2500 tahun kegagalan pertama terjadi pada tulangan negatif.
3. Program CUMBIA perlu dievaluasi kestabilan programnya karena pada percobaan sederhana, hasil menunjukkan pola berbeda pada dimensi yang berbeda.
4. Faktor pembesar kolom (6/5 kali momen nominal balok) kurang besar karena hanya dapat menjamin sendi plastis terjadi pada balok terlebih dahulu, tetapi tidak menjamin kolom tidak mengalami sendi plastis. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui faktor pembesaran kolom yang seharusnya minimal untuk mencegah kolom plastis.

6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-1726-2012. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727:2013. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2013. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Computer and Structures, Inc. (2007). *CSI Analysis Reference Manual for Sap2000, ETABS, and SAFE*. Berkeley, Author, California
- FEMA356. (2000). *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.
- Intan, R.P. & Valentino, A. (2015). *Evaluasi Kinerja Direct Displacement Based Design pada Bangunan Beraturan untuk Beberapa Level Gempa*. Skripsi No: 11012067/SIP/2015. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Tantra, K.A. & Sutanto, Z. (2015). *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*. Skripsi No: 11012063/SIP/2015. Universitas Kristen Petra, Surabaya.