

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA BERDASARKAN KEKAKUAN DAN KEKUATAN SISTEM GANDA SRPMK DAN SRBE BENTUK DIAGONAL MENURUT SNI 1726:2012 PASAL 7.2.5.1

Hendri Sugiarto Mulia¹, Stefanus Edwin², Hasan Santoso³, dan Pamuda Pudjisyuriadi⁴

ABSTRAK: Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap gempa, maka dari itu bangunan di Indonesia harus didesain tahan terhadap gempa. Perencanaan struktur terhadap gaya gempa di Indonesia diatur dalam SNI 1726:2012. Pada umumnya ada dua sistem penahan gempa yang sering digunakan yaitu sistem tunggal dan sistem ganda. Pada penelitian ini, struktur bangunan akan didesain dengan sistem ganda berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) berbentuk diagonal. Diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1, dalam mendesain sistem ganda, kelompok SRPMK harus mampu menahan minimal 25% *base shear* yang terjadi. Bangunan didesain dengan 2 skenario yaitu Skenario 1 (S1) dan Skenario 2 (S2), dimana pada desain struktur S1, kelompok SRPMK menahan 25% *base shear* yang terjadi, sedangkan pada desain struktur S2, kelompok SRPMK menahan kurang dari 25% *base shear*, tetapi gaya dalam yang terjadi akibat beban gempa dikalikan suatu faktor agar memenuhi syarat bahwa kelompok SRPMK minimal menahan 25% *base shear*. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa bangunan yang didesain dengan S1 memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan S2 bila ditinjau dari simpangan yang terjadi. Hal ini berbanding lurus dengan berat bangunan yang didesain dengan S1 lebih berat dibandingkan dengan S2.

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

1. PENDAHULUAN

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa sangat penting diterapkan di Indonesia, Ini disebabkan karena secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, lempeng Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Sebagian besar wilayah Indonesia memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap gempa. Beban gempa berbeda dengan beban-beban lainnya, besarnya beban gempa sangat bergantung pada berat struktur bangunan tersebut. Dalam perencanaan bangunan di Indonesia, Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726:2012 merupakan pedoman sekaligus peraturan yang di pakai dalam mendesain struktur terhadap beban gempa. Di dalam SNI 1726:2012 tersebut, dijelaskan tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, ada berbagai macam sistem penahan gempa yang dapat digunakan. Sistem tersebut terdiri dari sistem tunggal dan sistem ganda (Badan Standardisasi Nasional, 2015). Pada pasal 7.2.5.1 dalam SNI 1726:2012 untuk sistem ganda, mengharuskan rangka pemikul momen mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain, dan tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya. Kemudian dilakukan

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, hendrimulia061095@gmail.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, edwin_kabon@yahoo.co.id

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

peninjauan terhadap FEMA 451 dan FEMA 356, dimana pada FEMA 451 dikatakan bahwa syarat 25% *base shear* diterima oleh proporsi kekuatan dari sistem rangka (*SAC Joint Venture*, 2006) dan pada FEMA 356 dikatakan bahwa syarat 25% *base shear* diterima oleh proporsi kekakuan sistem rangka (*SAC Joint Venture*, 2000). Berdasarkan peraturan tersebut, Gunawan dan Kurniawan (2016) melakukan penelitian dengan 2 skenario berbeda untuk menyimpulkan skenario manakah yang akan menghasilkan bangunan dengan perilaku yang lebih baik. Skenario 1 (S1) adalah skenario desain bangunan dengan distribusi *base shear* harus mencapai 25% dari total *base shear*. Skenario 2 (S2) adalah skenario desain bangunan dengan distribusi *base shear* kurang dari 25% dari total *base shear* kemudian mengalikan gaya gempa yang terjadi dengan faktor yang didapat dari persamaan 1.1. Dalam mendesain S2, bila distribusi *base shear* dari awal desain bangunan melebihi 25% dari total *base shear*, maka harus melakukan desain ulang.

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

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Untuk perencanaan desain SRPMK pedoman yang dipakai ialah menggunakan SNI 1729:2015 dan AISC 341-10. dimana ketentuan seismik untuk struktur bangunan gedung baja harus diterapkan pada perancangan sistem penahan gaya gempa dari baja struktural. SNI 1729:2015 menjadi pedoman untuk desain komponen struktur terhadap tekan, geser, dan lentur (Badan Standarisasi Nasional, 2015) sedangkan AISC 341-10 merupakan acuan untuk desain SRPMK maupun SRBE yang berhubungan langsung dengan beban gempa (*American Institute of Steel Construction*, 2010).

2.2. Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE)

SRBE adalah sistem rangka bresing yang salah satu ujung bresing bertemu sebuah balok link dengan eksentrisitas tertentu yang terbebani gaya geser dan lentur. Dalam mendisain SRBE juga menggunakan acuan AISC 341-10.

2.3. Performance Based Design (PBD)

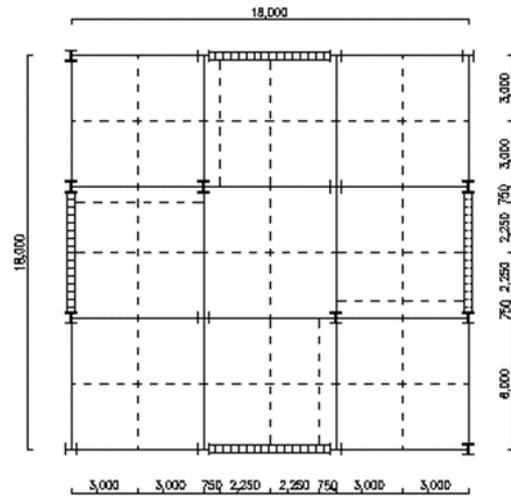
Bangunan tidak boleh didesain terhadap kekuatan saja, namun perlu diperhatikan pula *performance* bangunan tersebut. Parameter yang digunakan adalah IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), dan CP (*Collapse Prevention*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penamaan model bangunan mengikuti dari penelitian sebelumnya dapat dilihat pada **Gambar 1** sampai **Gambar 3** dan untuk makna penggunaan kode bangunan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

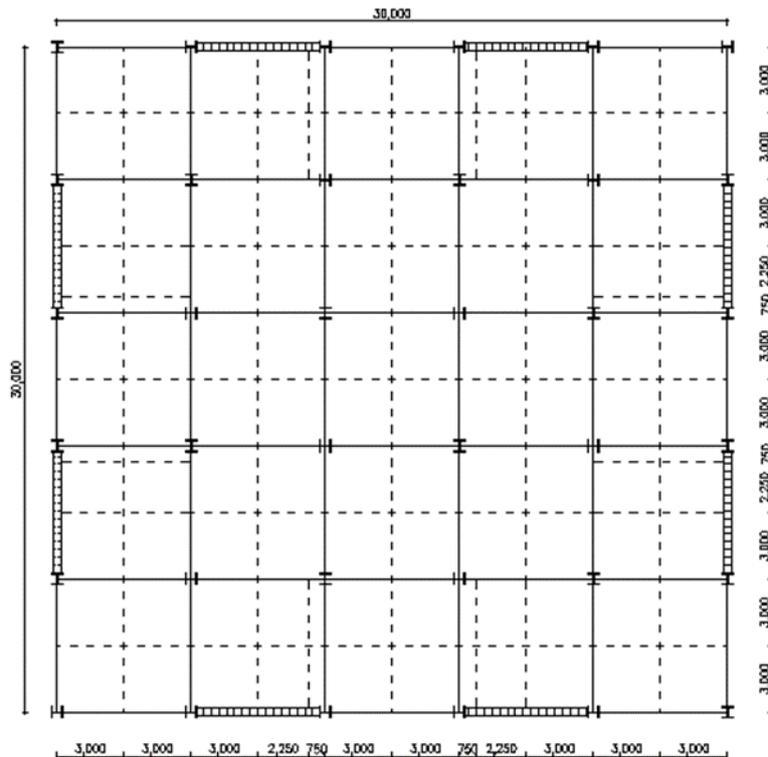
Tabel 1. Makna Penggunaan Kode

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
53J20	Bangunan dengan 5 bentang, 3 SRBE, berlokasi di Jayapura, 20 lantai
S1	Skenario 1 (pemeriksaan performa bangunan terhadap kekakuan)
S2	Skenario 2 (pemeriksaan performa bangunan terhadap kekuatan)



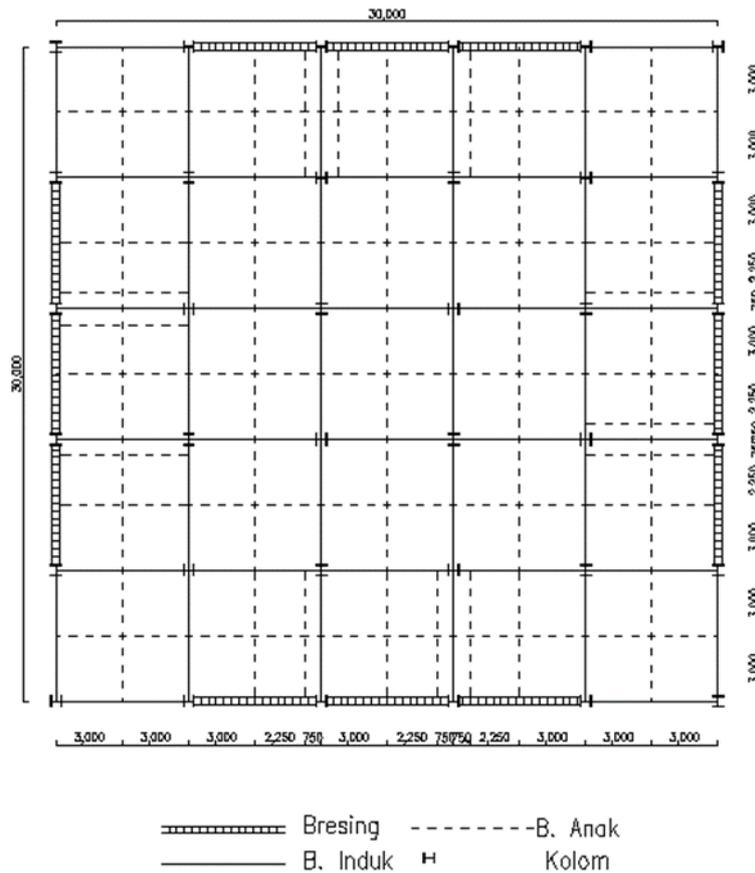
═══════ Bresing - - - - - B. Anak
 ————— B. Induk H Kolom

Gambar 1. Denah Bangunan 31J12



═══════ Bresing - - - - - B. Anak
 ————— B. Induk H Kolom

Gambar 2. Denah Bangunan 52J12



Gambar 3. Denah Bangunan 53J20

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 SAP2000 v18, dilanjutkan dengan proses desain, pada proses ini dapat diketahui dimensi profil yang digunakan, berat baja bangunan, distribusi gaya lateral, *displacement* serta *drift ratio*. 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 untuk SRPMK dan SRBE. Dalam perhitungan kelompok SRBE, baik pada Skenario 1 ataupun Skenario 2 diperhitungkan beban tambahan sesuai dengan AISC (*American Institute of Steel Construction*, 2010). Sedangkan untuk kelompok SRPMK, pada Skenario 2 diperhitungkan *scale factor* pada gaya dalam yang terjadi. Ukuran penampang profil yang digunakan akan dijelaskan pada **Tabel 2** sampai **Tabel 4**.

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

Bangunan	Elemen	Lantai	Penampang	Bangunan	Elemen	Lantai	Penampang
31J12-S1	Bresing	(1-5)	HB 350x350x159	31J12-S2	Bresing	(1-5)	HB 350x350x157
		(6-12)	HB 300x300x106			(6-12)	HB 300X300X141
	Kolom Interior	(1-6)	HB 500x500x723		Kolom Interior	(1-7)	HB 400X400X605
		(7-12)	HB 400x400x605			(8-12)	HB 400X400X415
	Kolom Eksterior	(1-5)	HB 400x400x556		Kolom Eksterior	(1-7)	HB 400X400X605
		(6-12)	HB 400x400x415			(8-12)	HB 400X400X283
	Balok Link	(1-5)	HB 400x400x200		Balok Link	(1-5)	HB 400X400X200
		(6-12)	WF 400x200x66			(6-12)	HB 300X300X105
	Balok Induk	(1-6)	WF 600x200x153		Balok Induk	(1-7)	WF 600X200X134
		(7-12)	WF 600x200x151			(8-12)	WF 500X200X103
Balok Anak	(1-12)	WF 300x200x65	Balok Anak	(1-12)	WF 400X200X75		
Total Berat Per Lantai (ton)			3882.44	Total Berat Per Lantai (ton)			3823.29

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

52J12-S1	Bresing	(1-7)	HB 350X350X157	52J12-S2	Bresing	(1-7)	HB 350X350X157
		(8-12)	HB 300X300X141			(8-12)	HB 300X300X141
	Kolom Interior	(1-7)	HB 400X400X619		Kolom Interior	(1-7)	HB 400X400X499
		(8-12)	HB 400X400X415			(8-12)	HB 400X400X315
	Kolom Eksterior	(1-7)	HB 500x500x723		Kolom Eksterior	(1-7)	HB 500X700X754
		(8-12)	HB 400X400X415			(8-12)	HB 400X400X415
	Balok Link	(1-7)	HB 400X400X200		Balok Link	(1-7)	HB 400X400X232
		(8-12)	HB 300X300X126			(8-12)	HB 300X300X126
	Balok Induk	(1-7)	WF 500X200X103		Balok Induk	(1-7)	WF 500X200X102
		(8-12)	WF 450X200X88			(8-12)	WF 450X200X88
Balok Anak	(1-12)	WF 300x200x65	Balok Anak	(1-12)	WF 400X200X65		
Total Berat Per Lantai (ton)			9589.76	Total Berat Per Lantai (ton)			9528.29

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

53J20-S1	Bresing	(1-8)	HB 350X350X157	53J20-S2	Bresing	(1-8)	HB 350X350X157
		(9-14)	HB 300X300X141			(9-14)	HB 300X300X141
		(15-20)	HB 300X300X126			(15-20)	HB 300X300X107
	Kolom Interior	(1-8)	HB 500X500X723		Kolom Interior	(1-8)	HB 500X500X586
		(9-14)	HB 400X400X480			(9-15)	HB 400X400X480
		(15-20)	HB 400X400X283			(16-20)	HB 400X400X283
	Kolom Eksterior	(1-8)	HB 400X400X1086		Kolom Eksterior	(1-8)	HB 700X500X993
		(9-14)	HB 400X400X605			(9-14)	HB 500X500X647
		(15-20)	HB 400X400X415			(15-20)	HB 400X400X415
	Balok Link	(1-8)	HB 400X400X200		Balok Link	(1-8)	HB 400X400X200
		(9-14)	HB 350X350X157			(9-14)	HB 350X350X157
		(15-20)	HB 300X300X112			(15-20)	HB 300X300X107
	Balok Induk	(1-8)	WF 600X200X134		Balok Induk	(1-8)	WF 600X200X118
		(9-14)	WF 500X200X102			(9-14)	WF 450X200X94
		(15-20)	WF 450X200X76			(15-20)	WF 450X200X76
Balok Anak	(1-20)	WF 450X200X76	Balok Anak	(1-20)	WF 400X200X65		
Total Berat Per Lantai (ton)			16174.57	Total Berat Per Lantai (ton)			16092.51

4.2. Distribusi Gaya Lateral

Dalam mendesain bangunan dengan system ganda, perlu diperhitungkan bahwa SRPMK mampu menahan sedikitnya 25% gaya gempa dari total gaya gempa yang diterima. Berikut akan dijelaskan persentase distribusi gaya lateral pada bangunan, *scale factor* yang terhitung dan diaplikasikan pada seluruh bangunan Skenario 2 (S2). Data akan disajikan dalam bentuk tabel yakni pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Persentase Gaya Lateral pada Bangunan dan Scale Factor

Keterangan	31J12		52J12		53J20	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Base Shear SRPMK (%)	26.37	20.65	26.24	20.25	26.59	20.10
Base Shear SRBE	73.63	79.35	73.76	79.75	73.41	79.90
Scale Factor	-	1.21	-	1.23	-	1.24

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

Keterangan	31J12		52J12		53J20	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Berat struktur (kN)	38086.78	37506.5	94075.5	93472.5	158672.5	157867.5
Berat struktur (ton)	3882.44	3823.29	9589.76	9528.29	16174.57	16092.51
Persentase (%)	100	98.48	100	99.36	100	99.49

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	<i>Displacement</i> (mm)
31J12	S1	463.513
	S2	467.571
52J12	S1	507.084
	S2	507.516
53J20	S1	722.334
	S2	752.974

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

Bangunan	Skenario	<i>Drift Ratio</i> (%)
31J12	S1	1.3659
	S2	1.303375
52J12	S1	1.610325
	S2	1.43055
53J20	S1	1.316025
	S2	1.373775

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 (*SAC Joint Venture*, 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>	<i>Unacceptable Limit State</i>
31J12	S1	-	1.3659	-	-
	S2	-	1.303375	-	-
52J12	S1	-	-	1.610325	-
	S2	-	1.43055	-	-
53J20	S1	-	1.316025	-	-
	S2	-	1.373775	-	-
<i>Max Drift Ratio (%)</i>		< 0.5	0.5 – 1.5	1.5 – 2.0	> 2.0

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat bahwa performa bangunan Skenario1 lebih baik dibandingkan dengan Skenario 2 bila ditinjau dari *displacement* maksimum yang terjadi. Hal ini berbanding linier dengan berat bangunan Skenario 1 yang lebih berat dibandingkan dengan bangunan Skenario 2. Kedua bangunan menghasilkan pola kerusakan yang sama, yaitu kerusakan pada balok *link*. Performa bangunan yang didesain dengan Skenario 1 tidak jauh berbeda dengan Skenario 2, baik dari sendi plastis yang

terjadi, *displacement*, maupun *drift ratio*. Hal dikarenakan profil bangunan yang tidak jauh berbeda. Dalam mendesain sistem ganda, kedua Skenario (S1 dan S2) masih dapat digunakan karena perbedaan hasil yang tidak jauh berbeda.

6. DAFTAR REFERENSI

- American Institute of Steel Construction (2010). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, ANSI/AISC 341-10. American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2015*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.
- Gunawan, K. Kurniawan, J. (2016). *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* (Tugas Akhir Strata 1 No. 11012130/SIP/2016). Unpublished Undergraduate Thesis, 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.