

# PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BAJA RANGKA TERBREIS EKSENTRIS DENGAN RANGKA TERBREIS PENAHAN TEKUK EKSENTRIS MENGGUNAKAN BREISING TIPE V DENGAN VARIASI 2 BENTANG DAN 3 BENTANG BREISING PADA BANGUNAN 12 DAN 18 LANTAI

Clarissa Thalia Tjandra<sup>1</sup>, Clarita Dewi Ratna<sup>2</sup>, Effendy Tanojo<sup>3</sup>, Hasan Santoso<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Indonesia yang berada pada daerah *ring of fire*, sering mengalami gempa bumi. Gempa bumi tidak hanya merusak struktur bangunan, tapi juga menimbulkan korban jiwa akibat bangunan yang runtuh. Maka dari itu, desain bangunan dalam bidang teknik sipil perlu memperhatikan gaya gempa yang mungkin terjadi, terutama pada bangunan tinggi. Gaya lateral gempa dapat ditahan dengan berbagai macam sistem penahan lateral, salah satunya adalah breising. Pada penelitian ini, akan ditinjau pengaruh breising pada bangunan 12 (48 meter) dan 18 (72 meter) lantai menggunakan sistem tunggal. Sistem breising yang diteliti adalah Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris (SRTE) dengan menggunakan breising hollow dan Struktur Baja Rangka Terbreis Penahan Tekuk Eksentris (SRTPT) yang menggunakan breising CoreBrace. Bentuk breising yang digunakan adalah bentuk V dengan jumlah bentang breising yang beragam, yaitu 2 bentang breising dan 3 bentang breising. Performa dari masing-masing bangunan akan ditinjau menggunakan *nonlinear time history analysis*. Hasil penelitian secara garis besar menunjukkan bahwa SRTPT memiliki nilai *displacement* dan *drift ratio* yang lebih kecil daripada SRTE. Namun, SRTE lebih unggul dalam aspek berat struktur dan tingkat kerusakan bangunan.

**KATA KUNCI:** struktur baja rangka terbreis eksentris, struktur baja rangka terbreis penahan tekuk eksentris, bentuk V, *nonlinear time history analysis*, *displacement*, *drift ratio*.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia sering mengalami gempa karena berada pada kawasan *ring of fire*. Gempa bumi merupakan bencana yang menyebabkan kerusakan bangunan bahkan menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu, pada bidang teknik sipil bangunan didesain terhadap gaya gempa dengan harapan dapat meminimalisir risiko-risiko tersebut. Pemerintah Indonesia sendiri telah membuat peraturan SNI 1726:2019 sebagai acuan dalam mendesain bangunan terhadap gempa. Salah satu sistem penahan gaya lateral yang sering digunakan adalah breising.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Putra dan Wijaya (2020) menunjukkan bahwa performa bangunan dengan sistem tunggal lebih bagus daripada sistem ganda. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Sreeshma dan Jose (2016) menunjukkan bahwa bentuk V memiliki performa yang baik. Penelitian lain juga dilakukan oleh Prinz, Gary S. (2010) dengan meninjau perbandingan kinerja struktur baja rangka terbreis eksentris (SRTE) dengan struktur baja rangka terbreis penahan tekuk eksentris (SRTPT) tipe diagonal. Tania dan Sianto (2021) juga melakukan penelitian yang membandingkan Struktur Baja

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, b11180040@john.petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, b11180054@john.petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, effendy@petra.ac.id

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, hasan@petra.ac.id

Rangka Terbreis Penahan Tekuk (SRTPT) dan Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris (SRTE) dengan bentuk *multi-story X*.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka penelitian ini akan membandingkan kinerja SRTE dengan SRTPT sistem tunggal menggunakan breising V (*mid-span link*) serta dengan 2 dan 3 bentang breising. Lokasi breising pada bangunan yang menggunakan 3 bentang breising diposisikan berada di tengah bangunan karena pada penelitian Metre, dkk. (2017) menunjukkan bahwa breising yang diposisikan pada bentang bangunan tengah memberikan *displacement* terkecil.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris (SRTE)

Pada SRTE, terdapat eksentrisitas pada ujung breising yang tersambung pada balok. Segmen balok yang terpisah akibat kehadiran eksentrisitas disebut sebagai *link*. Elemen *link* ini didesain untuk mengalami kegagalan terlebih dahulu. Maka dari itu, elemen di luar *link* didesain untuk mampu menahan beban yang timbul akibat *link* yang mengalami leleh secara sempurna dan *link* yang mengalami *strain hardening*.

### 2.2. Struktur Baja Rangka Terbreis Penahan Tekuk (SRTPT)

Pengertian Rangka Terbreis Eksentris (RTTT) menurut AISC 341-16, adalah rangka terbreis diagonal yang mempekerjakan breis tahan-tebuk, serta memenuhi persyaratan Pasal F4. Sistem ini membatasi tekuk inti baja pada RTTT dengan membungkus inti baja. Tabung tersebut didesain untuk memperkuat bagian inti menahan tekuk ketika terjadi tekan, namun tetap mengizinkan bagian inti untuk mengalami deformasi yang independen. Sistem ini mengkombinasikan keekonomisan SRTK dan performa yang tinggi pada SRTE. *Fuse* pada SRTPT berupa breising, sehingga *capacity design* akan mengacu pada kekuatan BRB tersebut.

### 2.3. Performance Based Design

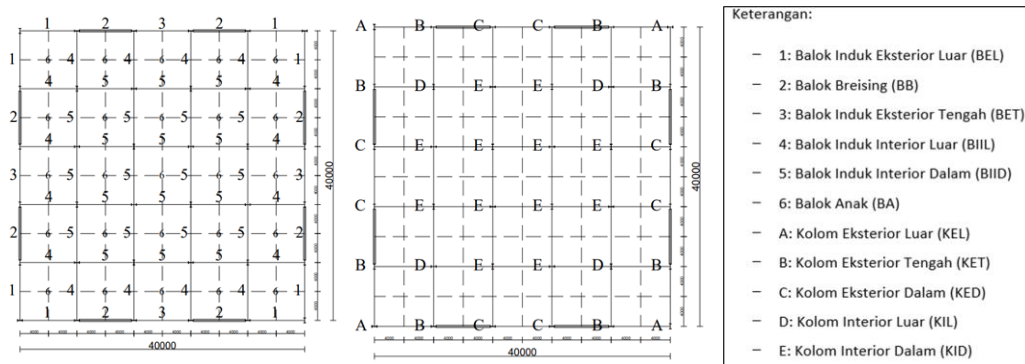
Bangunan yang didesain terhadap gempa diharapkan memiliki sifat daktail agar bangunan masih bisa mempertahankan bisa tetap bertahan ketika dibebani beban lateral. Berdasarkan FEMA 356-2000 pada Tabel C1-2 dan Tabel C1-3, performa dari bangunan dibedakan menjadi 3 tingkat, yaitu IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), dan CP (*Collapse Pervention*).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur pelaksanaan penelitian diuraikan sebagai berikut.

### 1. Permodelan struktur secara 3D dengan ETABS v.18.

Penelitian ini secara garis besar dikelompokkan menjadi 2 skenario, yaitu SRTE dan SRTPT. Setiap skenario dicoba dengan variasi 2 dan 3 bentang breising dan pada bangunan 12 lantai dan 18 lantai sehingga jumlah bangunan ada 8. Tata nama elemen balok dan kolom ditampilkan pada **Gambar 1** sedangkan kode penamaan bangunan disajikan pada **Tabel 1**.



**Gambar 1. Tata Nama Elemen Balok dan Kolom**

**Tabel 1. Kode Penamaan Bangunan**

Kode	Makna
5.2E.V.J.12.T	Bangunan dengan 5 bentang, 2 SRTE berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 12 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )
5.3E.V.J.12.T	Bangunan dengan 5 bentang, 3 SRTE berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 12 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )
5.2E.V.J.18.T	Bangunan dengan 5 bentang, 2 SRTE berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 18 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )
5.3E.V.J.18.T	Bangunan dengan 5 bentang, 3 SRTE berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 18 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )
5.2TT.V.J.12.T	Bangunan dengan 5 bentang, 2 SRTPT berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 12 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )
5.3TT.V.J.12.T	Bangunan dengan 5 bentang, 3 SRTPT berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 12 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )
5.2TT.V.J.18.T	Bangunan dengan 5 bentang, 2 SRTPT berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 18 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )
5.3TT.V.J.18.T	Bangunan dengan 5 bentang, 3 SRTPT berbentuk V, berlokasi di Jayapura, 18 lantai, sistem tunggal ( <i>single system</i> )

2. Pembebanan struktur  
Beban yang diaplikasikan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
3. Pengecekan *base shear* pada *joint reaction*  
Struktur bangunan kemudian didesain dengan sedemikian rupa agar memenuhi syarat kekuatan, *story drift*, dan diupayakan agar gaya gempa yang dipikul oleh portal eksterior portal berkisar pada 90%.
4. *Capacity design*  
*Capacity design* masing-masing dilakukan untuk bangunan SRTE dan SRTPT. Pada SRTE, *link* bertindak sebagai elemen *fuse*. Sedangkan pada SRTPT, *breising* yang bertindak sebagai elemen *fuse*.
5. *Nonlinear time history analysis*  
Bangunan kemudian dilakukan dengan analisis *time history* menggunakan beban gempa El Centro 18 Mei 1940.
6. Pembahasan analisis dan kesimpulan  
Setiap bangunan ditinjau pada aspek berat rata-rata terhadap luasan (AVG berat), *displacement* dan *drift ratio*, serta tingkat kerusakannya.

#### 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan permodelan bangunan dengan ETABS v18, selanjutnya dilakukan pengecekan distribusi gaya lateral pada bangunan. Portal eksterior bangunan diharapkan untuk menerima distribusi beban lateral semaksimal mungkin untuk mewujudkan sistem tunggal yang hampir sempurna. Distribusi beban lateral pada bangunan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Distribusi Gaya pada Portal Eksterior dan Interior Seluruh Bangunan**

Jenis Bangunan	Base Shear (kN) $V = C_s \times W$	Distribusi Gaya (%)	
		Eksterior	Interior
5.2E.V.J.12.T	7558.662	90.56	9.44
5.2E.V.J.12.T (ALT B)	7488.09	90.59	9.41
5.2E.V.J.18.T	7993.961	90.39	9.61
5.3E.V.J.12.T	8696.583	90.23	9.77
5.3E.V.J.12.T (ALT B)	10151.861	90.44	9.56
5.3E.V.J.18.T	9345.893	90.28	9.72
5.2TT.V.J.12.T	7495.559	90.11	9.89
5.2TT.V.J.18.T	8189.122	90.88	9.12
5.3TT.V.J.12.T	7328.771	90.36	9.64
5.3TT.V.J.18.T	8231.154	90.22	9.78

Mutu baja yang digunakan pada penelitian ini beragam sehingga perlu adanya konversi seluruh mutu ke mutu baja A36. Berat struktur bangunan sebelum dan sesudah *capacity design* beserta konversi ke mutu A36 dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

**Tabel 3. Konversi Mutu Sebelum Capacity Design**

Jenis Bangunan	Berat Baja (ton)					Konversi A36
	A36	A992Fy50	A913Gr65	A1085	CoreBrace	
5.2E.V.J.12.T	1628.10	0.00	0.00	216.32	0.00	1929.03
5.2E.V.J.12.T (ALT B)	1602.09	0.00	0.00	216.32	0.00	1903.02
5.3E.V.J.12.T	1494.34	0.00	0.00	162.24	0.00	1720.04
5.3E.V.J.12.T (ALT B)	1520.53	0.00	0.00	383.08	0.00	2053.45
5.2TT.V.J.12.T	2229.99	0.00	0.00	0.00	75.34	2309.58
5.3TT.V.J.12.T	2323.73	0.00	0.00	0.00	48.43	2374.90
5.2E.V.J.18.T	2839.44	0.00	0.00	308.74	0.00	3268.94
5.3E.V.J.18.T	2751.62	0.00	0.00	352.33	0.00	3241.75
5.2TT.V.J.18.T	3543.62	0.00	0.00	0.00	107.62	3657.32
5.3TT.V.J.18.T	3631.09	0.00	0.00	0.00	128.50	3766.85

**Tabel 4. Konversi Mutu Setelah Capacity Design**

Jenis Bangunan	Berat Baja (ton)					Konversi A36
	A36	A992Fy50	A913Gr65	A1085	CoreBrace	
5.2E.V.J.12.T	1571.80	154.49	0.00	216.32	0.00	2087.65
5.2E.V.J.12.T (ALT B)	956.91	630.90	0.00	216.32	0.00	2135.51
5.3E.V.J.12.T	1491.94	127.00	54.86	162.24	0.00	1993.86
5.3E.V.J.12.T (ALT B)	1426.12	118.37	137.45	383.08	0.00	2373.12
5.2TT.V.J.12.T	2170.53	206.50	48.65	0.00	75.34	2625.66
5.3TT.V.J.12.T	2406.91	0.00	0.00	0.00	48.43	2458.07
5.2E.V.J.18.T	2696.86	186.02	0.00	308.74	0.00	3385.14
5.3E.V.J.18.T	2522.46	257.68	107.09	352.33	0.00	3565.38
5.2TT.V.J.18.T	3390.51	428.53	96.74	0.00	107.62	4275.88
5.3TT.V.J.18.T	3665.76	395.75	0.00	0.00	128.50	4352.05

AVG Berat didapatkan dengan membagi berat bangunan terhadap luas total bangunan. Luas total bangunan 12 lantai adalah 19200 m<sup>2</sup> sedangkan 18 lantai adalah 28800 m<sup>2</sup>. Berat struktur sesudah *capacity design* akan meningkat, disajikan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5. Kenaikan Berat Struktur setelah Capacity Design**

Jenis Bangunan	AVG Berat (kg/m <sup>2</sup> )		a/b*100 (%)	Kenaikan (%) = (b-a)/a*100
	Sebelum Capacity Design (a)	Setelah Capacity Design (b)		
5.2E.V.J.12.T	100.47	108.73	108.22	8.22
5.2E.V.J.12.T (ALT B)	99.12	111.22	112.22	12.22
5.3E.V.J.12.T	89.59	103.85	115.92	15.92
5.3E.V.J.12.T (ALT B)	106.95	123.6	115.57	15.57
5.2TT.V.J.12.T	120.29	136.75	113.69	13.69
5.3TT.V.J.12.T	123.69	128.02	103.5	3.5
5.2E.V.J.18.T	113.51	117.54	103.55	3.55
5.3E.V.J.18.T	112.56	123.8	109.98	9.98
5.2TT.V.J.18.T	126.99	148.47	116.91	16.91
5.3TT.V.J.18.T	130.79	151.11	115.54	15.54

Analisis menggunakan analisis *time history*. Setelah melakukan analisis *time history*, maka setiap bangunan ditinjau kemunculan sendi plastisnya. Terdapat beberapa sendi plastis yang muncul pada kolom, meskipun desain bangunan telah mengikuti prosedur AISC 360-16 dan AISC 341-16. Oleh karena itu, Popov, dkk. (1986) menyarankan nilai gaya *ultimate* sebesar  $1.5V_p$  saat *capacity design*. Penelitian oleh Roeder dan Popov (1977) juga menyatakan bahwa sendi plastis pada kolom bisa dihindari dengan memperbesar kolom.

Pada SRTE, kegagalan pertama diharapkan terjadi pada *link*. Pada bangunan 5.2E.V.J.12.T sendi plastis muncul pada *link* dan Balok Eksterior Tengah (BET) pada detik ke-4.43. Namun pada detik-detik berikutnya, terlihat ada beberapa sendi plastis yang muncul di BET dahulu, meskipun perbedaan waktunya cukup dekat. Oleh karena itu, pada penelitian ini dicoba desain alternatif B yaitu 5.2E.V.J.12.T (ALT B) yang menaikkan mutu BET menjadi A992Fy50. Sehingga nilai interaksi pada BET menjadi lebih kecil dari pada balok breising (BB). Hasil analisis menunjukkan bahwa sendi plastis muncul dahulu pada elemen *link*.

Sendi plastis pertama bangunan 5.3E.V.J.12.T terjadi pada breising (detik ke-4.34). Kemudian diikuti dengan sendi plastis di elemen *link* pada detik ke-4.38. Oleh karena itu, pada penelitian ini dicoba alternatif baru yaitu bangunan 5.3E.V.J.12.T ALT B dengan menggunakan ukuran breising 2 tingkat lebih besar dari desain awal. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah lokasi sendi plastis pertama bisa terjadi pada *link*. Hasil analisis menunjukkan bahwa lokasi sendi plastis yang pertama pada bangunan 5.3E.V.J.12.T ALT B terjadi pada *link*. Hasil ini menunjukkan bahwa walaupun sudah mengalami proses *capacity design*, ukuran profil breising tergolong masih cukup kecil. Rekapitulasi kerusakan sendi plastis bangunan 12 dan 18 lantai disajikan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6. Rekapitulasi Kerusakan Sendi Plastis pada Bangunan 12 dan 18 Lantai**

Bangunan	Lokasi Sendi Plastis				Bangunan	Lokasi Sendi Plastis			
	Eksterior		Interior			Eksterior		Interior	
	Elemen	Level	Elemen	Level		Elemen	Level	Elemen	Level
5.2E.V.J.1 2.T	<i>Link</i>	B	Balok Induk	B	5.3TT.V.J. 12.T	<i>Stub</i>	-	Balok Induk	B
	Balok	B				Balok	B		
	Kolom	B	Kolom	B		Kolom	-	Kolom	-
	<i>Brace</i>	B				<i>Brace</i>	C		
5.2E.V.J.1 2.T (ALT B)	<i>Link</i>	B	Balok Induk	B	5.2E.V.J.1 8.T	<i>Link</i>	B	Balok Induk	B
	Balok	B				Balok	B		
	Kolom	B	Kolom	B		Kolom	B	Kolom	-
	<i>Brace</i>	B				<i>Link</i>	B		
5.2TT.V.J. 12.T	<i>Stub</i>	B	Balok Induk	B	5.2TT.V.J. 18.T	<i>Stub</i>	B	Balok Induk	B
	Balok	B				Balok	B		
	Kolom	B	Kolom	B		Kolom	B	Kolom	B
	<i>Brace</i>	C				<i>Brace</i>	C		
5.3E.V.J.1 2.T	<i>Link</i>	B	Balok Induk	B	5.3E.V.J.1 8.T	<i>Link</i>	B	Balok Induk	B
	Balok	B				Balok	B		
	Kolom	B	Kolom	-		Kolom	B	Kolom	-
	<i>Brace</i>	D				<i>Brace</i>	B		
5.3E.V.J.1 2.T (ALT B)	<i>Link</i>	B	Balok Induk	-	5.3TT.V.J. 18.T	<i>Stub</i>	B	Balok Induk	B
	Balok	B				Balok	B		
	Kolom	B	Kolom	-		Kolom	B	Kolom	-
	<i>Brace</i>	B				<i>Brace</i>	C		

Tingkat kerusakan sendi plastis pada bangunan SRTE dan SRTPT hampir mirip, kecuali pada elemen breising. Perbedaan tingkat kerusakan hanya pada elemen breising, yang mana tingkat kerusakan SRTPT secara umum lebih buruk (tingkat C) daripada SRTE (kecuali 5.3E.V.J.12.T.). Hasil analisis berupa *displacement* dan *drift ratio* untuk seluruh bangunan kemudian dibuat pemeringkatan disajikan pada **Tabel 7** hingga **Tabel 9**.

**Tabel 7. Peringkat Bangunan 12 Lantai**

	5.2E.V. J.12.T	5.2E.V. J.12.T (ALT B)	5.3E.V. J.12.T	5.3E.V. J.12.T (ALT B)	5.2TT.V J.12.T	5.3TT.V J.12.T
AVG Berat	108.73 kg/m <sup>2</sup>	111.22 kg/m <sup>2</sup>	103.85 kg/m <sup>2</sup>	123.60 kg/m <sup>2</sup>	136.75 kg/m <sup>2</sup>	128.02 kg/m <sup>2</sup>
	2	3	1	4	6	5
<i>Displacement</i>	742.157 mm	748.118 mm	526.502 mm	463.833 mm	541.059 mm	561.122 mm
	5	6	2	1	3	4
<i>Drift Ratio</i>	2.1376%	2.2760%	1.3124%	1.1578%	1.4163%	1.5516%
	5	6	2	1	3	4
<i>Rank</i>	3.5	6	1	2	3.5	5

**Tabel 8. Peringkat Bangunan 18 Lantai**

	5.2E.V.J.18.T	5.3E.V.J.18.T	5.2TT.V.J.18.T	5.3TT.V.J.18.T
AVG Berat	117.54 kg/m <sup>2</sup>	123.80kg/m <sup>2</sup>	148.47 kg/m <sup>2</sup>	151.11 kg/m <sup>2</sup>
	1	2	3	4
<i>Displacement</i>	1087.796 mm	902.837 mm	847.989 mm	717.83 mm
	4	3	2	1
<i>Drift Ratio</i>	1.9881%	1.6703%	1.5732%	1.4861%
	4	3	2	1
<i>Rank</i>	4	3	2	1

**Tabel 9. Peringkat Bangunan 12 dan 18 Lantai**

Jenis Bangunan	AVG Berat	<i>Displacement</i> Maksimum	<i>Drift Ratio</i> Maksimum	Peringkat Keseluruhan
5.2E.V.J.12.T	2	6	9	5
5.2E.V.J.12.T (ALT B)	3	7	10	7
5.3E.V.J.12.T	1	2	2	1
5.3E.V.J.12.T (ALT B)	5	1	1	2
5.2TT.V.J.12.T	8	3	3	3
5.3TT.V.J.12.T	7	4	5	4
5.2E.V.J.18.T	4	10	8	8.5
5.3E.V.J.18.T	6	9	7	8.5
5.2TT.V.J.18.T	9	8	6	10
5.3TT.V.J.18.T	10	5	4	6

## 5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa SRTE lebih ringan daripada SRTPT. Namun, secara umum SRTPT memiliki performa yang lebih baik daripada SRTE jika ditinjau dari aspek *displacement* dan *drift ratio*. Tingkat kerusakan *non-fuse member* bangunan SRTE dan SRTPT hampir serupa, yaitu pada tingkat B. Secara umum, SRTE sedikit lebih unggul daripada SRTPT, kecuali 5.3E.V.J.12.T., karena kerusakan breisingnya mencapai tingkat B.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Author. (2000). *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings: FEMA 356*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., Amerika Serikat.
- Author. (2016). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings: AISC 341-16*, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- Author. (2016). *Specification for Structural Steel Buildings: AISC 360-16*, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung: SNI 1726:2019*, Jakarta, Indonesia.
- Metre, S., Cghule, S., & Kiran, R. (2015). "Comparative Study of Different Types of Bracing Systems by Placing at Different Locations". *International Research Journal of Engineering and Technology*. Vol. 4, No. 8, 2023-2027.
- Popov, E.P., Kasai, K., & Engelhardt, M. D. (1987). "Advances in Design of Eccentrically Braced Frames". *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*. Vol. 20, No. 1, 22-29.
- Prinz, Gary S. (2010). *Using Buckling-Restrained Braces in Eccentric Configurations*. Unpublished Thesis, Brigham Young University, Provo.
- Putra, K.H., & Wijaya, D. (2020). *Perbandingan Kinerja Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris Sistem Tunggal dan Ganda Tipe V dan Multi-Story X pada Bangunan 12 dan 18 Lantai*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Roeder, C.W., & Popov, E.P. (1977). "Inelastic Behaviour of Eccentrically Braced Steel Frames under Cyclic Loadings." *National Earthquake Hazards Reduction Program: Clearinghouse for Earthquake-Related Publications*, <<https://nehrpsearch.nist.gov>> (November 10, 2021).
- Sianto, S.D., & Tania, N. (2021). *Perbandingan Kinerja Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris dan Struktur Baja Rangka Terbreis Penahan Tekuk pada Bangunan 12 dan 18 Lantai*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Sreeshma, K.K., & Jose, N. (2016). "Seismic Performance Assessment of Different Types of Eccentric Braced Systems". *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*. Vol. 3, No. 4, 123-127.