

EVALUASI SNI 1726:2012 PASAL 7.2.5.1 MENGENAI DISTRIBUSI GAYA LATERAL TERHADAP KEKAKUAN DAN KEKUATAN PADA SISTEM GANDA SRPMK DAN SRBKK

Andreas Jaya¹, Hary Winar², Hasan Santoso³ dan Pamuda Pudjisuryadi⁴

ABSTRAK : Umumnya dikenal dua sistem yang sering digunakan untuk menahan gaya gempa, yaitu sistem tunggal dan sistem ganda. Pada sistem ganda harus memenuhi syarat yang diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 di mana sistem rangka pemikul momen harus mampu menahan minimal 25% gaya lateral yang proporsional terhadap kekakuannya. Penelitian ini akan meninjau performa bangunan dengan SRPM yang memikul 25% gaya lateral (skenario 1) dan bangunan dengan SRPM yang memikul kurang dari 25% gaya lateral (skenario 2), tetapi memperbesar gaya gempa dengan suatu faktor untuk memenuhi syarat 25% tersebut. Sistem ganda yang digunakan berupa SRPMK dan SRBKK pada tiga bangunan yang direncanakan dengan beban respons spektrum kota Jayapura menurut SNI 1726:2012. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah performa bangunan yang didesain terhadap kekuatan (skenario 2) lebih baik dibandingkan performa bangunan yang didesain terhadap kekakuan (skenario 1). Hasil yang diperoleh adalah bangunan yang didesain terhadap kekakuan (skenario 1) cenderung lebih tahan terhadap gempa dan kerusakan yang terjadi lebih sedikit dibandingkan pada bangunan yang didesain terhadap kekuatan (skenario 2).

KATA KUNCI: sistem ganda, 25%, SRPMK, SRBKK, skenario 1, skenario 2, kekuatan, kekakuan.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang cukup rawan terkena gempa. Beban gempa adalah salah satu beban yang harus diperhitungkan jika kita mendesain suatu bangunan di daerah yang rawan gempa. Dalam Standar Nasional Indonesia 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, ada 84 macam sistem penahan gempa yang dapat digunakan. Sistem tersebut terdiri dari sistem tunggal dan sistem ganda. Khusus untuk sistem ganda, baik sistem rangka pemikul momen dengan rangka bresing maupun sistem rangka dengan dinding geser, SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 mensyaratkan rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Telah ditinjau sebelumnya pada penelitian Pical dan Pangestu (2016) bahwa di dalam ASCE 2010 pasal 12.2.5.1 yang merupakan referensi dari SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, berisi sebagai berikut “*For a dual system, the moment frames shall be capable of resisting at least 25 percent of the design seismic forces. The total seismic force resistance is to be provided by the combination of the moment frames and the shear walls or braced frames in proportion to their rigidities*” (ASCE 2010 12.2.5.1). Tetapi kemudian dilakukan peninjauan terhadap FEMA 451 dan FEMA 356. Ternyata pada FEMA 451 dikatakan bahwa syarat 25% gaya lateral dilakukan terhadap kekuatan dari sistem rangka dan pada FEMA 356 dikatakan bahwa syarat 25% gaya lateral dilakukan terhadap proporsi kekakuan sistem rangka. Adanya ketidakseragaman peraturan tersebut membuat Pical dan Pangestu (2016) melakukan penelitian untuk menyimpulkan peraturan manakah yang akan menghasilkan bangunan dengan perilaku lebih baik. Dalam penelitian Pical dan Pangestu (2016) telah dibuat 2 jenis skenario desain bangunan yang akan menjadi pokok perbandingan masing-masing peraturan. Skenario 1 / S1 adalah skenario desain bangunan dengan distribusi base

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, andreasjk@outlook.com.

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, harywinar@gmail.com.

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

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

shear harus mencapai 25% dari total base shear. Skenario 2 / S2 adalah skenario desain bangunan dengan mengalikan gaya gempa yang terjadi dengan suatu faktor.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Respon Spektrum

Respon spektrum menggunakan sebuah kurva respon dengan periode getar struktur T (sumbu x) dan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu (sumbu y). Respon spektrum desain ditentukan dengan parameter respon ragam yang disesuaikan dengan klasifikasi situs di mana bangunan tersebut akan dibangun kemudian dibagi dengan kuantitas R/I . (Departemen Pekerjaan Umum, 2012).

2.2. Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK)

SRBKK merupakan sistem rangka di mana bagian-bagiannya tersambung secara konsentrik. Sistem ini diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar akibat gaya gempa rencana. SRBKK memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi daripada tingkat daktilitas Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB) mengingat penurunan kekuatannya yang lebih kecil pada saat terjadinya tekuk pada batang bresing tekan.

2.3. Sistem Rangka Penahan Momen Khusus (SRPMK)

Sesuai pasal 17.7-6 SNI 03-1729-2002 dalam mendesain SRPMK, persyaratan yang harus dipenuhi selain kapasitas profil, yaitu ketentuan *strong column weak beam*. Persyaratan ini bertujuan agar tidak terjadi kegagalan pada kolom melainkan balok yang leleh terlebih dahulu.

2.4. Sistem Ganda

Pasal 7.2.5.1. SNI 1726:2012 mensyaratkan pada penggunaan sistem ganda, SRPM harus mampu menahan minimal 25% dari gaya gempa desain.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan urutan sebagai berikut:

1. Melakukan *preliminary design* dan pemodelan struktur menggunakan Etabs v15.2.2. Digunakan tiga model bangunan dengan dua macam skenario pengerjaan yang berbeda agar mencapai syarat 25% untuk tiap-tiap bangunan. Skenario pertama dengan melakukan *preliminary design* hingga persentase gaya yang diterima SRPMK mencapai 25%. Perhitungan persentase gaya yang diterima SRPMK dihitung dengan **Persamaan 1**. Skenario kedua dilakukan dengan mengalikan sebuah faktor yang didapat dari **Persamaan 2** terhadap gaya gempa sehingga mencapai syarat 25%. Penamaan dan keterangan bangunan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

$$\%SRPMK = \frac{\text{base reactions SRPMK}}{\text{base reactions Total}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Faktor} = \frac{25}{\% SRPMK} \quad (2)$$

Tabel 1. Kode Penamaan Bangunan

Kode Bangunan	Makna Kode
31J12	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Jayapura, 12 lantai
52J12	Bangunan 5 Bentang 2 SRBKK, pada wilayah gempa Jayapura, 12 lantai
52J20	Bangunan 5 Bentang 2 SRBKK, pada wilayah gempa Jayapura, 20 lantai

2. Ditentukan beban – beban yang terjadi, termasuk beban respon spektrum gempa.
3. Dilakukan *capacity design* sesuai dengan syarat SRPMK dan SRBKK.
4. Pemeriksaan *drift* bangunan. Apabila tidak terpenuhi dilakukan *redesign*.
5. Evaluasi kinerja bangunan dengan *nonlinear time history analysis* dengan ETABS v15.2.2
6. Evaluasi distribusi gaya lateral yang terjadi.

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1. Dimensi Profil

Dimensi profil yang digunakan memenuhi syarat *capacity design* baik dalam perencanaan SRPMK dan SRBKK. Profil yang digunakan adalah *H-Beam* (H) dan *Wide Flange* (WF). Ukuran profil yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 2.** s.d. **Tabel 4.**

Tabel 2. Dimensi Profil Balok yang Digunakan

Model Bangunan	Lantai	Balok Induk Eksterior	Balok Induk Interior	Balok Anak Menerus
31J12-S1	1 – 6	WF - 450.200.9.14	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
31J12-S2		WF - 450.200.9.14	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
52J12-S1		WF - 450.200.9.14	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
52J12-S2		WF - 450.200.9.14	WF - 450.200.9.14	WF - 294.200.8.12
52J20-S1	1 - 10	WF - 588.300.12.20	WF - 600.200.11.17	WF - 294.200.8.12
52J20-S2		WF - 588.300.12.20	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
31J12-S1	7 - 12	WF - 400.200.8.13	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
31J12-S2		WF - 400.200.8.13	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
52J12-S1		WF - 450.200.9.14	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
52J12-S2		WF - 450.200.9.14	WF - 400.200.8.13	WF - 294.200.8.12
52J20-S1	11 - 20	WF - 500.200.10.16	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12
52J20-S2		WF - 500.200.10.16	WF - 500.200.10.16	WF - 294.200.8.12

Tabel 3. Dimensi Profil Kolom yang Digunakan

Model Bangunan	Lantai	Kolom Eksterior	Kolom Interior
31J12-S1	1 - 6	H - 498.432.45.70	WF - 1032.408.29,5.52
31J12-S2		H - 498.432.45.70	H - 498.432.45.70
52J12-S1		H - 498.432.45.70	H - 498.432.45.70
52J12-S2		H - 498.432.45.70	H - 458.417.30.50
52J20-S1	1 - 10	H - 508.462.75.75	H - 498.432.45.70
52J20-S2		H - 508.462.75.75	H - 458.417.30.50
31J12-S1	7 - 12	H - 428.407.20.35	WF - 1032.408.29,5.52
31J12-S2		H - 428.407.20.35	H - 498.432.45.70
52J12-S1		H - 428.407.20.35	H - 498.432.45.70
52J12-S2		H - 428.407.20.35	H - 428.407.20.35
52J20-S1	11 - 20	H - 458.417.30.50	H - 458.417.30.50
52J20-S2		H - 458.417.30.50	H - 458.417.30.50

Tabel 4. Dimensi Profil Bresing yang Digunakan

Model Bangunan	Lantai	Profil
31J12-S1	1 - 12	H - 250.250.9.14
31J12-S2	1 - 12	H - 250.250.9.14
52J12-S1	1 - 12	H - 250.250.9.14
52J12-S2	1 - 12	H - 250.250.9.14
52J20-S1	1 - 20	H - 300.300.10.15
52J20-S2	1 - 20	H - 300.300.10.15

4.2. Distribusi Gaya

Hasil Distribusi Gaya dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Persentase Gaya Lateral yang Diterima SRPMK

Model Bangunan	Arah	
	X (%)	Y (%)
31J12-S1	25.08	25.08
31J12-S2	17.59	17.59
52J12-S1	27.29	27.29
52J12-S2	20.69	20.69
52J20-S1	26.04	26.04
52J20-S2	19.18	19.18

4.3. Drift Ratio

Hasil *drift ratio* dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. *Drift Ratio* Maksimum

Model Bangunan	Gempa (tahun)	Drift Ratio (%)
31J12 - S1	2500	3,2507
31J12 - S2	2500	3,4946
52J12 - S1	2500	3,0578
	500	2,0505
52J12 - S2	2500	3,8914
	500	2,6003
52J20 - S1	2500	0,8101
	500	1,1916
	100	1,175
52J20 - S2	2500	0,752
	500	1,0802
	100	0,756

4.4. Displacement

Hasil *displacement* dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. *Displacement* Maksimum

Model Bangunan	Gempa (tahun)	Displacement (mm)
31J12 - S1	2500	246,319
31J12 - S2	2500	261,381
52J12 - S1	2500	269,95
	500	219,532
52J12 - S2	2500	359,459
	500	199,099
52J20 - S1	2500	477,274
	500	475,821
	100	363,079
52J20 - S2	2500	473,931
	500	353,285
	100	410,521

4.5. Lokasi Sendi Plastis

Lokasi terjadinya sendi plastis dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Lokasi Terjadinya Sendi Plastis

Model Bangunan	Gempa (tahun)	Eksterior	Interior
31J12 - S1	2500	Bresing Balok Induk	Balok Induk
31J12 - S2	2500	Bresing Balok Induk	Balok Induk
52J12 - S1	2500	Bresing Balok Induk	Balok Induk
	500	Bresing Balok Induk	Balok Induk
52J12 - S2	2500	Bresing Balok Induk	Balok Induk
	500	Bresing Balok Induk	Balok Induk
52J20 - S1	2500	Bresing Balok Induk	-
	500	Bresing Balok Induk	-
	100	Bresing Balok Induk	-
52J20 - S2	2500	Bresing Balok Induk	-
	500	Bresing Balok Induk	-
	100	Bresing	-

4.6. Acceptance Criteria

Acceptance Criteria tiap bangunan mengacu pada FEMA 356 dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Acceptance Criteria Bangunan Berdasarkan Drift Ratio

Model Bangunan	Gempa (tahun)	Time (detik)	Immediate Occupancy	Life Safety Limit State	Collapse Prevention Limit State	Unacceptable Limit State
31J12 - S1	2500	30				3,2507
31J12 - S2	2500	30				3,4946
52J12 - S1	2500	5.464				3,0578
	500	30				2,0505
52J12 - S2	2500	5.868				3,8914
	500	30				2,6003
52J20 - S1	2500	2.636		0,8101		
	500	4.452		1,1916		
	100	5.506		1,175		
52J20 - S2	2500	1.684		0,752		
	500	2.880		1,0802		
	100	4.384		0,756		
Drift Ratio Max (%)			< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 2.0	> 2.0

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa kebanyakan bangunan yang didesain terhadap skenario 1 memiliki performa yang lebih baik terhadap gempa karena bisa bertahan lebih lama dibandingkan bangunan yang didesain terhadap skenario 2. Bangunan yang didesain terhadap skenario 2 memiliki kerusakan yang lebih fatal dibandingkan bangunan yang didesain terhadap skenario 1 jika dilihat pada detik yang sama. Desain dengan skenario 1 lebih dianjurkan dalam penelitian ini sebab selain menghasilkan performa yang lebih baik, persentase perbedaan berat dengan skenario 2 juga tidak terlalu signifikan ($<3\%$) dan desain bangunan dengan skenario 2 juga terbilang cukup sulit mengingat masih ada *scale factor* yang perlu diperhitungkan.

6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 1729-2015*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2012). *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Pical, A.V. dan Pangestu, A. (2016). *Peninjauan SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.1 mengenai Distribusi Gaya Lateral pada Penggunaan Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus dan Rangka Baja dengan Bresing Konsentris Khusus*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- SAC Joint Venture (2000). *FEMA-356 Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*. Federal Emergency Management Agency, California.
- SAC Joint Venture (2006). *FEMA-451 NEHRP Recommended Provisions: Design Examples*. Federal Emergency Management Agency, California.