

PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BAJA RANGKA TERBREIS EKSENTRIS DAN STRUKTUR BAJA RANGKA TERBREIS PENAHAN TEKUK PADA BANGUNAN 12 DAN 18 LANTAI

Stevan Daniel¹, Natasha Tania², Effendy Tanojo³, Hasan Santoso⁴

ABSTRAK : Bencana gempa bumi kerap terjadi di Indonesia dan tidak jarang menimbulkan banyak korban jiwa. Sebagai engineer, dalam mendesain suatu bangunan perlu memperhatikan efek dari gaya gempa. Penggunaan breising dalam bangunan dapat menjadi solusi untuk meredam gaya gempa yang diterima struktur. Penggunaan breising penahan tekuk merupakan pengembangan dari sistem rangka terbreis konsentris dan menjadi solusi untuk masalah buckling pada breising. Pada penelitian kali ini, akan ditinjau bangunan sistem tunggal 12 lantai (48 meter) dan 18 (72 meter) lantai dan masing – masing bangunan tersebut akan dimodelkan dengan struktur baja rangka terbreis eksentris (SRTE) menggunakan profil hollow dan struktur baja rangka terbreis penahan tekuk (SRTPT) menggunakan breising penahan tekuk. Seluruh bangunan akan menggunakan tipe breising yang sama yaitu multi-story X. Performa SRTE dan SRTPT akan dibandingkan dengan menggunakan nonlinear time history analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan SRTE memiliki hasil nilai displacement dan drift ratio yang lebih kecil dibanding bangunan SRTPT. Namun, bangunan SRTPT lebih unggul dalam segi keekonomisan, terbukti dari total berat bangunan yang lebih ringan daripada bangunan SRTE.

KATA KUNCI : Sistem rangka terbreis eksentris, Sistem rangka terbreis penahan tekuk, *multistory-X*, *nonlinear time history analysis*, *displacement*, *drift ratio*

1. PENDAHULUAN

Bencana gempa bumi merupakan salah satu bencana yang kerap terjadi terutama bagi beberapa negara yang berada di jalur gempa teraktif di dunia, termasuk Indonesia. Bencana gempa bumi terjadi secara tiba - tiba dan meninggalkan dampak atau resiko yang besar. Oleh karena itu sebagai seorang *engineer* di bidang teknik sipil dan perencanaan, dalam membangun suatu bangunan perlu memperhatikan aspek gempa. Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang merespon gempa dengan bertahan dari keruntuhan dan meredam getaran setempat, dengan begitu dampak bencana gempa seperti kerusakan struktur dan korban jiwa dapat lebih diminimalisir.

Pemerintah telah membuat peraturan mengenai standar perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang diatur dalam SNI 1726 : 2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Penelitian mengenai struktur rangka terbreis eksentris yang telah dilakukan oleh Tania dan Riani (2018) adalah membandingkan kinerja bresing diagonal dan V terbalik pada bangunan 3 bentang dengan 12 lantai, dan bangunan 5 bentang dengan 18 lantai menggunakan sistem tunggal dan ganda. Hasil penelitian menunjukkan performa bangunan yang terbreis eksentris V terbalik

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, b11170023@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, b11170096@john.petra.ac.id

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

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

lebih baik dibandingkan dengan bangunan yang terbreis eksentris diagonal. Perencanaan bangunan dengan sistem tunggal lebih baik dari pada sistem ganda terutama pada bangunan 12 lantai. Selain karena lebih ekonomis, nilai *displacement* dan *drift* yang dihasilkan juga lebih baik.

Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Putra dan Wijaya (2019) terhadap struktur rangka terbreis eksentris adalah membandingkan performa breising *multi-story X* dan breising *V* pada bangunan 5 bentang 12 lantai dan 18 lantai dengan menggunakan sistem tunggal dan ganda. Hasil dari penelitian tersebut adalah bangunan sistem tunggal dengan breising eksentris *multi-story X* baik pada bangunan 12 lantai maupun bangunan 18 lantai merupakan bangunan terbaik.

Berdasarkan dari hasil penelitian - penelitian sebelumnya, maka bangunan yang akan ditinjau pada penelitian kali ini adalah bangunan sistem tunggal dengan breising eksentris *multi-story X* menggunakan profil *hollow* dan bangunan dengan breising penahan tekuk (*buckling restrained braced frame*) pada bangunan 12 lantai dan 18 lantai. Bangunan yang akan ditinjau adalah bangunan 12 dan 18 lantai 5 bentang dengan jarak antar bentang 8m dan tinggi setiap lantai 4m. Hal ini sesuai dengan SNI 1726:2012 Tabel 9 tentang batasan tinggi bangunan untuk rangka baja dengan kategori desain seismik D dan E, serta menggunakan breising terkekang terhadap tekuk yaitu 48 m atau 12 lantai (tinggi antar lantai 4 m). Namun, mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.4, batasan ketinggian tersebut boleh ditingkatkan sampai 72 m atau 18 lantai apabila struktur mempunyai sistem penahan gaya gempa berupa rangka baja dengan breising eksentris, rangka baja dengan breising terkekang terhadap tekuk, serta memenuhi dua syarat. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan SNI 1729:2015 yang mengacu pada AISC 360-10 dan diperbaharui dengan AISC 360-16 sebagai acuan normatif.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris (SRTE)

Tahap perencanaan SRTE akan disesuaikan dengan SNI 7860:2015, yang mengacu pada AISC 341-16. Menurut SNI 7860:2015 Pasal F3.2, SRTE adalah sistem rangka dengan breising, yang salah satu ujung dari breisingnya dirancang bertemu dengan sebuah balok dengan eksentrisitas yang menimbulkan adanya balok *link* yang terbebani gaya geser dan lentur. *Capacity design* seluruh bangunan nantinya akan mengacu pada kapasitas maksimum balok *link* tersebut.

2.2. Struktur Baja Rangka Terbreis Penahan Tekuk (SRTPT)

Tahap perencanaan SRTPT akan disesuaikan dengan SNI 7860:2015, yang mengacu pada AISC 341-16. Berbeda dengan struktur rangka terbreis lainnya, breising yang digunakan pada SRTPT adalah Buckling-Restrained Brace (BRB) atau breising tahan tekuk, yang terdiri dari sebuah *core* profil baja dan dibungkus oleh beton yang berfungsi sebagai elemen pengaku, sehingga kemungkinan *buckling* pada *core* baja tidak perlu dihiraukan. *Capacity design* seluruh bangunan nantinya akan mengacu pada kapasitas maksimum BRB tersebut.

2.3. Performance Based Design (PBD)

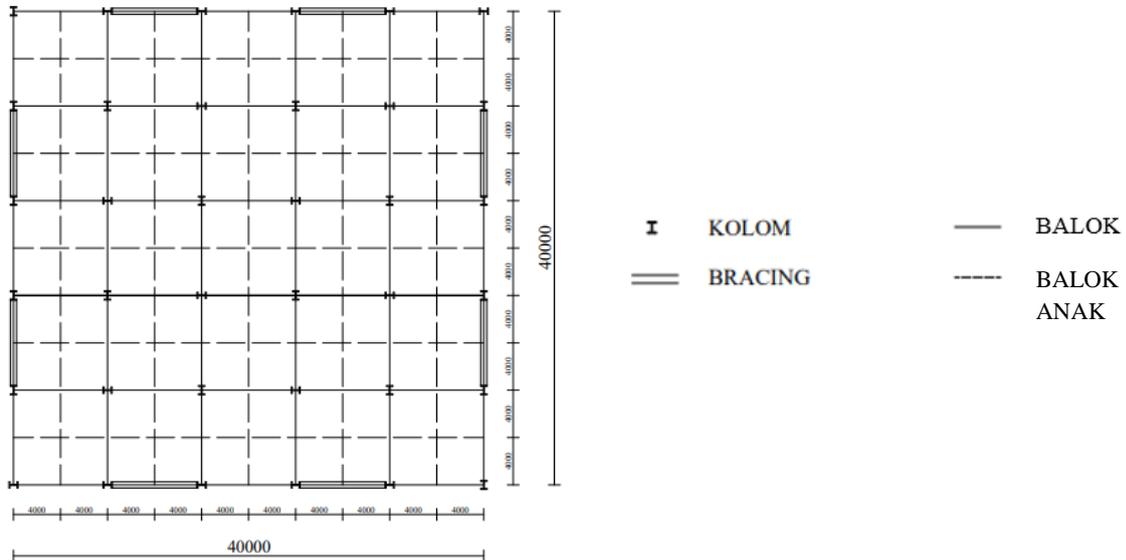
Dalam mendesain bangunan, perlu juga diperhatikan *performance* bangunan tersebut saat menerima beban seismik, yang dinamakan *Performance Based Design (PBD)*. Dalam PBD, parameter yang digunakan adalah IO (*Immediate Occupancy*), LS (*Life Safety*), dan CP (*Collapse Prevention*).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut adalah tahapan pelaksanaan penelitian ini:

1. Seluruh bangunan yang digunakan dalam penelitian ini akan didesain memiliki bentuk dan ukuran tipikal. Masing-masing sisi bangunan terdiri dari 5 bentang yang panjang tiap bentangnya 8 meter, dan pada bentang kedua dan keempat akan diberikan breising sesuai rencana awal desain. Setiap bangunan akan diteliti menggunakan sistem tunggal (*single system*). Langkah pertama adalah

memodelkan struktur secara 3D dan melakukan *preliminary design* dengan bantuan *software* ETABS v16.2.0. Denah bangunan yang akan diteliti dapat dilihat pada **Gambar 1** dan penamaan bangunan yang akan diteliti dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Denah Bangunan Sistem Tunggal

Tabel 1. Kode Penamaan Bangunan

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

2. Tahap pembebanan struktur, yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa *response spectrum* arah X dan arah Y
3. Melakukan pengecekan terhadap *base shear* yang timbul, dengan syarat total *base shear* yang timbul akibat *response spectrum* harus lebih besar dari 85% total *base shear* yang timbul dari metode perhitungan statik ekuivalen. Lalu untuk persentase *base shear* yang terjadi pada struktur, untuk sistem tunggal diusahakan terdistribusi lebih dominan pada bagian eksterior atau bagian terbreis.
4. Melakukan *capacity design* sesuai dengan ketentuan dan syarat dari SRTE dan SRTPT, serta melakukan pengecekan terhadap *drift* bangunan yang terjadi.
5. Evaluasi kinerja struktur berdasarkan *nonlinear time history analysis*.
6. Pembahasan hasil dan penarikan kesimpulan mengenai performa dan kinerja struktur.

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Setelah permodelan struktur pada ETABS v16.2.0 selesai, struktur kemudian mulai dianalisa. Hasil pendistribusian beban pada struktur sesuai dengan yang diharapkan, yaitu beban semaksimal mungkin diterima oleh portal eksterior dengan breising. Pendistribusian beban lateral pada struktur dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Persentase Gaya Lateral pada Bangunan

Jenis Bangunan	Base Shear (kN)	Distribusi Gaya (%)	
		Eksterior	Interior
5.2E.MX.J.12.T	15464.56	75.56%	24.44%
5.2E.MX.J.18.T	19298.05	78.57%	21.43%
5.2TT.MX.J.12.T	15732.32	53.98%	46.02%
5.2TT.MX.J.18.T	19906.91	64.14%	35.86%

Dikarenakan mutu baja beragam, maka semua mutu baja akan dikonversikan ke mutu A36 sehingga perhitungan berat struktur lebih tepat. Berat struktur sebelum dan sesudah *capacity design* dengan mutu yang telah dikonversikan ke mutu A36 dapat dilihat pada **Tabel 3**. Untuk rata-rata berat per luasan lantai dan persentase berat bangunan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 3. Berat Struktur Sebelum dan Sesudah Capacity Design

Jenis Bangunan	Berat Baja (Ton)		
	A36	A992 Gr. 50	Konversi A36
Sebelum Capacity Design			
5.2E.MX.J.12.T	1553.93	4.49	1560.26
5.2E.MX.J.18.T	2605.23	103.28	2750.85
5.2TT.MX.J.12.T	1529.84	0.00	1529.84
5.2TT.MX.J.18.T	2797.60	0.00	2797.60
Setelah Capacity Design			
5.2E.MX.J.12.T	2080.95	171.56	2322.85
5.2E.MX.J.18.T	3029.70	419.48	3621.16
5.2TT.MX.J.12.T	1512.58	304.78	1942.32
5.2TT.MX.J.18.T	2717.61	597.74	3560.43

Tabel 4. Rata – Rata Berat per Luasan Lantai

Jenis Bangunan	Berat Baja	Jumlah Lantai	Luas Total	AVG Berat/Luasan Lantai
	(ton)		(m ²)	(kg/m ²)
Sebelum Capacity Design				
5.2E.MX.J.12.T	1560.2609	12	19200	81.26
5.2E.MX.J.18.T	2750.851085	18	28800	95.52
5.2TT.MX.J.12.T	1529.84	12	19200	79.68
5.2TT.MX.J.18.T	2797.604889	18	28800	97.14
Setelah Capacity Design				
5.2E.MX.J.12.T	2322.8496	12	19200	120.98
5.2E.MX.J.18.T	3621.163782	18	28800	125.73
5.2TT.MX.J.12.T	1942.3198	12	19200	101.16
5.2TT.MX.J.18.T	3560.429937	18	28800	123.63

Struktur mengalami pembesaran profil setelah *capacity design*. Peningkatan berat struktur sesudah *capacity design* dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Kenaikan atau Penurunan Berat Struktur setelah Capacity Design

Jenis Bangunan	AVG Berat kg/m ²		Kenaikan (%)
	Sebelum <i>Capacity Design</i>	Sesudah <i>Capacity Design</i>	
5.2E.MX.J.12.T	81.26	120.98	148.88
5.2E.MX.J.18.T	95.52	125.73	131.64
5.2TT.MX.J.12.T	79.68	101.16	126.96
5.2TT.MX.J.18.T	97.14	123.63	127.27

Hasil dari *displacement* dan *drift ratio* untuk setiap bangunan dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

Tabel 6. Displacement Maksimum Akibat Gempa Periode Ulang 2500 Tahun

Jenis Bangunan	Displacement maksimum (m)
5.2E.MX.J.12.T	0.712
5.2E.MX.J.18.T	1.251
5.2TT.MX.J.12.T	0.867
5.2TT.MX.J.18.T	1.358

Tabel 7. Drift Ratio Maksimum Akibat Gempa Periode Ulang 2500 Tahun

Jenis Bangunan	Drift Ratio Maksimum (%)
5.2E.MX.J.12.T	2.238
5.2E.MX.J.18.T	2.245
5.2TT.MX.J.12.T	2.587
5.2TT.MX.J.18.T	2.990

Perbandingan ataupun kenaikan dan penurunan berat rata-rata dan *drift ratio* bangunan dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Kenaikan / Penurunan Berat Rata - Rata dan Drift Ratio

Jenis Bangunan	AVG Berat (kg/m)		Kenaikan / Penurunan (%)	Drift Ratio (%)		Kenaikan / Penurunan (%)
	12	18		12	18	
SRTE	120.98	125.73	103.93	2.24	2.25	100.31
SRTPT	101.16	123.63	122.21	2.59	2.99	115.58

Performa bangunan dapat dinilai melalui hasil *drift ratio* yang dibandingkan dengan FEMA 356-2000. Berikut merupakan kategori kerusakan menurut FEMA 356-2000 seperti tertera pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Klasifikasi Kerusakan Bangunan *Steel Braced Frame* berdasarkan FEMA 356-2000

Jenis Bangunan	Immediete Occupancy	Life Safety	Collapse Prevention	Unacceptable
	(IO)	(LS)	(CP)	(U)
5.2E.MX.J.12.T	-	-	-	2.24
5.2E.MX.J.18.T	-	-	-	2.25
5.2TT.MX.J.12.T	-	-	-	2.59
5.2TT.MX.J.18.T	-	-	-	2.99
<i>Drift Ratio (%)</i>	< 0.5	0.5-1.5	1.5-2.0	> 2.0

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pada bangunan struktur baja 5 bentang setinggi 12 lantai dan 18 lantai, baik sistem RTE maupun sistem RTPT memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Penerapan sistem RTE menghasilkan nilai *displacement* dan *drift ratio* yang lebih kecil pada bangunan, namun penggunaan sistem RTPT akan berdampak pada total berat material bangunan yang lebih ringan dibanding sistem RTE, sehingga sistem RTPT mengungguli sistem RTE dari segi keekonomisan.

6. DAFTAR REFERENSI

- 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.
- Author. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung, SNI 7860:2015*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Author. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2015*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Author. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2012*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Putra, K.H. dan Wijaya, D. (2019). *Perbandingan Kinerja Struktur Baja Rangka Terbreis Eksentris Sistem Tunggal dan Ganda Tipe V dan Multi-story X Pada Bangunan 12 dan 18 Lantai*. Unpublished Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Riani, E.P. dan Tania, A. (2018). "Perbandingan Sistem Tunggal dan Sistem Ganda Pada Bangunan Terbreis Eksentris Berbentuk V Terbalik dan Diagonal Pada Mid Rise Building". *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 7, No. 1.
- Author. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., United States of America.