

STUDI EXPERIMENTAL BALOK SLOOF-KOLOM PADA RUMAH INSTAN STRUKTUR BAJA DENGAN METODE PEMBEBANAN SIKLIK

Heribertus Sigit Kianjaya, Iman Satyarno, dan Bambang Suhendro

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
Email : heribertussigit@mail.ugm.ac.id

Abstract: *Rumah Instan Struktur Baja (RISBA)*, is a model of building that can be used in reconstruction of damaged community housings struck off by earthquake in Lombok. The RISBA house was chosen because in terms of materials that are relatively easy to find and made of lightweight materials, in terms of cost it is relatively cheaper and and in terms of construction time it is relatively faster than other type of buildings made of concrete. To determine the column resistance of the RISBA house, experimental study was conducted on the cyclic behaviour of a column (representing one half of the actual column height) of 1500 mm jointed on a sloof beam of 750 mm long. The cyclic test is carried out based on the method of ASTM-E2126. The steel material has the following proerties : $f_y = 268.104$ MPa , and $f_u = 331.311$ MPa, while compressive strength of the mortar used is $f_c' = 9.122$ MPa. The resulting hysteresis loops and envelope curve for SB-1 specimen are : (a) the Ppeak (+) is 5.01 kN at a displacement of 84 mm with drift ratio of 5.6%, (b) the Ppeak (-) is 4.93 kN at a displacement of 84 mm with a drift ratio of 5.6%. The difference between SB-1 and SB-2 on Ppeak (+) is 0.02 kN, while that of Ppeak (-) is 0.2 kN. The failure type on SB-1 specimen is in the form of local buckling on the column, and compression failure on the sloof beam, while the failure type on SB-2 specimen is in the form of compression on the sloof beam but there is no buckling failure on the column.

Keyword : RISBA, steel, cyclic, envelope curve, hysteresis curve

Abstrak: Rumah Instan Struktur Baja (RISBA), merupakan model bangunan yang dapat digunakan dalam rekonstruksi perumahan masyarakat yang rusak dilanda gempa di Lombok. Rumah RISBA dipilih karena dari segi bahan yang relatif mudah ditemukan dan terbuat dari bahan ringan, dari segi biaya relatif lebih murah dan dan dari segi waktu konstruksi relatif lebih cepat dibandingkan jenis bangunan lain yang terbuat dari beton. Untuk menentukan resistensi kolom rumah RISBA, studi eksperimental dilakukan pada perilaku siklik kolom (mewakili setengah dari tinggi kolom aktual) 1500 mm yang di sendi pada balok sloof sepanjang 750 mm. Tes siklik dilakukan berdasarkan metode ASTM-E2126. Bahan baja memiliki proerties berikut: $f_y = 268.104$ MPa , dan $f_u = 331.311$ MPa, sedangkan kekuatan kompresi mortar yang digunakan adalah $f_c' = 9.122$ MPa. Loop histeresis yang dihasilkan dan kurva amplop untuk spesimen SB-1 adalah : (a) Ppeak (+) adalah 5,01 kN pada perpindahan 84 mm dengan rasio drift 5,6%, (b) Ppeak (-) adalah 4,93 kN pada perpindahan 84 mm dengan rasio drift 5,6%. Selisih antara SB-1 dan SB-2 pada Ppeak (+) adalah 0,02 kN, sedangkan Ppeak (-) adalah 0,2 kN. Jenis kegagalan pada spesimen SB-1 adalah dalam bentuk buckling lokal pada kolom, dan kegagalan kompresi pada balok sloof, sementara jenis kegagalan pada spesimen SB-2 adalah dalam bentuk kompresi pada balok sloof tetapi tidak ada kegagalan buckling pada kolom.

Kata Kunci: RISBA, baja, siklik, envelope curve, hysteresis curve

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap bencana gempa bumi, dapat dilihat pada beberapa tahun belakangan ini telah terjadi gempa di berbagai wilayah di Indonesia. Wilayah yang terkena gempa antara lain: Yogyakarta pada 27 Mei 2006 dengan kekuatan 5.6 SR, Lombok pada 29 Juli 2018 dengan

kekuatan 6,4 Mw, dan Palu pada 28 September 2018 dengan kekuatan 7,4Mw. Dapat dilihat dari dampak gempa dari tahun ke tahun bahwa kerusakan rumah masyarakat umumnya adalah tembokan dengan bahan seperti beton, dan pada umumnya bangunan yang rusak akibat gempa tidak dibangun dengan sesuai peraturan yang tersedia.

Rumah Instan Struktur Baja (RISBA), merupakan model bangunan yang dapat digunakan dalam mengatasi permasalahan dalam menangani rekonstruksi bangunan masyarakat yang terkena dampak gempa di Lombok. Dipilih bangunan RISBA karena dimana dalam segi material yang relative mudah ditemui dan terbuat dari bahan yang ringan, dari segi biaya relative lebih murah sekitar ± 50 juta untuk satu rumah dan dari segi waktu dalam pembuatan bangunan relative lebih cepat dari pada bangunan berbahan beton. Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian terhadap material baja dengan sistem pengujian siklik, salah satunya dengan pengujian pada kantilever baja dengan ukuran $400 \times 200 \times 13 \times 8$ cm dimana didapat pada pada beban 50.1 kN terjadi kerusakan pada sambungan las mengalami fase retak [Epafroditus,2017].

Untuk beban maksimum yang dapat ditahan kolom baja profil C ganda dengan ukuran $35.8 \times 68.6 \times 1.9$ mm, pada panjang kolom 1000 mm dan 3500 mm masing-masing mampu menahan beban maksimum 5399.46 kg dan 3199.68 [Aditya,2012].



Gambar 1. Model Bangunan RISBA (Ashar Saputra)

METODE PENELITIAN

Benda Uji

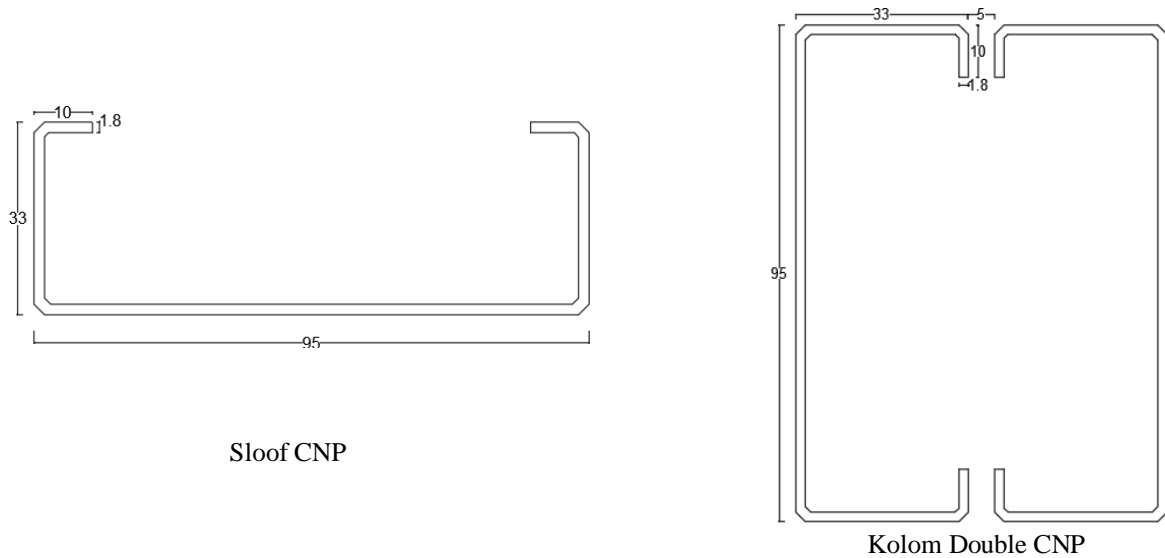
Benda uji berupa kolom baja dengan sloof, berjumlah 2 buah benda uji. Satu benda uji dengan kolom baja tanpa mortar dan untuk satu benda uji yang lain dengan kolom baja dengan isian mortar. Untuk detail penampang kolom menggunakan baja double CNP 100 sedangkan untuk sloof dengan CNP 100, pada bagian stiffener menggunakan besi siku ukuran 40 dan 70.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian pada balok sloof-kolom double CNP dengan metode pembebanan monotonik, dimana pada penelitian tersebut menggunakan ukuran profil baja CNP $95 \times 33 \times 10 \times 1.8$ mm, didapatkan untuk arah sumbu lemah tanpa isi Ppeak 4,44 kN dan dengan isian 6,131 kN dan terjadi kerusakan buckling pada penampang kolom [Sanggabuana,2021].

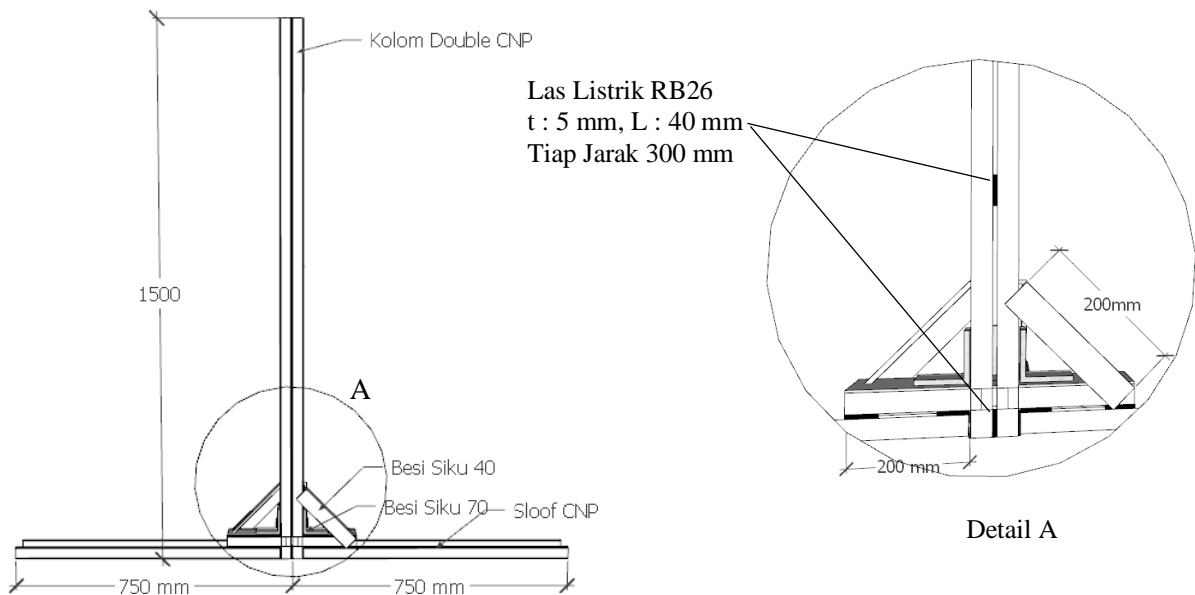
Telah dilakukan analisis dengan SAP 2000 untuk mencari frekuensi alami struktur RISBA dengan ukuran 6×6 m didapatkan untuk frekuensi alami nya sebesar 5,0497 (Hz) [Reza,2021].

Dilakukan penelitian experimental terhadap balok sloof-kolom baja pada RISBA dengan menggunakan metode pembebanan berulang, dilakukan pengujian experimental dengan menggunakan metode ini untuk mengetahui perilaku pada balok sloof-kolom apabila terkena beban berulang, untuk menambahkan informasi tentang ketahanan bangunan baja apabila terkena gempa berulang, untuk model bangunan RISBA yang telah diaplikasikan dapat dilihat pada gambar 1.

Untuk ukuran benda uji sendiri dengan kolom $\frac{1}{2}$ H atau 1500 mm dan untuk sloof 750 mm Untuk detail lebih lanjut dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3. Untuk Mutu baja yang digunakan berdasarkan hasil uji tarik $F_y = 268.104$ MPa, dan $F_u = 331.311$ MPa, sedangkan untuk mortar menggunakan pasir semen 1:5 telah dilakukan uji laboratorium dengan mutu $F_c' = 9.122$ MPa. Pengujian dilakukan setelah mortar berumur lebih dari 28 hari, dapat dilihat pada tabel 1 untuk variasi benda uji yang digunakan.



Gambar 2. Detail Penampang Kolom dan Sloof



Gambar 3. Detail Benda Uji

Tabel 1. Variasi Benda Uji

Spesimen	Arah Pembebanan	Variasi	Jumlah
SB-1	Arah Y	Tanpa Isi	1
SB-2	Arah Y	Dengan Mortar	1

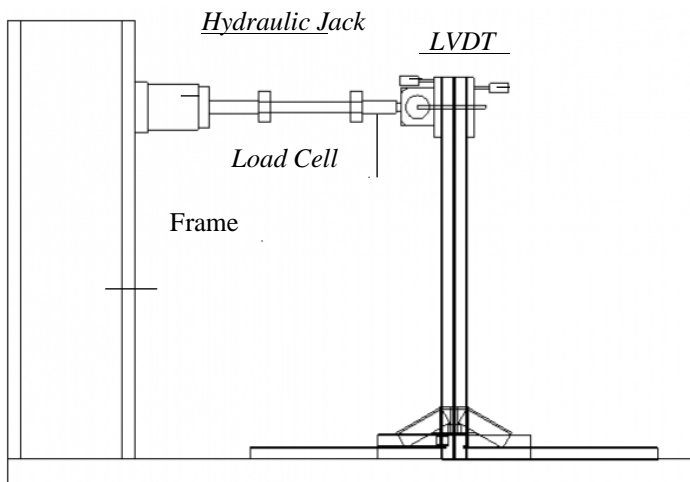
Instrumentasi dan *Set-up* pengujian

Untuk *Set up* pada saat pengujian dilihat pada gambar 4, metode pembebanan dilakukan dari arah sumbu lemah benda uji baik benda uji kolom tanpa isian mortar dan dengan isian mortar. Pemberian gaya dorong dan tarik menggunakan *hydraulic jack*, sedangkan untuk pembacaan beban yang diterima menggunakan *load cell* dengan kapasitas 5 ton, dan untuk mengetahui *displacement* pada spesimen menggunakan *Linear Vertical*

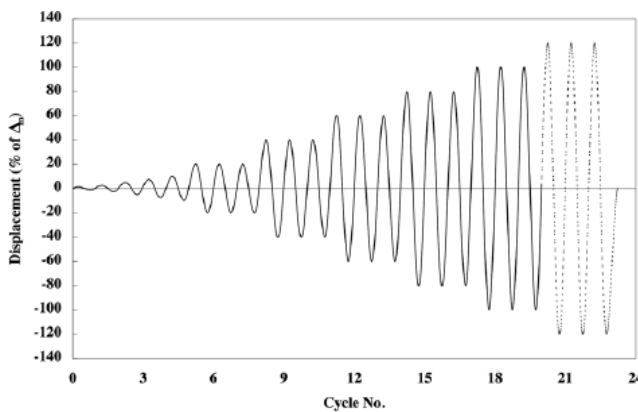
Displacement Transducer (LVDT) dengan panjang *guage* 50 mm dan 100 mm.

Displacement

Pembebanan pada pengujian experimental siklik berdasarkan ASTM-E2126, dimanadisplacement yang digunakan pada pengujian experimental siklik dibagi menjadi beberapa siklus di mana setiap siklus memiliki *displacement* yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar 5 untuk metode pembebanan berulang.



Gambar 4. Set Up Benda Uji



Pattern	Step	Minimum Number of Cycles	Amplitude, % Δ_m
1	1	1	1.25
	2	1	2.5
	3	1	5
	4	1	7.5
	5	1	10
2	6	3	20
	7	3	40
	8	3	60
	9	3	80
	10	3	100
	11	3	Additional increments of 20 (until specimen failure)

Gambar 5. Metode Pembebanan (E2126-11)

Kekakuan Elastis (K_e)

Kekakuan elastis berdasarkan ASTM-E2126 dimana menggunakan kemiringan dari beban hasil uji experimental, dapat dilihat dari persamaan 1.

$$K_e = \frac{0.4P_{peak}}{\Delta_e} \tag{1}$$

$$\Delta_e = 0.4P_{peak} \tag{2}$$

Keterangan :

K_e = Kekakuan elastis (kN)

Δ_e = Displacement elastis (mm)

P_{peak} = Beban puncak (kN)

Kondisi Leleh

Pada saat kondisi leleh (P_{yield}) dan Δ_{yield}

berdasarkan ASTM-E2126 dapat dilihat pada persamaan 3 dan 4.

$$P_{yield} = \Delta_u - \sqrt{\Delta_u^2 - \frac{2A}{K_e} K_e} \tag{3}$$

$$\Delta_{yield} = \frac{P_{yield}}{K_e} \tag{4}$$

Keterangan :

P_{yield} = Beban leleh (kN)

Δ_{yield} = Displacement yield (mm)

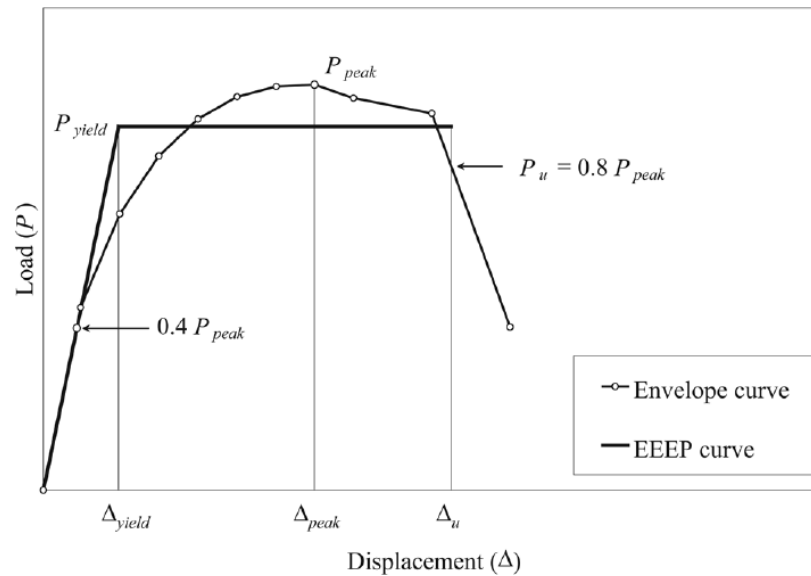
Δ_u = Displacement ultimit (mm)

A = Luas dibawah kurva (kN.mm)

K_e = Kekakuan elastis (kN/mm)

Jika $\Delta_u^2 < 2A/K_e$ maka untuk $P_{yield} = 0.85 P_{peak}$

Untuk mengetahui kurva elastis-plastis lebih jelas dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kurva Elastis-Plastis (E2126-11)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian kolom baja dengan sloof yang dilakukan pengujian secara siklik didapat kurva *hysteresis loops* dimana kurva yang didapat dihasilkan dari hubungan antaran beban dan *displacement*. Untuk pembacaan beban dari *load cell* dan pembacaan *displacement* dari *LVDT*. Dari kurva *hysteresis curve* didapatkan *envelope curve* dimana didapat dari hubungan beban puncak dan *displacement* pada setiap awal siklus.

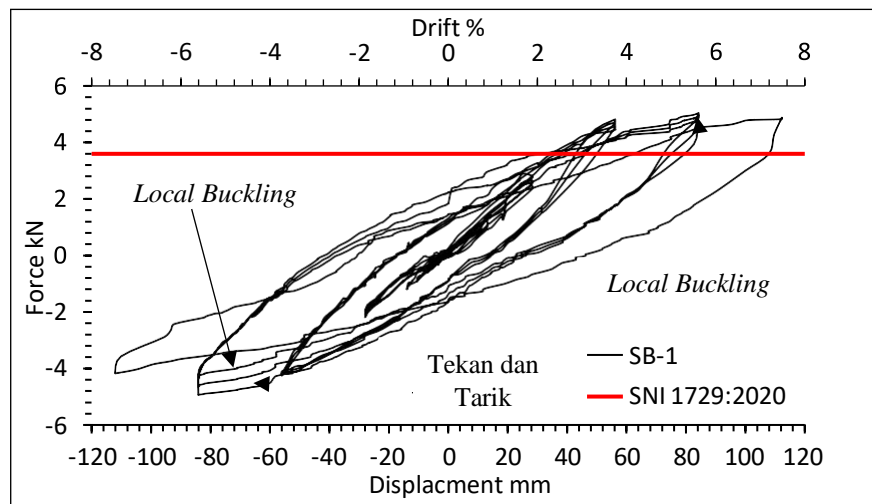
Hysteresis Loops

Dari hasil pengujian pada spesimen SB-1 dan SB- 2 didapat *hysteresis loops*, di mana perbandingan *hysteresis loops* dapat dilihat pada gambar 7 (a) untuk *hysteresis loops* pada kolom tanpa mortar (SB-1), (b) untuk *hysteresis loops* kolom dengan mortar (SB-2), dan (c) perbandingan *hysteresis loops* antara kedua spesimen.

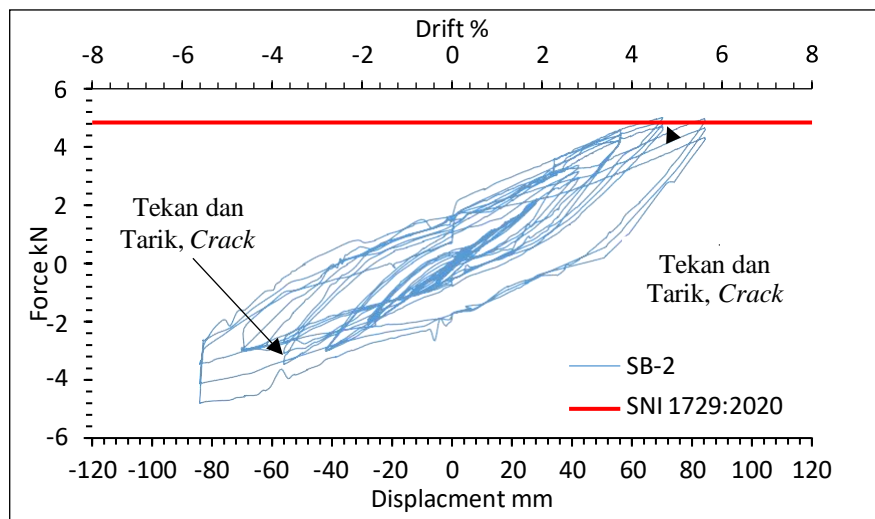
Envelope Curve

Envelope Curve merupakan kurva yang terdiri

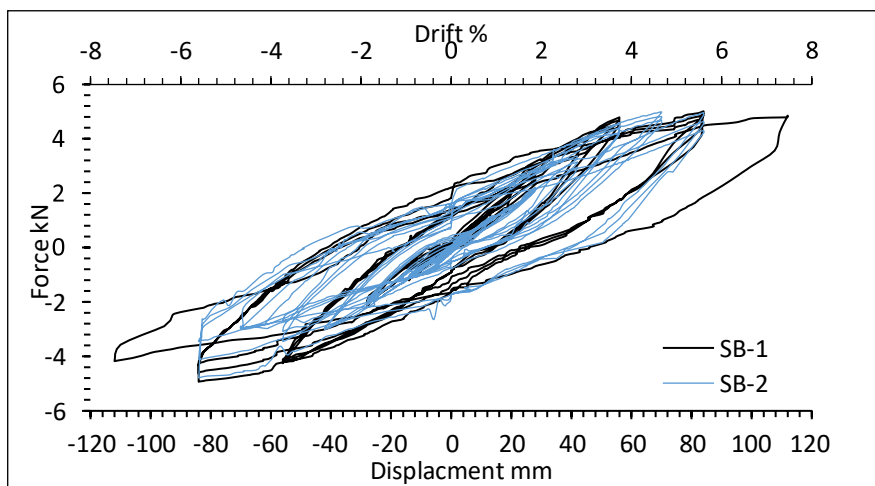
dari beban puncak pada tiap siklus pembebanan bolak balik. Pada *displacement* arah positif menghasilkan *envelope curve* positif dan pada arah negative menghasilkan *envelope curve* negative. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada kurva di gambar 8. Dapat dilihat dari hasil pengujian bahwa spesimen SB-1 dan SB-2 mengalami perbedaan antara beban lateral maksimum tekan dan tarik serta penurunan beban tekan dan tarik pada *drift ratio* yang berbeda. Dapat dilihat pada spesimen SB-1 untuk beban lateral positif sebesar 5.01 kN pada *displacement* 84 mm dengan *drift ratio* 5.6% dan untuk beban lateral negative sebesar 4,93 kN pada *displacement* 84 mm dengan *drift ratio* 5.6%. Pada spesimen SB-2 untuk beban lateral positif sebesar 4,99 kN pada *displacement* 70 mm dengan *drift ratio* 4.6% dan untuk beban lateral negative sebesar 4,79 kN pada *displacement* 84 mm dengan *drift ratio* 5.6%. Dari hasil tersebut dapat ditunjukkan bahwa pada spesimen SB-1 dan SB-2 mengalami selisih yang tidak beda jauh yaitu pada P_{peak} (+) dengan selisih 0.02 kN dan pada P_{peak} (-) 0.2 kN dalam menahan beban lateral arah positif maupun arah negatif.



(a)

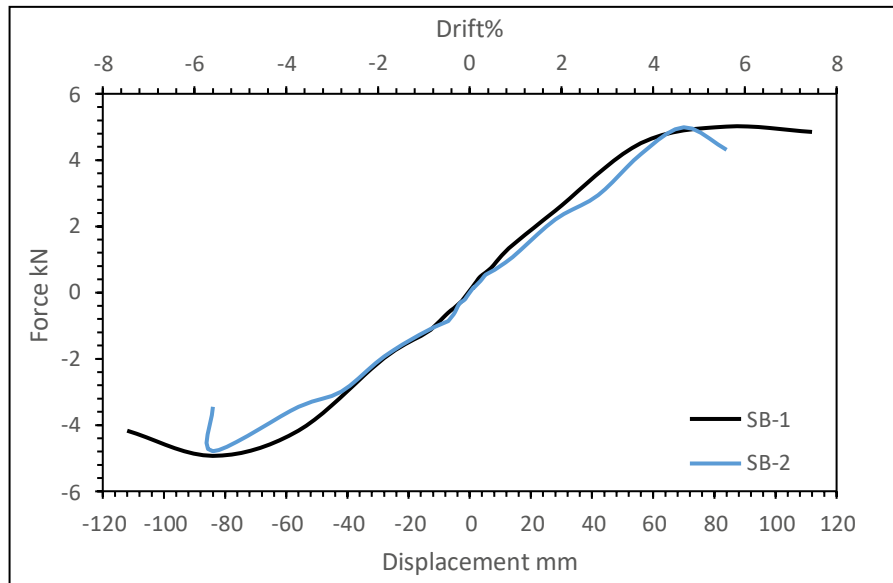


(b)



(c)

Gambar 7. Hysteresis Loops Spesimen SB-1 dan SB-2



Gambar 8. Envelope Curve Spesimen SB-1 dan SB-2

Pembahasan

Perhitungan dari ekperimental siklik, untuk perhitungan nilai kekakuan elastis, beban pada

saat ultimit, beban puncak, beban leleh, dan daktilitas struktur lebih jelas dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Spesimen SB-1 dan SB-2

Spesimen		P_{peak} (kN)	Δ_{peak} (mm)	P_{ult} (kN)	Δ_{ult} (mm)	P_{yield} (kN)	Δ_{yield} (mm)	K_e (kN/mm)	E_d (kN-mm)	μ
SB-1	(+)	5.01	84	4.85	112	3.69	46.12	0.09233	407.164	2.428
	(-)	4.93	84	4.17	112	3.39	48.09	0.07067	374.89	2.329
SB-2	(+)	4.99	70	3.83	84	2.98	50.78	0.08353	246.488	1.654
	(-)	4.79	84	3.45	84	4.07	69.04	0.05897	226.381	1.217

Mode Kegagalan

Dari hasil pengujian eksperimental siklik dengan kolom tanpa isian mortar terdapat kegagalan di dua tempat yaitu kolom dan sloof dapat dilihat pada gambar 9(a). Untuk kolom mengalami kegagalan mula *local buckling* pada *displacement* 78mm lebih jelas ditunjukkan pada gambar 9(b), dan jenis kegagalan yang kedua ditemukan pada bagian sloof dimana sloof mengalami tekan dan tarik pada *displacement* 70mm untuk lebih jelas dilihat pada gambar 9(c)

Sedangkan dari hasil pengujian siklik dengan spesimen kolom dengan tambahan isian mortar benda uji mengalami kegagalan pada bagian sloof. Di mana pada bagian sloof mengalami jeniskegagalan sobek, dan *buckling* pada bagian sloof. Untuk awal terjadi kegagalan *buckling* pada bagian sloof terjadi pada *displacement* 59 mm dan untuk sobek sendiri pada *displacement* 67 mm. Sedangkan untuk bagian kolom belum mengalami *buckling*, untuk melihat lebih jelas jenis keagalandapat dilihat pada gambar 10(a) lokasi kegagalan, 10(b) kegagalan sloof disebelah kanan, dan 10(c) kegagalan sloof sebelah kiri.



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Jenis Kegagalan Pada Spesimen SB-1



(a)



(b)



(c)

Gambar 10. Kegagalan Pada Spesimen SB-2

Dari hasil analisis pada tabel 2, diperoleh pada SB-1 untuk P_{peak} lebih besar dari pada SB-2 baik arah (+) yang berarti beban menerima gaya tarik dan arah (-) dimana beban menerima gaya dorong. Hal ini diakibatkan karena pada saat pengujian pada spesimen SB-1 dimana tidak terjadi kegagalan pada angkur, sedangkan pada SB-2 dapat dilihat pada gambar 10 (c) bahwa terdapat kegagalan pada sloof bagian angkur dimana angkur sudah tidak mampu lagi menahan gaya dorong maupun tarik, sehingga pengujian di berhentikan dan pada P_{peak} telah mengalami penurunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil experimental dan analisis yang sudah dilakukan untuk mengetahui yang terjadi pada Balok-Kolom apabila terkena pembebanan siklik sebagai berikut, untuk spesimen SB-1 didapat P_{peak} (+) sebesar 5.01 kN pada *displacement* 84 mm dengan *drift ratio* 5,6% dengan kekauan elastisitas 0.09233 kN/mm dan daktilitas 2.428, dan pada P_{peak} (-) sebesar 4,93 kN pada *displacement* 84 mm dengan *drift ratio* 5,6% dengan kekauan elastisitas 0.07067 kN/mm dan daktilitas 2.329. Sedangkan untuk spesimen SB-2 didapat P_{peak} (+) sebesar 4,99 kN pada *displacement* 70 mm dengan *drift ratio* 4,6% dengan kekauan elastisitas 0.08353 kN/mm dan daktilitas 1.654, dan pada P_{peak} (-) sebesar 4,79 kN pada *displacement* 84 mm dengan *drift ratio* 5,6% dengan kekauan elastisitas 0.05897 kN/mm dan daktilitas 1.217. Antara spesimen SB-1 dan SB-2 pada P_{peak} (+) dengan selisih 0.02 kN dan pada P_{peak} (-) 0.2 kN. Dari hasil

pengujian pada spesimen SB-1 mengalami kerusakan berupa *buckling* pada bagian kolom dan pada bagian sloof mengalami tekan dan tarik, sedangkan SB-2 mengalami kerusakan tekan dan tarik dan juga *crack* pada sloof.

DAFTAR PUSTAKA

- Arman, N. (2021). *Kapasitas torsi pada kolom penampang double CNP dan kotak berongga untuk bangunan RISBA (rumah instan struktur baja) dengan metode pengujian ASTM-143 (modifikasi)* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- ASTM E2126, A. (2011). *Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Vertical Elements of the Lateral Force Resisting Systems for Buildings*. In ASTM E2126. ASTM International West Conshohocken, PA.
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2020)*. Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.
- Pratama, R. F., Sutrisno, W., & Yasin, I. (2021). *Analisis Frekuensi Alami Rumah Instan Baja (RISBA) Dan Rumah Instan Baja Ringan (RISBARI)*. *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 6(1), 47-53.
- Putra, S. S. K., Satyarno, I., & Saputra, A. (2021). *Studi perilaku sambungan balok sloof-kolom double CNP pada rumah instan struktur baja (RISBA) dengan pembebanan monotonik*. *Civil*

- Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRiMS) Proceeding 2021.*
- Riyanto, E. (2019). *Studi kemampuan sambungan antara balok iwf dengan kolom baja akibat beban siklik*. The 9th University Research.
- Silalahi, O. U. A., Suswanto, B., & Pisceca, B. (2020). *Studi Analisis Perilaku Sambungan Kaku (Rigid Connection) Balok-Kolom Baja Tipe Extended End Plate dengan Metode Elemen Hingga*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 18(1), 23-32.
- Sutrisno, W., Satyarno, I., Awaludin, A., Saputra, A., & Setiawan, A. F. *Seismic Performance of Instant Steel Frame House for Post Earthquake Reconstruction*.
- Uang, C. M., Yu, Q. S. K., Noel, S., & Gross, J. (2000). *Cyclic testing of steel moment connections rehabilitated with RBS or welded haunch*. Journal of Structural Engineering, 126(1), 57-68.
- Wigroho, A. K. H. Y. *Studi Kuat Tekan Kolom Baja Profil C Ganda Dengan Pengaku Pelat Arah Lateral*. Jurnal Teknik Sipil UAJY, 12(1), 141949.
- Zhafira, T., Priyosulistyo, P., & Satyarno, I. (2021). *Perilaku dinamik struktur 2 dimensi dengan tipe kolom pendek terhadap beban siklik dan dinamik*. Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi, 16(2), 191-198.

