

**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**

Abijoga Pangestu¹, Astrid V. Pical², Hasan Santoso³ dan Ima Muljati⁴

ABSTRAK : Gempa merupakan bencana alam yang tidak dapat dihindari dan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan. Oleh karena itu, struktur bangunan harus didesain agar mampu menahan gaya gempa yang terjadi. Salah satu sistem yang dapat digunakan adalah sistem ganda. Untuk sistem ganda, SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 mengharuskan SRPM menerima minimal 25% gaya lateral yang proporsional kekakuannya terhadap Sistem Rangka Bresing atau *Shear Wall*. Penelitian ini akan meninjau performa bangunan dengan SRPM yang memikul 25% *base shear* dan bangunan dengan SRPM yang memikul <25% *base shear* yang diperbesar dengan suatu faktor. Bangunan yang digunakan merupakan sistem ganda yaitu Sistem Rangka Penahan Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) pada empat bangunan yang direncanakan dengan beban respon spektrum kota Surabaya dan Jayapura menurut SNI 1726:2012. Kinerja struktur akan diuji menggunakan *nonlinear time history analysis*. Hasil penelitian menunjukkan sistem ganda yang memenuhi syarat 25% memiliki performa yang baik.

KATA KUNCI: gempa, sistem ganda, SRPMK, SRBKK, 25%, gaya lateral, kekakuan

1. PENDAHULUAN

Indonesia berada di pertemuan beberapa lempeng tektonik, sehingga sering terjadi gempa ketika lempeng-lempeng tersebut bergeser. Dengan melihat fakta tersebut, Indonesia merupakan negara yang rawan gempa sehingga bangunan perlu didesain terhadap gempa. SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 mensyaratkan pada sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya (sistem rangka dengan sistem rangka bresing atau sistem rangka dengan *shear wall*). Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Kusuma, Tjipto (2015) mengenai kinerja sistem ganda berupa SRBE dan SRPM, sangat susah untuk mencapai syarat 25% gaya lateral untuk SRPM. Muljati et al. (2015) mengatakan saat SRPM diusahakan untuk menerima 25% beban lateral, maka kekakuan bresing harus dikurangi. Hal ini menyebabkan drift struktur melampaui kinerja batas layan serta kinerja batas ultimit. Bila SRPM didesain dengan 25% distribusi beban lateral, maka pada desain kapasitas, profil yang dihasilkan menjadi lebih besar sehingga sistem ganda ini tidak efisien, karena dimensi profil sangat besar dan tidak realistis. FEMA 369 pasal 5.2.2.1 mengatakan bahwa pada sistem ganda, SRPM harus menahan paling sedikit 25% dari gaya gempa rencana. FEMA 451 *chapter 5* alternatif C menunjukkan langkah-langkah mendesain *dual system* dan menulis bahwa syarat 25% gaya lateral dilakukan terhadap *strength* dari sistem rangka. Untuk memenuhi syarat 25% tersebut ada dua metode yang dapat dilakukan, yaitu 25% yang dicapai terhadap keseluruhan base shear bangunan (skenario 1) dan 25% yang dicapai dengan mengalikan gaya dalam yang terjadi pada SRPMK dengan suatu faktor (skenario 2).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, abijogap@live.com.

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, avpic25@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, imuljati@petra.ac.id.

2. LANDASAN TEORI

1.1. 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 dimana bangunan tersebut akan dibangun kemudian dibagi dengan kuantitas R/I . (Departemen Pekerjaan Umum, 2012).

1.2. Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK)

SRBKK merupakan sistem rangka dimana 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.

1.3. 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.

1.4. 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 v15.1.0 Digunakan empat model bangunan dengan dua metode pengerjaan yang berbeda agar mencapai syarat 25% untuk tiap-tiap bangunan. Metode pertama berusaha untuk memenuhi persyaratan Pasal 7.2.5.1. SNI 1726:2012 dengan cara mencari dimensi profil sedemikian rupa sehingga gaya geser yang diterima SRPM mencapai 25% dari gaya geser dasar rencana (Skenario 1 = S1). Perhitungan persentase gaya yang diterima SRPMK dihitung dengan **Persamaan 1**. Metode kedua adalah dengan memperbesar gaya geser dasar yang diterima SRPM sehingga setara dengan 25% gaya geser dasar rencana (**Persamaan 2**) walaupun secara proporsional, kekakuan SRPM tidak mencapai 25% (Skenario 2 = S2). Penamaan dan keterangan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

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

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

$$\%SRPMK = \text{Persentase base shear yang dipikul oleh SRPMK}$$

Tabel 1. Kode Penamaan Bangunan

Kode Bangunan	Makna Kode	Alasan Pemilihan
31S06-S1	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Surabaya, 6 lantai. Skenario 1	Bentang kecil dengan SRBK minimum pada wilayah gempa rendah.
31S06-S2	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Surabaya, 6 lantai. Skenario 2	Bentang kecil dengan SRBK minimum pada wilayah gempa rendah.
31J06-S1	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Jayapura, 6 lantai. Skenario 1	Bentang kecil dengan SRBK minimum pada wilayah gempa tinggi.
31J06-S2	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Jayapura, 6 lantai. Skenario 2	Bentang kecil dengan SRBK minimum pada wilayah gempa tinggi.
31S12-S1	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Surabaya, 12 lantai. Skenario 1	Bentang kecil dengan SRBK maksimum pada wilayah gempa tinggi.
31S12-S2	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Surabaya, 12 lantai. Skenario 1	Bentang besar dengan SRBK minimum pada wilayah gempa tinggi.
31J12-S1	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Jayapura, 12 lantai. Skenario 1	Bentang kecil dengan SRBK maksimum pada wilayah gempa tinggi.
31J12-S2	Bangunan 3 Bentang 1 SRBKK, pada wilayah gempa Jayapura, 12 lantai. Skenario 2	Bentang kecil dengan SRBK maksimum pada wilayah gempa tinggi.

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 analisis dinamis *time history* non-linier dengan ETABS v15.1.0 dengan rekaman gempa El-Centro 18 Mei 1940 N-S yang dimodifikasi respon spektrumnya sesuai dengan peta gempa Indonesia (Lumantarna dan Lukito, 1997). Gempa ditinjau dalam periode ulang, yaitu 100, 500 dan 2500.
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 SRMPK dan SRBKK. Hasil interaksi juga menunjukkan bahwa dimensi profil yang digunakan adalah efisien karena interaksi berkisar pada 0.7 - 1. Profil yang digunakan adalah *King Cross* (KC), *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 SRBKK	Balok Induk SRPMK	Balok Anak Menerus	Balok Anak Putus	
31S06-S1	1 - 6	WF 350.175.6.9	WF 450.200.9.14	WF 300.200.9.14	WF 300.150.6,5.9	
31S06-S2		WF 400.200.8.13	WF 450.300.11.18			
31J06-S1			WF 500.200.10.16	WF 250.175.7.11		
31J06-S2		WF 350.250.8.12	WF 350.175.7.11			
31S12-S1	1 - 12	WF 400.300.9.14	WF 500.200.12.19	WF 300.200.9.14	WF 250.175.7.11	
31S12-S2		WF 400.200.8.13				
31J12-S1		WF 450.200.9.14		WF 350.175.7.11		
31J12-S2						

Tabel 3. Dimensi Profil Kolom yang Digunakan

Model Bangunan	Lantai	Kolom Interior	Kolom Sudut	Kolom Eksterior X	Kolom Eksterior Y
31S06-S1	1 - 3	KC 700.300.15.28	H 350.350.12.19		
	4 - 6	KC 600.300.14.23	H 350.350.9.12		
31S06-S2	1 - 3	H 400.400.20.35	H 350.350.12.19		
	4 - 6	H 400.400.30.50	H 350.350.9.12		
31J06-S1	1 - 3	KC 900.300.16.28	H 400.400.45.70		
	4 - 6	KC 900.300.16.28	H 400.400.30.50		
31J06-S2	1 - 3	H 400.400.45.70			
	4 - 6	H 400.400.30.50			
31S12-S1	1 - 6	KC 650.250.12.32	H 400.400.20.35		
	7 - 12	KC 650.250.12.32	H 400.400.16.24		
31S12-S2	1 - 6	KC 500.300.16.32	H 400.400.20.35		
	7 - 12	KC 450.200.9.14	H 350.350.14.22		
31J12-S1	1 - 6	KC 900.300.18.34	H 400.400.45.70		
	7 - 12		H 400.400.30.50		
31J12-S2	1 - 6	H 400.400.45.70			
	7 - 12	H 400.400.30.50			

Tabel 4. Dimensi Profil Bresing Arah X dan Arah Y

Model Bangunan	Lantai	Profil
31S06-S1	1 - 6	H 175.175.7,5.11
31S06-S2	1 - 6	H 200.200.10.16
31J06-S1	1 - 3	WF 350.175.7.11
	4 - 6	WF 300.150.6,5.9
31J06-S2	1 - 3	WF 350.175.7.11
	4 - 6	WF 300.150.6,5.9
31S12-S1	1-12	H 175.175.7,5.11
31S12-S2		
31J12-S1		H 200.200.10.16
31J12-S2		

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 (%)
31S06-S1	26.531	26.159
31S06-S2	18.519	11.101
31J06-S1	28.46554	28.16646
31J06-S2	17.54218	12.02071
31S12-S1	26.017	25.982
31S12-S2	19.950	18.845
31J12-S1	26.48549	26.07266
31J12-S2	18.55651	11.87778

SRPMK menerima beban lebih besar pada arah-x dibandingkan pada arah-y karena sumbu kuat kolom yang terpasang mengakibatkan portal SRPMK pada arah-x lebih kaku dibanding pada arah-y. Semua persentase *base shear* yang diterima SRPMK pada skenario 2 tidak ada yang mencapai 25%, sedangkan untuk mencapai 25% *base shear* seperti pada skenario 1, sangat sulit untuk dilakukan.

4.3. Berat Bangunan

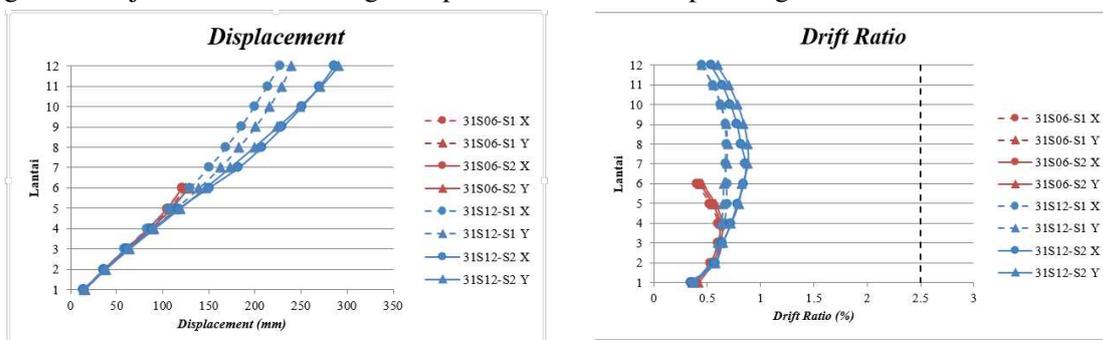
Hasil Berat Bangunan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Berat Bangunan Per-Luasan Lantai

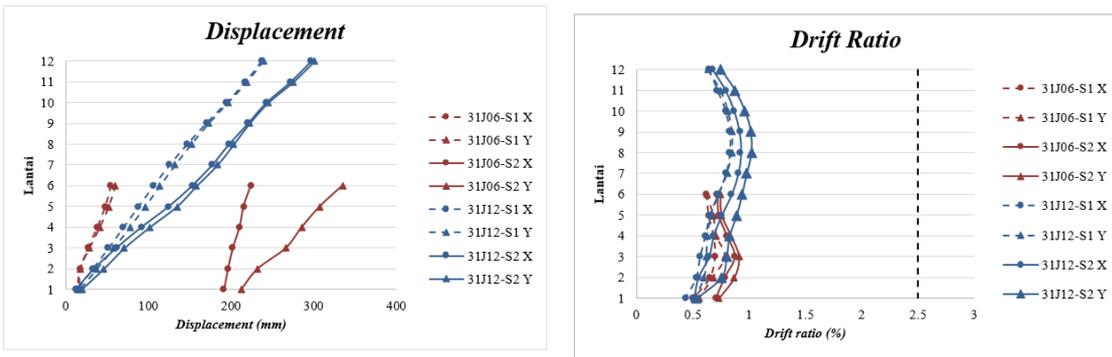
Perbandingan Berat / Luas Lantai				
Model	Total Luas Lantai (m ²)	Berat Total (kg)	Berat/Luas	Selisih (%)
31S06 - S1	1944	159213.6	81.9	
31S06 - S2	1944	156103.2	80.3	1.9536
31S12 - S1	3888	430790.4	110.8	
31S12 - S2	3888	398908.8	102.6	7.40072
31J06 - S1	1944	270410.4	139.1	
31J06 - S2	1944	255052.8	131.2	5.67937
31J12 - S1	3888	536932.8	138.1	
31J12 - S2	3888	529934.4	136.3	1.3034

4.4. Displacement dan Drift Ratio

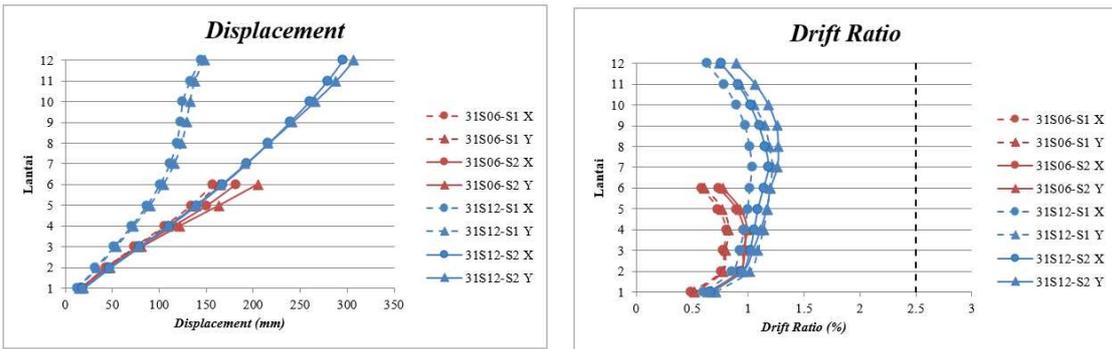
Hasil *displacement* dan *drift ratio* maksimum dari hasil *time history analysis* untuk semua model bangunan disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 1** sampai dengan **Gambar 11**.



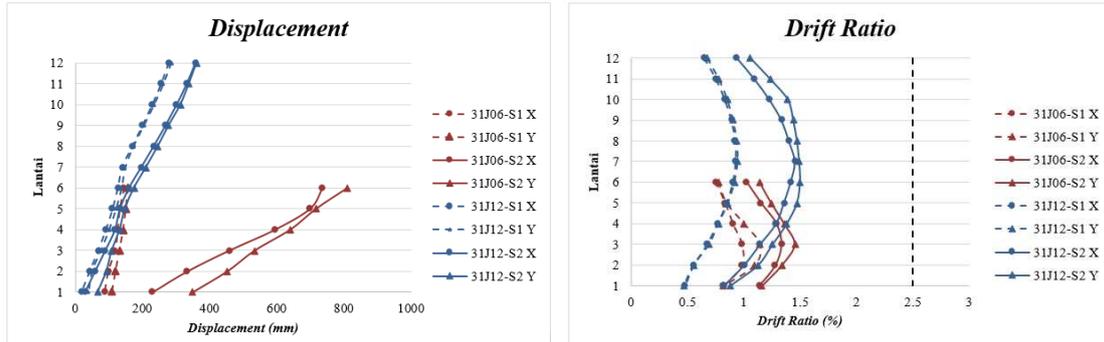
Gambar 1 . Displacement dan Drift Arah-X dan Arah-Y akibat Gempa 100th Wilayah Surabaya



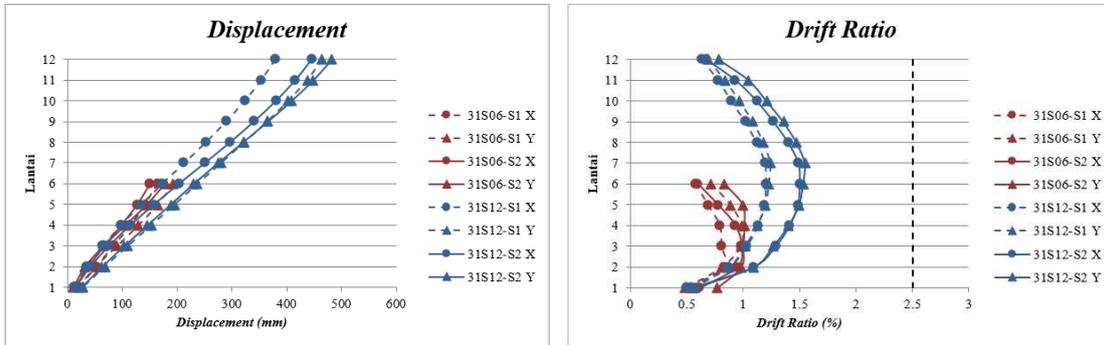
Gambar 2. Displacement dan Drift Arah-X dan Arah-Y Akibat Gempa 100th Wilayah Jayapura



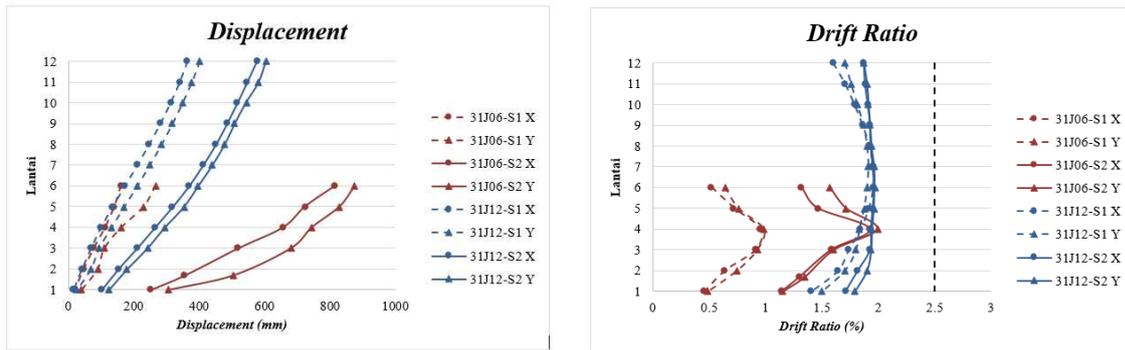
Gambar 3. Displacement dan Drift Arah-X dan Arah-Y Akibat Gempa 500th Wilayah Surabaya



Gambar 4. Displacement dan Drift Arah-X dan Arah-Y Akibat Gempa 500th Wilayah Jayapura



Gambar 5. Displacement dan Drift Arah-X dan Arah-Y Akibat Gempa 2500th Wilayah Surabaya



Gambar 5. Displacement dan Drift Arah-X dan Arah-Y Akibat Gempa 2500th Wilayah Jayapura

Drift Ratio yang paling maksimum terjadi pada bangunan 31J12. Untuk mengetahui kinerja bangunan berdasarkan drift ratio yang terjadi, digunakan batasan dari FEMA 356. Performance bangunan berdasarkan dapat dilihat pada Tabel 7

4.5. Drift Ratio

Hasil drift ratio dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Drift Ratio Maksimum

Model Bangunan	Drift Ratio 100 tahun (%)				Drift Ratio 500 tahun (%)				Drift Ratio 2500 tahun (%)			
	IO	LS	CP	UN	IO	LS	CP	UN	IO	LS	CP	UN
31S06-S1 X		0.6061				0.8008				0.832		
31S06-S1 Y		0.6277				0.8285				0.9879		
31S06-S2 X		0.6212				0.9676				0.9839		
31S06-S2 Y		0.6471				0.9897				1.0103		
31J06-S1 X		0.6973				0.9828				0.9537		
31J06-S1 Y		0.7856				1.1418				0.9851		
31J06-S2 X		0.8706				1.3352					1.925	
31J06-S2 Y		0.9084				1.4549					1.991	
31S12-S1 X		0.6826				1.0362				1.2022		
31S12-S1 Y		0.6928				1.219				1.2384		
31S12-S2 X		0.8594				1.1862					1.5028	
31S12-S2 Y		0.8806				1.2709					1.548	
31J12-S1 X		0.828				0.9316					1.9549	
31J12-S1 Y		0.8508				0.9444					1.9133	
31J12-S2 X		0.928				1.4549					1.9588	
31J12-S2 Y		1.019				1.497					1.9688	
Drift ratio max (%)	<0.5	0.5-1.5	1.5-2.0	>2.0	<0.5	0.5-1.5	1.5-2.0	>2.0	<0.5	0.5-1.5	1.5-2.0	>2.0

- IO = titik yang berada pada *serviceability limit state*.
- LS = titik yang berada pada *damage control limit state*.
- CP = titik yang berada pada *safety limit state*.
- UN = titik yang berada pada *unacceptable*

4.6. Acceptance Criteria

Batas kinerja *acceptance criteria* mengacu pada persyaratan FEMA 356 (SAC Joint Venture, 2000). *Acceptance Criteria* tiap bangunan dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Matriks Kinerja Semua Model Bangunan Terhadap Beban Gempa dengan Periode Ulang 100, 500 dan 2500 Tahun

31(X)06						31(X)12						
(X)	Gempa	IO	LS	CP	UN	(X)	Gempa	IO	LS	CP	UN	
S	100th		●○			S	100th		●○			
	500th		●○				500th			●○		
	2500th		●○				2500th			●		○
J	100th		●○			J	100th		●○			
	500th		●○				500th			●○		
	2500th		●	○			2500th			●		○

 = Melebihi target desain
 = Desain bangunan skenario 1
 = Desain bangunan skenario 2

(X) = Wilayah Gempa
 S = Surabaya
 J = Jayapura

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa bangunan yang didesain terhadap 25% *base shear* sesuai dengan proporsi kekakuan (skenario 1) memiliki performa yang baik karena ukuran profil yang digunakan memiliki ukuran yang lebih besar. Bangunan yang didesain terhadap 25% *base shear* terhadap kekuatan portal (skenario 2) memiliki performa yang relatif lebih buruk bila dibandingkan dengan skenario 1. Oleh karena itu, penerapan desain dengan skenario 2 tidak boleh dilakukan dalam ruang lingkup pada penelitian ini dikarenakan kegagalan yang terjadi, sehingga untuk memenuhi syarat SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, harus menggunakan desain dengan skenario 1, dimana portal harus mampu untuk menerima 25% *base shear* total secara kekakuan.

6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2012). *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Kusuma, C. dan Tjipto, T.P. (2015). *Evaluasi SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 Mengenai Distribusi Gaya Lateral pada Penggunaan Sistem Ganda* (Tugas Akhir Strata 1 No. 11012060/SIP/2015). Unpublished Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Lumantarna, B. dan Lukito, M. (1997). Resmat, *Sebuah Program Interaktif untuk Menghasilkan Riwayat Waktu Gempa dengan Spektrum Tertentu*. Proceedings HAKI Confrence 1997, Jakarta, Indonesia, pp. 128-135.
- Muljati, et.al. (2012). *Evaluasi Kinerja Sistem Ganda SRPMK dan SRBK yang menggunakan Reduced Beam Section pada Kedua Arah Ortogonal Bangunan Di Wilayah 2 Peta Gempa Indonesia* (No: 05/PEN/SIPIL/2012), Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- SAC Joint Venture (2000). *FEMA-356 Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*. California : Federal Emergency Management Agency.