

PENELITIAN MENGENAI SNI 1726:2012 PASAL 7.2.5.1 TENTANG DISTRIBUSI GAYA LATERAL TERHADAP KEKAKUAN DAN KEKUATAN PADA STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA BRESING EKSENTRIS

Joseph Kurniawan¹, Kevin Gunawan², Hasan Santoso³, dan Pamuda Pudjisuryadi⁴

ABSTRAK : Perencanaan struktur terhadap gempa di Indonesia mengacu pada SNI 1726:2012. Pada pasal 7.2.5.1 mengenai sistem ganda, mengharuskan rangka pemikul momen khusus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya. Namun FEMA 451 memiliki perbedaan isi yang mengatakan distribusi proporsional didesain terhadap kekuatan. Karena perbedaan tersebut, maka diadakan penelitian apakah peraturan yang mensyaratkan proporsi kekakuan dapat diterjemahkan seperti halnya FEMA 451 (2006) dalam pengaplikasiannya menggunakan kekuatan. Dari penelitian sebelumnya oleh Wijaya dan Nico (2016) didapat bahwa bangunan disarankan didesain berdasarkan proporsi kekuatan, dikarenakan performa bangunan hampir sama dengan proporsi kekakuan, tetapi dengan persentase berat yang lebih ringan. Maka dari itu diteliti lebih lanjut apakah bangunan struktur baja dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) yang lebih tinggi dan diperhitungkan secara 2 arah, akan menghasilkan kesimpulan yang sama dengan penelitian sebelumnya. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bangunan memiliki perilaku yang hampir sama dengan penelitian sebelumnya dimana performa bangunan S2 lebih buruk daripada S1; begitu pula berat bangunan S2 lebih ringan daripada S1. Namun karena perbedaan performa yang dihasilkan S1 dan S2 tidak jauh berbeda, maka kedua skenario masih dapat diperhitungkan sebagai pilihan dalam mendesain untuk menentukan hasil desain mana yang lebih hemat.

KATA KUNCI: sistem ganda, sistem rangka pemikul momen khusus, sistem rangka bresing eksentris

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari Wijaya dan Nico (2016) dimana mereka meneliti dan membandingkan performa yang dihasilkan oleh bangunan yang didesain terhadap 25%, baik berdasarkan kekuatan maupun kekakuan. SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 mensyaratkan bahwa “Untuk sistem ganda rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya”. ASCE 2010 pasal 12.2.5.1 dan FEMA 356 (2000) juga mensyaratkan hal yang sama. Namun, pada FEMA 451 (2006) *Chapter 5.2.4.3.3 Alternative C Dual System* mensyaratkan bahwa syarat distribusi gaya lateral 25% harus dipenuhi berdasarkan proporsi kekuatan. Maka dari itu untuk mengetahui manakah performa bangunan yang lebih baik, pada tahun 2016 Wijaya dan Nico melakukan penelitian terhadap bangunan baja bresing eksentris dan dilakukan pengecekan terhadap gempa 1 arah. Dari hasil penelitian Wijaya dan Nico, didapat bahwa bangunan yang didesain berdasarkan proporsi kekuatan memiliki berat lebih

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, josephkurniawan95@gmail.com

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

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

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

ringan, namun memiliki performa bangunan yang lebih buruk daripada bangunan yang didesain berdasarkan kekakuan, baik dari segi *displacement*, *drift ratio*, maupun ketahanan terhadap gaya gempa, meskipun masih dalam batas yang diizinkan. Penelitian ini kemudian diteliti lebih lanjut apakah pada bangunan dengan tingkat lebih tinggi (12 lantai dan 20 lantai), serta pengecekan gempa secara 2 arah (arah x dan y) juga menghasilkan kesimpulan yang sama dengan sebelumnya. Penelitian dilakukan dengan membedakan desain dengan 2 skenario, dimana Skenario 1 (S1) adalah bangunan didesain dengan distribusi *base shear* SRPMK yang mencapai 25% dari *total base shear*, sedangkan pada Skenario 2 (S2) bangunan didesain dengan mengalikan gaya dalam pada SRPMK yang terjadi dengan *scale factor* yang didapat dari persamaan 1.1.

$$Scale\ Factor = \frac{25\%}{\left(\frac{Base\ Shear\ SRPMK}{Base\ Shear\ SRPMK + Base\ Shear\ SRBE}\right)\%} \quad (1.1)$$

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Perencanaan desain SRPMK menggunakan acuan SNI 1729:2015 yang menyadur ASCE 360-10 (2010), sedangkan untuk aplikasi bangunan baja terhadap gempa menggunakan referensi AISC 341-10 (2010). SNI 1729:2015 mengatur batasan - batasan yang harus dipenuhi untuk desain komponen struktur terhadap tekan, geser, dan lentur; sedangkan AISC 341-10 berhubungan dengan beban gempa.

2.2. Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE)

Perencanaan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) atau *Eccentrically Braced Frame (EBF)* menganut peraturan dan pembebanan yang diisyaratkan oleh AISC 341-10 Bab F3. Menurut AISC 341-10 Pasal F3.2, SRBE adalah sistem rangka bresing yang salah satu ujung bresing bertemu sebuah balok dengan eksentrisitas yang menimbulkan adanya balok link yang terbebani gaya geser dan lentur.

2.3. Performance Based Design (PBD)

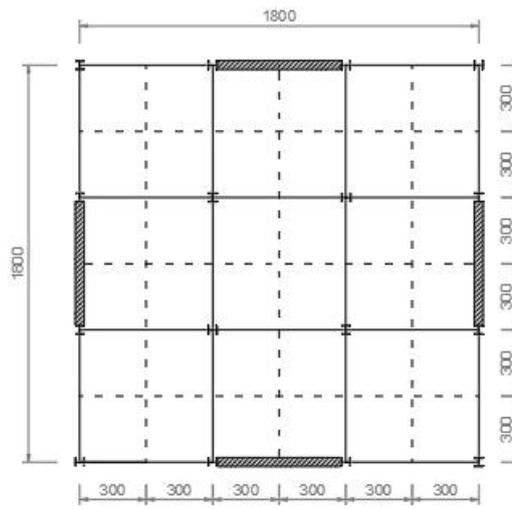
Bangunan tidak boleh didesain terhadap kekuatan saja, namun juga *performance* bangunan tersebut. Parameter yang digunakan adalah IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), dan CP (*Collapse Prevention*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penamaan model bangunan mengikuti dari penelitian sebelumnya dan dapat dilihat pada **Tabel 1.**, sedangkan untuk denah bangunan dapat dilihat pada **Gambar 1.** dan **Gambar 2.**

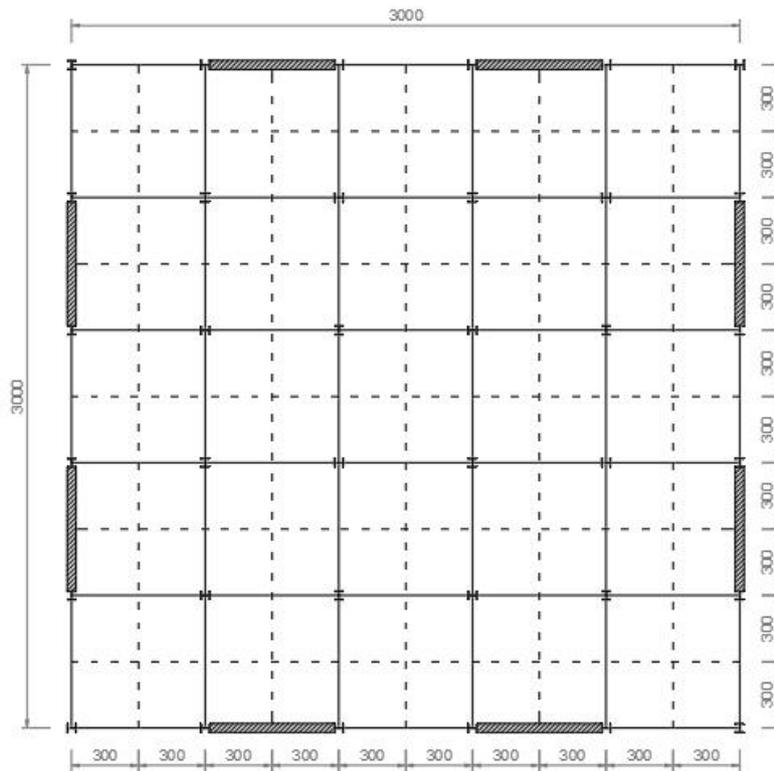
Tabel 1. Makna Penggunaan Kode

Kode	Makna
31J12	Bangunan dengan 3 bentang, 1 SRBE, berlokasi di Jayapura, 12 lantai
52J12	Bangunan dengan 5 bentang, 2 SRBE, berlokasi di Jayapura, 12 lantai
52J20	Bangunan dengan 5 bentang, 2 SRBE, berlokasi di Jayapura, 20 lantai
S1	Skenario 1 (pemeriksaan performa bangunan terhadap kekakuan)
S2	Skenario 2 (pemeriksaan performa bangunan terhadap kekuatan)



——— BALOK INDUK ▨ BRESING
 - - - - BALOK ANAK H KOLOM

Gambar 1. Denah Bangunan 31J12



——— BALOK INDUK ▨ BRESING
 - - - - BALOK ANAK H KOLOM

Gambar 2. Denah Bangunan 52J12 & 52J20

Langkah – langkah yang dilakukan dalam mendesain komponen struktur bangunan dibedakan berdasarkan skenario yang ada, yaitu sebagai berikut:

1. Skenario 1 akan diawali dengan *preliminary design* yang kemudian dilanjutkan dengan pemodelan struktur secara tiga dimensi menggunakan bantuan program CSI ETABS 2016 v16.0.0. Lalu dilanjutkan dengan menentukan pembebanan struktur, baik beban mati, beban hidup, maupun beban gempa. Setelah pemodelan dan pembebanan selesai, dilakukan pengecekan terhadap *base shear* yang terjadi. Apabila persentase *base shear* pada SRPMK kurang dari 25%, maka dilakukan perubahan profil sedemikian rupa sehingga syarat 25% tercapai. Setelah syarat terpenuhi, maka dilakukan *capacity design*, dilanjutkan dengan pemeriksaan *drift* bangunan, dan terakhir mengecek performa bangunan dengan *nonlinear time history analysis*.
2. Skenario 2 akan diawali dengan *preliminary design* yang kemudian dilanjutkan dengan pemodelan struktur secara tiga dimensi menggunakan bantuan program CSI ETABS 2016 v16.0.0. Lalu dilanjutkan dengan menentukan pembebanan struktur, baik beban mati, beban hidup, maupun beban gempa. Setelah pemodelan dan pembebanan selesai, dilakukan pengecekan terhadap *base shear* yang terjadi pada SRPMK. Dari *base shear* yang didapat pada SRPMK, apabila kurang dari 25% *total base shear*, maka gaya dalam yang terjadi SRPMK dikalikan dengan *scale factor* pada persamaan 1.1. Setelah syarat terpenuhi, maka dilakukan *capacity design*, dilanjutkan dengan pemeriksaan *drift* bangunan, dan terakhir mengecek performa bangunan dengan *nonlinear time history analysis*.

4. HASIL DAN ANALISIS

Setelah pemodelan pada program ETABS, dilanjutkan dengan proses desain dimana dapat diketahui dimensi profil yang digunakan, berat baja bangunan, distribusi gaya lateral, serta *drift ratio* bangunan. Hasil inilah yang nantinya akan dibandingkan dengan syarat – syarat ketentuan.

4.1. Dimensi Penampang Profil

Pertama dilakukan *capacity design* dan didapatkan profil – profil yang sesuai baik untuk SRPMK dan SRBE. Untuk komponen SRBE pada semua skenario (S1 dan S2), diperhitungkan beban tambahan seperti yang telah disyaratkan oleh AISC. Sedangkan untuk komponen SRPMK pada S2 diperhitungkan pula *scale factor* pada gaya dalam yang terjadi. Komponen bangunan didesain sedemikian rupa sehingga rumus interaksi yang didapat ≤ 1 . Ukuran penampang profil yang digunakan tercantum pada **Tabel 2**, sampai dengan **Tabel 5**.

Tabel 2. Profil Bangunan 31J12-S1 dan 31J12-S2

31J12-S1			31J12-S2		
Komponen	Lantai	Profil	Komponen	Lantai	Profil
Balok Anak	1-12	WF300X200X56.8	Balok Anak	1-12	WF300X200X56.8
Balok Induk	6-12	WF500X200X89.6	Balok Induk	6-12	WF450X200X76
	1-5	WF600X200X113		1-5	WF500X200X89.6
Balok Link	6-12	WF400X250X100	Balok Link	6-12	WF400X250X100
	1-5	WF350X350X179		1-5	WF350X350X179
Bresing	6-12	WF250X250X101	Bresing	6-12	WF250X250X101
	1-5	WF350X350X159		1-5	WF350X350X159

Tabel 2. (lanjutan)

31J12-S1			31J12-S2		
Komponen	Lantai	Profil	Komponen	Lantai	Profil
Kolom (SRBE)	6-12	WF400X400X283	Kolom (SRBE)	6-12	WF400X400X283
	1-5	WF400X400X415		1-5	WF400X400X415
Kolom (SRPMK)	6-12	WF400X400X346	Kolom (SRPMK)	6-12	WF400X400X346
	1-5	WF400X400X605		1-5	WF400X400X605
TOTAL (ton)		3671.11	TOTAL (ton)		3647.42

Tabel 3. Profil Bangunan 52J12-S1 dan 52J12-S2

52J12-S1			52J12-S2		
Komponen	Lantai	Profil	Komponen	Lantai	Profil
Balok Anak	1-12	WF400X200X66	Balok Anak	1-12	WF300X200X56.8
Balok Induk	1-12	WF600X200X106	Balok Induk	1-12	WF500X200X89.6
Balok Link	8-12	WF450X300X124	Balok Link	8-12	WF450X300X124
	1-7	WF400X400X232		1-7	WF400X400X232
Bresing	8-12	WF300X300X106	Bresing	8-12	WF300X300X106
	1-7	WF350X350X159		1-7	WF350X350X159
Kolom	8-12	WF400X400X415	Kolom	8-12	WF400X400X415
	1-7	WF400X400X605		1-7	WF400X400X605
TOTAL (ton)		9402.48	TOTAL (ton)		9308.98

Tabel 4. Profil Bangunan 52J20-S1 dan 52J20-S2

52J20-S1			52J20-S2		
Komponen	Lantai	Profil	Komponen	Lantai	Profil
Balok Anak	1-20	WF300X200X56.8	Balok Anak	1-20	WF300X200X56.8
Balok Induk	15-20	WF450X200X76	Balok Induk	15-20	WF450X200X76
	9-14	WF500X200X89.6		9-14	WF500X200X89.6
	1-8	WF600X200X151.8		1-8	WF600X200X120
Balok Link	15-20	WF350X350X156	Balok Link	15-20	WF350X350X156
	9-14	WF400X400X197		9-14	WF400X400X197
	1-8	WF400X400X300		1-8	WF400X400X300
Bresing	15-20	WF350X350X156	Bresing	15-20	WF300X300X156
	9-14	WF400X400X197		9-14	WF400X400X197
	1-8	WF400X400X251		1-8	WF400X400X251

Tabel 4. (Lanjutan)

52J20-S1			52J20-S2		
Komponen	Lantai	Profil	Komponen	Lantai	Profil
Kolom	15-20	WF400X400X283	Kolom	15-20	WF400X400X283
	9-14	WF400X400X624		9-14	WF400X400X415
	1-8	WF400X400X758		1-8	WF400X400X758
TOTAL (ton)		15946.87	TOTAL (ton)		15691.58

4.2. Distribusi Gaya Lateral

Hasil distribusi gaya lateral yang diterima oleh SRPMK dan SRBE, beserta *scale factor* yang digunakan untuk perhitungan Skenario 2 (S2). Data dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Persentase Gaya Lateral pada Bangunan dan Scale Factor

Bangunan	Skenario	Persentase Arah X & Y		Scale Factor (Arah X & Y)
		SRPMK	SRBE	
31J12	S1	25.04%	74.96%	
	S2	21.51%	78.49%	1.16
52J12	S1	25.71%	74.29%	
	S2	22.00%	78.00%	1.14
52J20	S1	25.43%	74.57%	
	S2	22.02	77.98%	1.14

4.3. Berat Baja yang Digunakan

Berat baja yang dibutuhkan pada setiap bangunan sesuai dengan hasil akhir perhitungan pada *capacity design*. data dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Berat Baja yang Digunakan pada Bangunan

Bangunan	Skenario	Berat (t)	Luas (m ²)	Berat/Luas (t/m ²)	Presentase Berat
31J12	S1	3671.11	3888	0.944	100.00%
	S2	3647.42	3888	0.938	99.36%
52J12	S1	9402.48	10800	0.871	100.00%
	S2	9308.98	10800	0.862	98.97%
52J20	S1	15946.87	18000	0.886	100.00%
	S2	15691.58	18000	0.872	98.42%

4.4. Displacement dan Drift Ratio

Hasil dari *displacement* dan *drift ratio* dapat dilihat pada **Tabel 7.** dan **Tabel 8.**

Tabel 7. Simpangan (*displacement*) Maksimum Gempa Periode Ulang 2500 Tahun

Bangunan	Skenario	Displacement (mm)
31J12	S1	629.07
	S2	699.92
52J12	S1	633.93
	S2	760.13
52J20	S1	1229.55
	S2	1370.84

Tabel 8. *Drift Ratio* Maksimum Gempa Periode Ulang 2500 Tahun

Bangunan	Skenario	<i>Drift Ratio</i> (%)
31J12	S1	2.28
	S2	2.74
52J12	S1	3.49
	S2	3.56
52J20	S1	3.86
	S2	3.81

4.5. Building Performance

Selain meninjau kekuatan, bangunan juga harus dicek terhadap performa dan perilaku bangunannya. Maka dari itu dari *drift ratio* hasil penelitian akan dibandingkan dengan FEMA 356 (2000) yang mengkondisikan tipe kerusakan bangunan sebagai *Immediate Occupancy*, *Life Safety*, dan *Collapse Prevention*. Untuk hasil pembahasan dapat dilihat pada **Tabel 9.**

Tabel 9. Klasifikasi Kerusakan Bangunan berdasarkan FEMA 356

Bangunan	Skenario	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Life Safety Limit State</i>	<i>Collapse Prevention Limit State</i>	Unacceptable Limit State
31J12	S1	-	-	-	2.28
	S2	-	-	-	2.74
52J12	S1	-	-	-	3.49
	S2	-	-	-	3.56
52J20	S1	-	-	-	3.86
	S2	-	-	-	3.81
<i>Max Drift Ratio (%)</i>		< 0.5	0.5 – 1.5	1.5 – 2.0	> 2.0

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa bangunan yang didesain dengan Skenario 2 (berdasarkan proporsi kekuatan) memiliki berat bangunan yang lebih ringan dibandingkan bangunan dengan Skenario 1 (berdasarkan proporsi kekakuan). Kedua skenario juga menghasilkan performa yang tidak jauh berbeda, baik dari sendi plastis yang terjadi, maupun *drift ratio* yang terjadi dikarenakan profil yang digunakan tidak jauh berbeda. Hasil yang ditunjukkan oleh Skenario 2 juga lebih buruk dibandingkan Skenario 1; namun hasil kedua skenario tidak jauh berbeda sehingga keduanya masih dapat diperhitungkan untuk dipergunakan dalam desain.

6. DAFTAR REFERENSI

- American Institute of Steel Construction (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE/SEI 7-10. American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2015*
- BSSC (2006). *NEHRP Recommended Provisions : Design Examples*, FEMA 451. National Institutes of Building Science, Washington, D.C.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2012). *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- SAC Joint Venture (2000). *FEMA-356 Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*, Federal Emergency Management Agency, California.
- Wijaya, B. dan Nico (2016). *Penelitian mengenai SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.1 tentang Distribusi Gaya Lateral terhadap Kekakuan, Kekuatan, dan Pengecekan terhadap Sistem Tunggal*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.