

Buckling Restrained Brace (BRB) dengan Bentuk Penampang Persegi dan Lingkaran Terhadap Displacement pada Model Struktur Plane Frame

Andi Nur Anisah Rahayu Agich^{1*}, Victor Sampebulu¹, Hartawan Madeali¹

¹Departemen Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: ayuagich@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112020.03

Abstrak

Keterbatasan lahan menyebabkan bangunan jangkung menjadi pilihan yang tepat untuk dikembangkan guna mengurangi penggunaan lahan. Pada bangunan jangkung, struktur harus didesain agar mampu menahan gaya-gaya lateral (beban gempa) yang terjadi. Salah satu cara struktural agar kekakuan vertikal struktur meningkat, yaitu penambahan elemen struktur berupa bresing, Bresing konvensional merupakan struktur yang paling umum digunakan untuk menahan gaya-gaya lateral (beban gempa). Struktur ini memiliki kekakuan lateral yang sangat tinggi. Namun karena timbul perilaku tekuk dan kehilangan kekakuan lateral akibat adanya gaya tekan pada struktur, maka perilaku histeristik pada bresing konvensional sudah tidak dapat diandalkan lagi. Adapun *buckling restrained braces* merupakan bresing yang mampu menahan gaya tekan dan gaya tarik yang dapat menyebabkan tekuk pada struktur. Penelitian ini bertujuan mengungkap bentuk penampang ideal dengan membandingkan antara bentuk penampang persegi dan lingkaran. Pengujian dilakukan dengan membandingkan *displacement* yang terjadi pada *buckling restrained braces* dengan bentuk penampang persegi dan lingkaran pada model struktur *plane frame*. Beban yang diberikan pada model struktur *plane frame* adalah beban aksial berupa beban tekan dan tarik 100 kN, 200 kN, 300 kN, 400 kN dan 500 kN. Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata *displacement* pada 6 tipe bresing dengan bentuk penampang persegi adalah 0,18360 mm, sedangkan pada 6 tipe bresing dengan bentuk penampang lingkaran adalah 0,18354 mm. Sehingga selisih nilai rata-rata *displacement* bresing dengan bentuk penampang persegi dan lingkaran adalah 0,00006 mm.

Abstract

Displacement of Buckling Restrained Brace (BRB) with Square and Circular Cross Section on Plane Frame Structure Model. Limited land makes tall buildings the right choice to be developed in order to reduce land use. In tall buildings, the structure must be designed to be able to withstand the lateral forces (earthquake loads) that occur. One of the structural ways to increase the vertical stiffness of the structure is the addition of structural elements in the form of braces. Conventional braces are the most common structures used to withstand lateral forces (earthquake loads). This structure has very high lateral stiffness. However, due to bending behavior and loss of lateral stiffness due to the compressive force on the structure, the hysterical behavior of conventional braces is no longer reliable. Buckling Restrained Braces are braces that are able to withstand compressive and tensile forces that can cause buckling of the structure. This study aims to reveal the ideal cross-sectional shape by comparing the rectangular and circular cross-sections. The test is carried out by comparing the average displacement of 6 types of square braces and 6 types of circular braces in the plane frame structure model. The loads given to the plane frame structure model are axial loads in the form of compressive and tensile loads of 100 kN, 200 kN, 300 kN, 400 kN and 500 kN. Based on the research results, the displacement average value for 6 types of braces with a square section is 0.18360 mm, while for 6 types of braces with a circular cross section is 0.18354 mm. So that the difference in the average value of the bracing displacement with the shape of the square and circular sections is 0.00006 mm.

Kata Kunci: *Buckling restrained brace, bentuk penampang, displacement, model struktur plane frame*

1. Pendahuluan

Keterbatasan lahan menyebabkan manusia mencari alternatif untuk menyiasati sempitnya lahan untuk berbagai kegiatan dengan inovasi-

inovasi terhadap bangunan vertikal. Bangunan jangkung menjadi pilihan yang tepat untuk dikembangkan guna mengurangi penggunaan lahan. Akan tetapi, bangunan jangkung harus menghadapi tantangan tersendiri dalam



perancangan struktur dan pembangunannya untuk memperoleh kestabilan bangunan gedung serta kenyamanan bagi penghuni gedung.

Selain diperoleh dari kekuatan dan kekakuan elemen penyusun sistem struktur, kestabilan suatu sistem struktur dapat diperoleh dengan mengikat elemen-elemen sistem struktur satu sama lain sehingga deformasi yang terjadi pada sistem struktur akibat beban yang bekerja menjadi relatif lebih kecil. Pada struktur yang stabil, gaya-gaya dalam sistem struktur tersebut memberikan kecenderungan untuk mengembalikan struktur ke bentuk semula. Sebaliknya, pada struktur yang tidak stabil gaya dalam yang bekerja tidak mampu menahan beban yang diberikan sehingga struktur tersebut runtuh seketika.

Stabilitas adalah hal yang cukup sulit dalam perencanaan struktur yang merupakan gabungan dari beberapa elemen-elemen struktur. Beberapa elemen struktur dapat menahan beban vertikal tertentu dengan nilai yang cukup besar tetapi tidak dapat menahan beban horizontal seperti gempa.

Pada saat gempa terjadi, gedung akan mengalami simpangan horisontal (*drift*) dan apabila simpangan horisontal ini melebihi syarat aman yang telah ditetapkan oleh peraturan yang ada maka gedung rentan terhadap keruntuhan. Untuk mengatasi hal tersebut, struktur harus didesain agar mampu menahan gaya-gaya lateral (beban gempa) yang terjadi. Ada beberapa cara struktural agar kekakuan vertikal struktur meningkat, yaitu penambahan beberapa elemen struktur seperti bresing, dinding geser, atau dengan mengubah hubungan antara elemen struktur.

Bresing konvensional merupakan struktur yang paling umum digunakan untuk menahan gaya-gaya lateral (beban gempa). Struktur ini memiliki kekakuan lateral yang sangat tinggi. Namun karena timbul perilaku tekuk dan kehilangan kekakuan lateral akibat adanya gaya tekan pada struktur, maka perilaku histeristik pada bresing konvensional sudah tidak dapat diandalkan lagi [1]. Sebaliknya, *buckling restrained braces* merupakan bresing yang mampu mengakomodasi dan menahan gaya tekan yang dapat menyebabkan tekuk pada struktur.

Buckling Restrained Braces pertama kali diterapkan di Jepang pada tahun 1989 yang sekarang banyak di seluruh dunia seperti di Amerika Serikat, Taiwan, Cina, Turki, dan Selandia Baru [2]. Keandalan *Buckling Restrained Braces* telah dihasilkan dari berbagai penelitian dan pengujian, diantaranya, Di Sarno [1] yang meneliti *retrofitting* dengan *Buckling Restrained Brace* yang diaplikasikan pada bangunan (2 lantai) beton bertulang juga menunjukkan hasil yang baik dimana diperoleh *displacement* global dan lokal berkurang setelah *diretrofitting*, pada bangunan eksisting simpangan antar lantai 2,34% pada CPLS dan 1,92% pada LSLs, sebaliknya untuk struktur *retrofitting* simpangan antar lantai berkurang menjadi 0,84% pada CPLS dan 0,65% pada LSLs serta lebih dari 60% energi dapat didisipasi oleh *Buckling Restrained Braces* ini.

Selain itu, menurut Apriani [3] Struktur *Buckling Restrained Braces* berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang bekerja pada suatu portal sehingga dapat meminimalisir deformasi horizontal dan simpangan yang terjadi. Salah satu kelebihan dari *Buckling Restrained Braces* dibandingkan dengan bresing lainnya adalah kuat menahan gaya tekan maupun tarik.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, perlu dilakukan adanya suatu pengembangan analisis mengenai perilaku *Buckling Restrained Braces*. Analisa yang dilakukan dikembangkan dengan membandingkan *Buckling Restrained Braces* dari dua bentuk penampang, yaitu penampang persegi dan penampang lingkaran dengan baja inti jenis baja WF (*Wide Flange*). Untuk menganalisa hal tersebut digunakan model struktur *plane frame* dengan analisis menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building Systems*).

2. Metodologi

Jenis penelitian pada penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif menggunakan instrumen (alat pengumpul data) yang menghasilkan data numerikal (angka). Instrumen pada penelitian ini adalah software ETABS (*Extended Three Dimension Analysis of Building Systems*).



Metode penelitian pada penelitian ini adalah metode *modelling and simulation* yang dilakukan dengan cara pemodelan model struktur *plane frame* pada software *ETABS (Extended Three Dimension Analysis of Building Systems)* yang kemudian diberikan simulasi pembebanan dan dianalisis *displacement* yang terjadi.

Objek penelitian pada penelitian ini adalah model struktur *plane frame*. Sedangkan unit penelitian pada penelitian ini adalah *Buckling Restrained Brace (BRB)*.

Variabel bebas merupakan variabel yang memengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat [4]. Variabel bebas pada penelitian ini adalah bentuk penampang bresing.

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena

adanya variabel bebas [4]. Variabel terikat pada penelitian ini adalah *displacement* pada model struktur *plane frame*.

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti [4]. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah model struktur, dimensi dan mutu elemen struktur, pembebanan yang diberikan, dan luas penampang bresing.

2.1. Tahap Modifikasi Model

Karakteristik material baja [5] dan beton [6] diinput pada software *ETABS* melalui tahapan *Define – Material Properties – Add New Material – Material Weight and Mass – Mechanical Property Data* berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik material baja dan beton

Material	Berat Jenis	ρ (Kg/m ³)	E (MPa)	U	A (1/C)	G (MPa)
Baja	78,49	8003,7	199947,9	0,3	0,0000117	76903,07
Beton	23,5631	2402,77	25742,95	0,2	0,0000099	10726,23

Keterangan:

- ρ : Massa Jenis
- E : Modulus Elastisitas
- U : Rasio *Poisson*
- A : Koefisien Pemuaian Termal
- G : Modulus Geser

Mutu baja (SNI 1729:2015) yang digunakan diinput pada software *ETABS* melalui tahapan *Define – Material Properties – Add New Material – Modify/Show Material Property Design Data* berdasarkan Tabel 2.

Tabel 2. Mutu baja

Mutu Baja	F_y (MPa)	F_u (MPa)	F_{ye} (MPa)	F_{ue} (MPa)
BJ55	410	550	451	605

Keterangan:

- F_y : Tegangan Leleh Tarik
- F_u : Tegangan Putus Tarik
- F_{ye} : Tegangan Efektif Leleh Tarik
- F_{ue} : Tegangan Efektif Putus Tarik

Mutu beton (SNI 6880:2016) yang digunakan diinput pada software *ETABS* melalui tahapan *Define – Material Properties – Add New Material – Modify/Show Material Property Design Data* berdasarkan Tabel 3.

Tabel 3. Mutu beton

Mutu Beton	Kuat Tekan (MPa)
K900	74,7
K700	58,1
K500	41,5
K450	37,35

Pada panjang bresing yang sama agar kedua jenis penampang memiliki volume yang sama, maka untuk menentukan dimensi pada penampang bresing digunakan Persamaan 1.

$$d = \sqrt{\frac{4s^2}{\pi}} \tag{1}$$

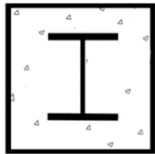

dimana

- d : Diameter penampang lingkaran (mm)
- s : Panjang sisi penampang persegi (mm)
- π : Konstanta phi (3,14)

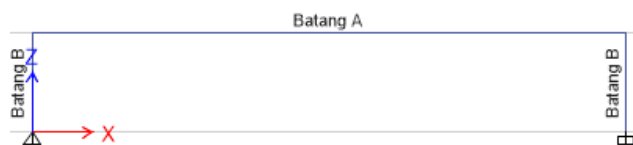


Berdasarkan Persamaan 1, didapatkan dimensi *Buckling Restrained Brace (BRB)* pada Tabel 4.

Tabel 4. Dimensi *Buckling Restrained Brace (BRB)*

Spesifikasi Bresing	Bentuk Penampang	
	Persegi	Lingkaran
Potongan <i>Buckling Restrained Brace (BRB)</i>		
Dimensi Baja	WF 250.250.15.15	
Mutu Baja	BJ 55	
Dimensi Beton	Panjang Sisi: 370 mm	Diameter: 418,85 mm
Mutu Beton	K500	
Dimensi <i>Steel Tube</i>	Panjang Sisi: 400 mm	Diameter: 452,8 mm
Tebal <i>Steel Tube</i>	15 mm	16,87 mm
Mutu <i>Steel Tube</i>	BJ 55	
Luas Penampang	126.100 mm ² (Beton)	10.800 mm ² (Baja)
	23.100 mm ² (<i>Steel Tube</i>)	
Tahapan Penginputan pada ETABS	'Define – Section Properties – Frame Sections – Add New Property – Section Designer'	

Model yang digunakan pada pengujian ini adalah model struktur *plane frame*. Model struktur *plane frame* adalah suatu sistem struktur dengan rangkaian batang-batang berupa rangka yang menyokong suatu sistem konstruksi dalam konfigurasi bidang (2 dimensi). Model terdiri dari batang A (bresing) sepanjang 6 m dan batang B (penopang) setinggi 1 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model struktur *plane frame*

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih optimal, batang B (penopang) memiliki dimensi serta mutu yang lebih rendah dibandingkan dengan batang A (bresing). Batang B (penopang) memiliki panjang batang 1 m dengan mutu B0 (8,3 MPa) dan luas penampang 400 mm² sedangkan batang A memiliki panjang batang 6 m dengan mutu beton K500 (41,5 MPa)

dan luas penampang 160.000 mm² seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Adapun dimensi serta mutu batang diinput pada program ETABS melalui tahapan 'Define – Material Properties – Add New Material – Modify/Show Material Property Design Data'.

Tabel 5. Spesifikasi model struktur *plane frame*

Spesifikasi Batang	Jenis Batang	
	Batang A	Batang B
Panjang Batang	6 m	1 m
Mutu Beton	K500 (41,5 MPa)	B0 (8,3 MPa)
Luas Penampang	160.000 mm ²	400 mm ²

Agar batang B (penopang) tidak memberi pengaruh yang signifikan terhadap kinerja batang A (bresing), sambungan antara kedua batang diatur untuk tidak menahan momen maupun geser pada sumbu x, y dan z yang diterapkan melalui tahapan 'Assign – Frame – Releases/Partial Fixity' Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sambungan model struktur *plane frame*

Adapun agar memenuhi syarat kestabilan struktur, sambungan pada tumpuan batang B (penopang) diatur untuk menahan momen maupun geser pada sumbu x, y dan z yang diterapkan melalui tahapan 'Assign – Joint – Restraints' seperti yang ditunjukkan Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik sambungan model struktur *plane frame*

<i>Restraint in Global Direction</i>	Antara Batang A dan B	Tumpuan Batang B (kiri)	Tumpuan Batang B (kanan)
<i>Translation x</i>	-	✓	✓
<i>Translation y</i>	-	✓	✓
<i>Translation z</i>	-	✓	✓
<i>Rotation about x</i>	-	-	✓
<i>Rotation about y</i>	-	-	✓
<i>Rotation about z</i>	-	-	✓



2.2. Tahap Pembebanan

Beban yang diberikan pada model struktur *plane frame* adalah beban aksial berupa beban tekan dan tarik. Beban diinput pada program ETABS melalui tahapan 'Assign – Frame Loads – Points – Direction of Load Application - Global- X' dengan spesifikasi arah dan nilai pembebanan seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Titik arah dan nilai pembebanan pada model struktur *plane frame*

Jenis Beban	Titik Arah dan Nilai Pembebanan			
	0.00 (kN)	0.25 (kN)	0.75 (kN)	1.00 (kN)
Beban Tekan	100	0	0	-100
	200	0	0	-200
	300	0	0	-300
	400	0	0	-400
	500	0	0	-500
Beban Tarik	-100	0	0	100
	-200	0	0	200
	-300	0	0	300
	-400	0	0	400
	-500	0	0	500

Gambar 3 menunjukkan arah pembebanan pada model struktur *plane frame* untuk beban tekan dan tarik.



Gambar 3. Arah pembebanan pada model struktur *plane frame*

2.3. Tahap Analisis

Pada analisis model struktur *plane frame*, hal yang ditinjau adalah *displacement* batang A (bresing) akibat beban aksial (tekan dan tarik). Nilai tersebut kemudian dibandingkan antara bentuk penampang persegi dan lingkaran.

3. Hasil dan Pembahasan

Displacement merupakan perpindahan posisi kedua ujung rangka akibat adanya beban pada batang. Adapun berdasarkan hasil analisis pada program ETABS, *displacement* yang terjadi akibat beban aksial yang diberikan ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

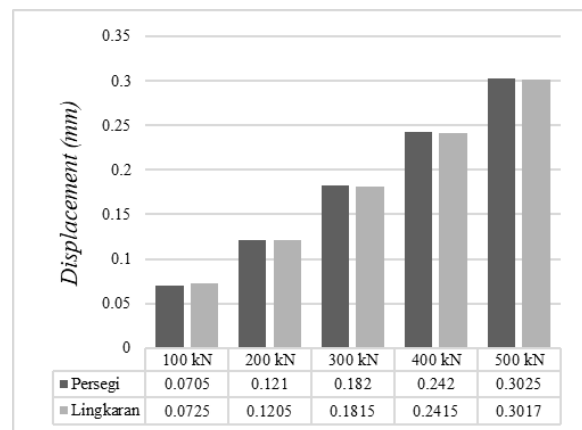
Tabel 8. Nilai *displacement* model struktur *plane frame* pada beban tekan

Beban	<i>Displacement</i> (mm) pada beban tekan	
	Persegi	Lingkaran
100 kN	0,0800	0,0840
200 kN	0,1210	0,1200
300 kN	0,1820	0,1820
400 kN	0,2420	0,2420
500 kN	0,3030	0,3020

Tabel 9. Nilai *displacement* model struktur *plane frame* pada beban tarik

Beban	<i>Displacement</i> (mm) pada beban tarik	
	Persegi	Lingkaran
100 kN	0,0610	0,0610
200 kN	0,1210	0,1210
300 kN	0,1820	0,1810
400 kN	0,2420	0,2410
500 kN	0,3020	0,3014

Berdasarkan nilai *displacement* pada Tabel 8 dan Tabel 9, diperoleh grafik rata-rata *displacement* model struktur *plane frame* pada beban tekan dan tarik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rata-rata *displacement* model struktur *plane frame* pada beban tekan dan tarik



Berdasarkan grafik pada Gambar 4, dapat disimpulkan keunggulan antara bentuk penampang persegi dan lingkaran sebagai berikut:

- 1) Pada beban tekan 100 kN, bresing persegi memiliki nilai rata-rata *displacement* yang lebih kecil dibandingkan persegi lingkaran, sedangkan pada beban tekan 200 kN, 300 kN dan 500 kN bresing lingkaran memiliki nilai rata-rata *displacement* yang lebih kecil dibandingkan bresing persegi.
- 2) Pada beban tarik 100-500 kN, bresing lingkaran memiliki nilai rata-rata *displacement* yang lebih kecil dibandingkan bresing persegi.
- 3) Secara keseluruhan, bentuk penampang persegi memiliki nilai rata-rata *displacement* yaitu 0,18360 mm, sedangkan pada bentuk penampang lingkaran memiliki nilai selisih rata-rata *displacement* 0,00006 mm lebih rendah dibandingkan bentuk penampang persegi yaitu 0,18354 mm.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa pengujian terhadap model struktur *plane frame* pada beban tekan dan tarik 100 kN, 200 kN, 300 kN, 400 kN dan 500 kN menghasilkan nilai rata-rata *displacement* pada bresing dengan bentuk penampang persegi adalah 0,18360 mm, sedangkan pada bresing dengan bentuk penampang lingkaran adalah 0,18354 mm. Sehingga selisih nilai rata-rata *displacement* bresing dengan bentuk penampang persegi dan lingkaran adalah 0,0006 mm.

Referensi

- [1] L. Di Sarno and G. Manfredi, "Seismic Retrofitting with Restrained Braces: Application to an Existing Non-Ductile RC Framed Building," *Journal of Structure Engineering*, 2010.
- [2] T. Takeuchi and A. Wada, "Review of Buckling-Restrained Brace Design and Application to Tall Buildings," *International Journal of High-Rise Buildings*, vol. 7, no. 3, pp. 187-195, 2018.
- [3] W. Apriani, Analisis Buckling Restrained Braces System Sebagai Retrofitting Pada Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa Kuat, Depok: Universitas Indonesia, 2012.
- [4] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif, Bandung: Alfabeta, 2017.
- [5] SNI:1729:2015, Spesifikasi untuk bangunan gedung baja, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [6] SNI:6880:2016, Spesifikasi Beton Struktural, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

