

KAPASITAS PANEL RUMAH INSTAN SEHAT BAJA RINGAN (RISBARI)

Budi Hamdani^{1,*}, Iman Satyarno¹, Henricus Priyosulistyo¹

¹)Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM Yogyakarta 55281

^{*})Email : budihamdani96@mail.ugm.ac.id

Abstract

Indonesia has a very high earthquake potential. Disaster risk reduction requires the construction of earthquake-resistant housing. Rumah Instan Sehat Baja Ringan (RISBARI) is one of the proposals. There was no research on RISBARI building for the structural cyclic analysis, so it is necessary to assess the capacity of the structure. Cyclic experiment testing at panel RISBARI is required to find out the capacity and structural damage behavior. The experimental test was compared with the analytical analysis. Tests were on strap braced systems and shear wall systems panels. The peak capacity of the strap braced system panel on experimental testing is 2.75 kN and 2.94 kN under the analytical capacity of 7,314 kN. The panel collapsed at a drift of 2.46% (73 mm), under the drift limit of 5.5% (165 mm). The peak capacity of the shear wall panel on experimental testing is 8.77 kN and 8.16 kN under the analytical capacity of 13,354 kN. The panels collapsed at a drift of 3.4% (103 mm) is greater than the drift limit of 3% (90 mm). Damage type tearing of flanges and web determines panel capacity than other types of damage. The capacity of the panel immediately drops after the damage occurs.

Kata kunci : *capacity, cyclic, panel, risbari, damage*

PENDAHULUAN

Indonesia mengalami gempa besar dalam kurun waktu satu dekade terakhir. Provinsi D.I.Yogyakarta mengalami gempa berkekuatan 5.9 SR. Gempa Yogyakarta mengakibatkan 186591 unit rumah rusak pada tahun 2006 (Bappenas, 2006). Provinsi Bengkulu mengalami gempa berkekuatan 8.4 SR. Gempa Bengkulu mengakibatkan 35812 unit rumah rusak pada tahun 2007 (PPN, 2007). Provinsi Sumatera Barat dilanda gempa berkekuatan 7.6 SR. Gempa Sumatera Barat merusak 279472 unit rumah pada tahun 2009 (BNPB, 2009). Provinsi Sulawesi Tengah mengalami

gempa 6.2 SR. Gempa Sulawesi Tengah mengakibatkan 1097 unit rumah rusak pada tahun 2012 (Wikipedia, 2012). Kabupaten Pidie Jaya Aceh gempa berkekuatan 6.5 SR. Gempa Pidie Jaya Aceh mengakibatkan 1316 unit rumah rusak tahun 2016 (Suprpto, 2016). Pada tahun 2018 terjadi dua gempa besar, Donggala dengan kekuatan 7.4 Mw merusak sedikitnya 66926 unit rumah (Endri & Syaiful, 2018) dan Lombok dengan kekuatan 6.4 Mw merusak 167961 unit rumah (Hartomo, 2018).

Peristiwa gempa tersebut menyebabkan banyak penduduk korban gempa kehilangan tempat

tinggal. Proses rekonstruksi rumah warga pascagempa terkendala kurangnya sumber daya manusia dan banyaknya jumlah bangunan yang akan di rekonstruksi (Kompas, 2018). Jenis rumah yang ideal diperlukan dalam proses pembangunannya yang cepat, memerlukan sedikit sumber daya manusia dan kualitas bangunan terjamin. Rumah Instan Sehat Baja Ringan (Risbari) merupakan salah satu solusi yang tepat dalam proses rekonstruksi hanya di butuhkan 2-3 pekerja. Desain bangunan Risbari merupakan rumah sistem modular, yang memiliki potensi sebagai rumah tumbuh.

Bangunan Risbari dalam perencanaannya telah mengacu pada Standar Nasional Indonesia. Salah satu upaya untuk menjamin masyarakat tidak melakukan rekonstruksi ulang dimasa yang akan datang. Bangunan Risbari perlu dilakukan pengujian kapasitas struktur terhadap ancaman gempa di Indonesia. Beberapa penelitian terdahulu mengenai pengujian struktur bangunan Risbari, digunakan sebagai batasan cakupan penelitian ini.

Awalludin (2020), Menguji kapasitas lateral bangunan Risbari dalam skala penuh. Pengujian menggunakan metode *quasi static monotonic*. Diperoleh gaya lateral sebesar 28kN. Persamaan *static analysis* $V = C I K W_t$, dimana nilai koefisien gempa dasar (C) sebesar 0.96g atau 0.48g; faktor daktilitas bangunan (K) sama dengan 1.0 dan 2.0; faktor keutamaan bangunan (I)

sama dengan 1.0; berat total model rumah (W_t) sama dengan 29kN.

Kadir (2021), melakukan penelitian pada panel bangunan Risbari menggunakan pengujian *quasi static monotonic* untuk memperoleh kekuatan lateral dinding CFS. Diperoleh panel *strap braced* dengan penutup mengalami peningkatan kekakuan awal sebesar 200%, beban *yield* 103,33% dan beban *ultimate* 128.87% terhadap panel *strap braced* tanpa penutup.

Pratama & Widarto (2021), melakukan analisis frekuensi alami struktur bangunan Risbari menggunakan software SAP 2000. Diperoleh frekuensi alami sebesar 8.141 Hz pada mode 1, 8.6408 Hz pada mode 2 dan 8.9896 Hz pada mode 3.

Berdasarkan penelitian terdahulu penulis melakukan pengujian kapasitas panel bangunan Risbari. Pengujian kapasitas menggunakan metode eksperimen pembebanan siklik. Pengujian dilakukan pada panel sistem *strap braced* dan sistem *shearwall*. Hasil pengujian eksperimen dibandingkan dengan hasil analisis analitik.

METODE PENELITIAN

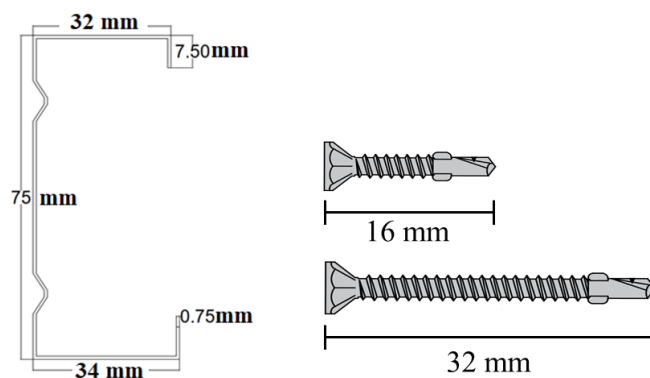
Desain Spesimen

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah panel eksterior berkode E-06. Konfigurasi panel berdasarkan DED *Detail Engineering Design* bangunan Risbari. Pemilihan panel dalam penelitian ini berdasarkan panel terlebar arah sumbu kuat bangunan. Detail bangunan Risbari

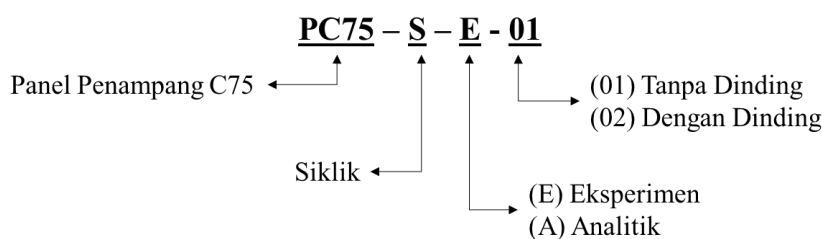
ditampilkan pada Gambar 3. Elemen balok dan kolom tersusun dari penampang C-75-34-32-0.75. Penampang plat strap memiliki dimensi lebar 28 mm dan tebal 1 mm, yang didesain hanya bekerja pada gaya tarik saja. Detail penampang ditampilkan pada Gambar 1. Sifat mekanika penampang C-75-34-32-0.75 ditampilkan pada Tabel 1.

Spesimen pengujian eksperimen terdiri dari 1 buah panel tanpa dinding dan dengan dinding. Dinding panel berupa *GRC plank* dengan tebal 8 mm

pada sisi luar dan *GRC board* dengan tebal 6 mm pada sisi dalam. Sifat mekanika dinding GRC (*Glass Reinforced Concrete board*) ditampilkan pada Tabel 2. Penghubung penampang frame panel menggunakan *screw self drilling* dengan panjang 16 mm, sedangkan penghubung dinding GRC dengan frame panel menggunakan *screw self drilling* dengan panjang 32 mm. Penulisan notasi spesimen ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Detail penampang C-75-34-32-0.75 dan *screw self drilling*



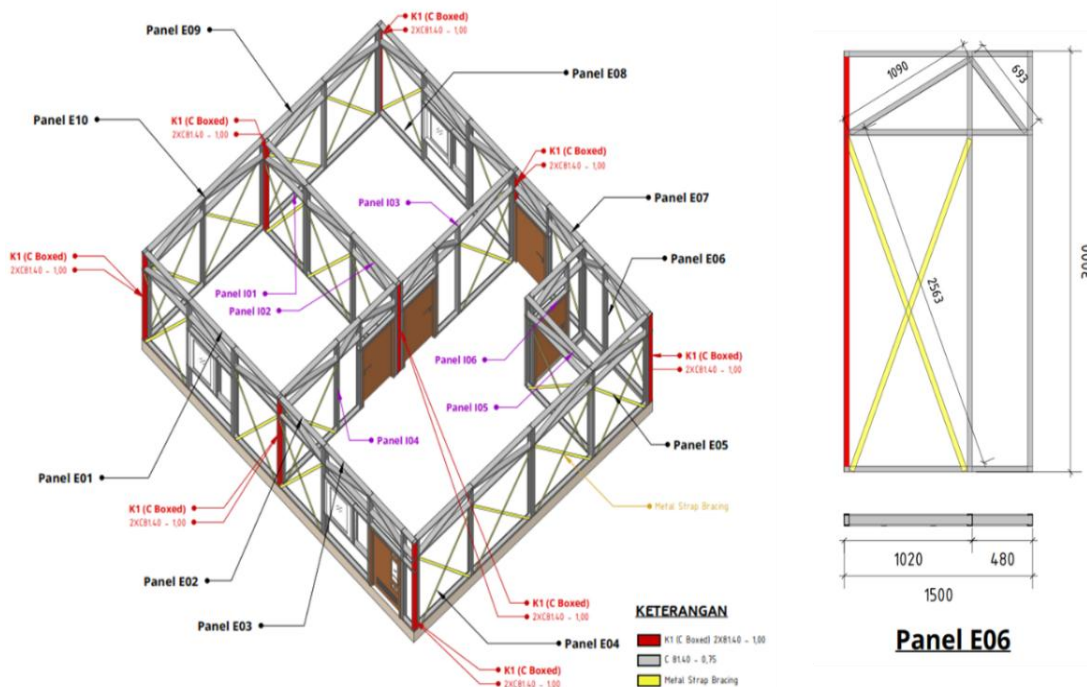
Gambar 2. Notasi penamaan spesimen

Tabel 1. Sifat mekanika penampang C-75-34-32-0.75 (Awalludin, 2018)

No	F_y (MPa)	F_u (MPa)	ϵ (%)
1	649.3	661.6	2.26
2	649.3	661.6	2.26
3	649.3	661.6	2.26
4	649.3	661.6	2.26
5	653.9	657.42	1.29

Tabel 2. Sifat mekanika material dinding GRC

Parameter	Nilai	Satuan
Kepadatan (<i>Density</i>)	1.55	gr/cm ³
MOR (<i>Modulus of Rupture</i>)	180	kg/cm ²
Penyerapan air (<i>Water Absorption</i>)	23	%
Kadar air (<i>Water Content</i>)	6	%



Gambar 3. Detail bangunan risbari dan panel eksterior E06 (Awalludin, 2018).

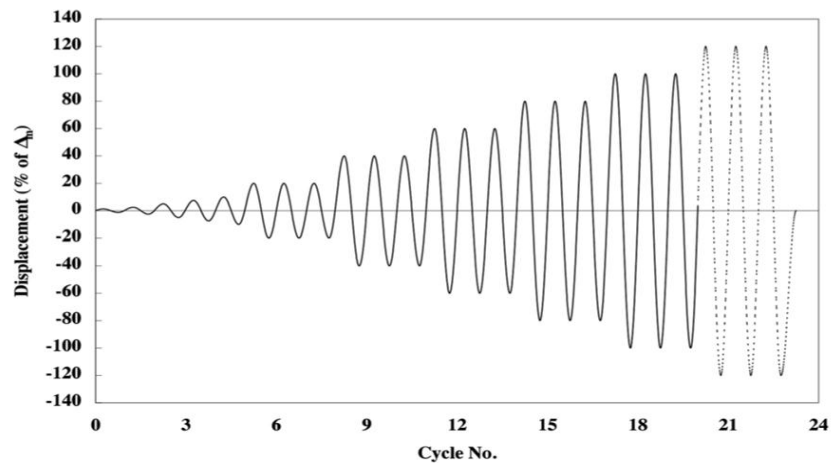
Pembebanan Siklik

Pada penelitian ini pembebanan siklik berdasarkan ASTM E2126-11 metode B (ASTM E2126, 2011), ditampilkan pada Gambar 4 dan Tabel 3. Perpindahan saat ultimate (Δ_m) hasil pengujian *monotonic* panel tanpa dinding 88 mm dan panel dengan dinding 94 mm (Kadir, 2021).

Analisis Eksperimen

Pengujian eksperimen dilakukan di Laboratorium Struktur Departemen

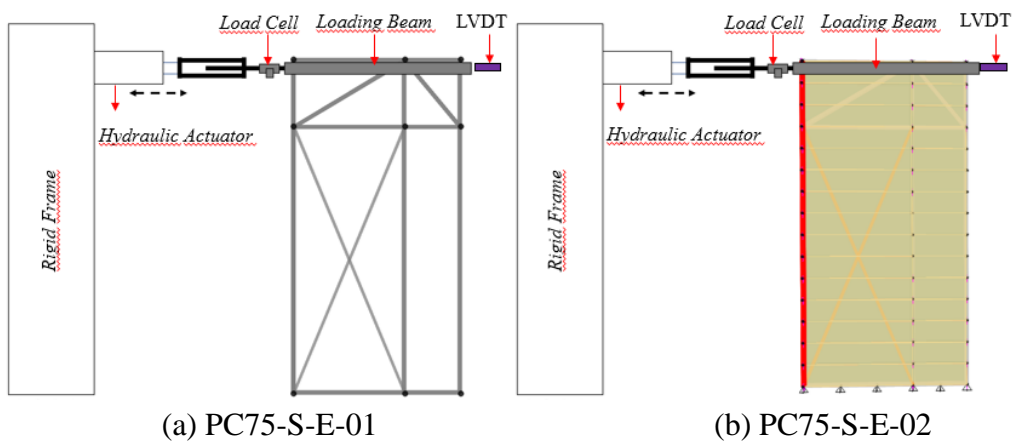
Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Skema pengujian eksperimen ditampilkan pada Gambar 5. Kapasitas *hydraulic actuator* sebesar 5 ton dengan stroke siklik maksimal 75 mm. Digunakan ekstension *hydraulic actuator* dengan stroke siklik 150 mm. *Load cell* dengan kapasitas 5 ton. *Linear variabel differential transducer* (LVDT) dengan stroke 100mm.



Gambar 4. Pembebanan siklik (ASTM E2126, 2011)

Tabel 3. Pembebanan siklik (ASTM E2126, 2011)

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
	6	3	20
2	7	3	40
	8	3	60
	9	3	80
	10	3	100
	11	3	Additional increments of 20 (until specimen failure)



(a) PC75-S-E-01

(b) PC75-S-E-02

Gambar 5. Skema pengujian eksperimen.

Analisis Analitik Teori

Kapasitas panel diperoleh dari metode analitik berdasarkan peraturan AISI

S400-15 “American Standard for Seismic Design of Cold Formed Steel Structural Systems”. Batasan rasio

simpangan berdasarkan peraturan NIST GCR 16-917-38 “*Seismic Design of Cold Formed Steel Lateral Load Resisting Systems*”. Spesimen PC75-S-A-01 diklasifikasikan sebagai panel “*Cold Formed Steel Light Frame Strap Braced System*”. Kapasitas lateral panel diperoleh menggunakan persamaan (1). Spesimen PC75-S-A-02 diklasifikasikan sebagai panel “*Cold Formed Steel Light Frame Shear Wall Panel*”. Kapasitas lateral panel diperoleh menggunakan persamaan (2) (AISI S400, 2015).

$$V_n = \frac{T_n w}{\sqrt{h^2 + w^2}} \quad (1)$$

Keterangan :

- V_n : Kapasitas Lateral Panel,
- h : Tinggi Panel,
- w : Lebar Panel,
- T_n : Kapasitas nominal plat strap ($A_g F_y$),
- A_g : Luas penampang plat strap,
- F_y : Tegangan leleh plat strap

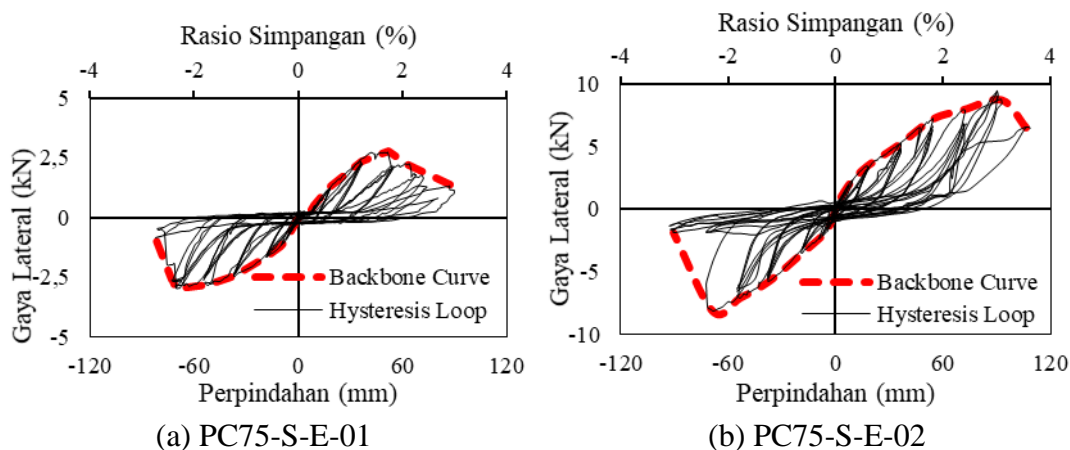
$$V_n = v_n w \quad (2)$$

Keterangan :

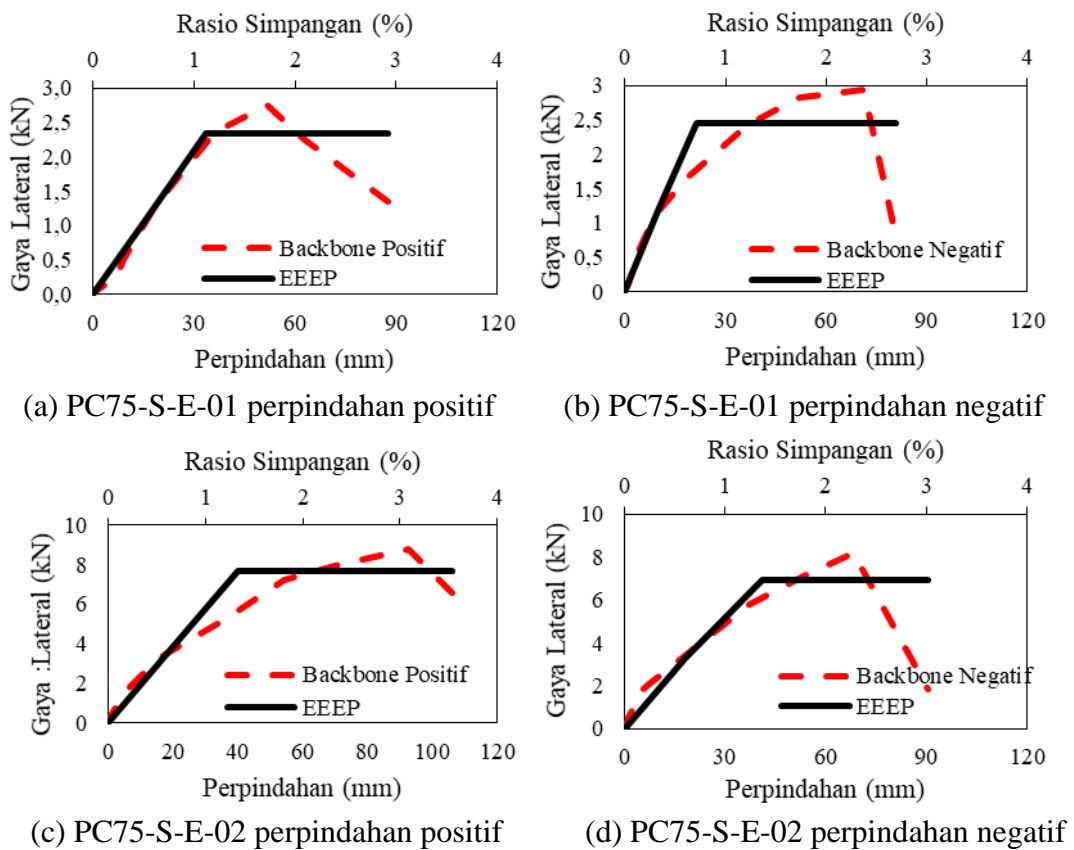
- V_n : Kapasitas Lateral Panel,
- w : Panjang *Shearwall*,
- v_n : Kapasitas geser nominal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian eksperimen menggambarkan perilaku hubungan beban perpindahan dan kapasitas lateral panel dalam menerima beban siklik. Hasil pengujian eksperimen ditampilkan pada Gambar 6 (a) panel PC75-S-E-01 dan Gambar 6 (b) panel PC75-S-E-02. Kurva *backbone* disusun berdasarkan siklus pertama, dari setiap perubahan perpindahan kurva *hysteresis* (ASCE 41, 2017). Panel PC75-S-E-01 dan panel PC75-S-E-02 memiliki kurva *backbone* yang penuh. Kurva *backbone* termasuk penurunan kekuatan dan kekuatan sisa (ASCE 41, 2017). Kurva *backbone* PC75-S-E-01 dan panel PC75-S-E-02 dianalisis untuk membentuk kurva EEEP.



Gambar 6. *Hysteresis loop* dan *backbone curve* hasil eksperimen



Gambar 7. Kurva *Backbone* dan *EEEEP* hasil eksperimen

Panel PC75-S-E-01, memiliki kapasitas lateral P_{peak} 2.75 kN pada perpindahan positif 51.75 mm ditampilkan Gambar 7.a. P_{peak} sebesar 2.94 kN pada perpindahan negative 70.88 mm ditampilkan Gambar 7.b. Kapasitas lateral panel PC75-S-E-02 dengan P_{peak} 8.77 kN pada perpindahan positif 92.53 mm ditampilkan Gambar 7.c. P_{peak} sebesar 8.16 kN pada perpindahan negative 68.28 mm ditampilkan Gambar 7.d. Penambahan dinding pada kedua buah sisi panel meningkatkan kapasitas lateral 3.18 kali dari panel tanpa dinding serta mengalami peningkatan rasio simpangan dari 1.72% menjadi 3.08%.

Parameter kapasitas panel ditampilkan pada Tabel 4. Parameter kapasitas berupa, beban puncak (P_{max}), perpindahan lateral saat beban puncak (Δ_{max}), beban dan perpindahan saat $0.4P_{max}$ (prepeak) dan $0.8P_{max}$ (post peak), kekakuan awal dan faktor daktilitas. Faktor daktilitas diperoleh dari *equivalent energy elastic plastic* (EEEEP) berdasarkan peraturan ASTM E2126.

Jenis kerusakan panel PC75-S-E-01 ditampilkan pada Gambar 8. Gambar 8.a menunjukkan kerusakan *local buckling* (tekuk lokal) (Piyawat & Ramseyer, 2013), pada kolom tengah panel. Tekuk lokal timbul akibat panel menerima beban dorong pada siklus 12 (perpindahan negatif 52

mm). Kerusakan yang terjadi tidak permanen. Saat beban diturunkan, geometri penampang kolom kembali kebentuk semula. Gambar 8.b menampilkan kerusakan *tearing of flens* (robek pada sayap profil) (Yu & LaBoube, 2010). Robek pada sayap profil timbul akibat transfer beban lateral panel yang ditahan *bracing*. Hal tersebut merobek sayap balok bawah saat siklus 18 (perpindahan negatif 72

mm). Kerusakan robek sayap profil menurunkan kapasitas beban lateral 2.97 kN menjadi 0.60 kN. Gambar 8.c menampilkan kerusakan *distortional buckling* (tekuk distorsi) (Piyawat & Ramseyer, 2013). Tekuk distorsi terjadi pada balok bawah, kerusakan permanen saat siklus 12 (perpindahan positif 52 mm) pada sisi sayap yang terhubung dengan *strap bracing*.

Tabel 4. Parameter kapasitas panel

Specimen	P0.4 (kN)	Δ 0.4 (mm)	P _y (kN)	Δ _y (mm)	P _{max} (kN)	Δ _{max} (mm)	P _u (kN)	Δ _u (mm)	Ductility
01-DP	1.10	16.00	2.34	33.60	2.75	51.75	2.20	64.00	1.90
01-DN	1.18	10.00	2.45	21.50	2.94	70.88	2.35	73.80	3.43
02-DP	3.51	18.00	7.68	40.00	8.77	92.53	7.02	103.39	2.58
02-DN	3.26	18.00	6.94	41.00	8.16	68.28	6.53	75.60	1.84

Catatan : DP (perpindahan positif), DN (perpindahan negatif)

Gambar 8.d dan Gambar 8.e menampilkan kerusakan *tearing of flens and web* (robek pada sayap dan badan profil) (Yu & LaBoube, 2010). Kerusakan terjadi akibat transfer beban *strap bracing* menuju sayap balok bawah. Jenis kerusakan robek sayap dan badan lebih menentukan kapasitas lateral panel. Kerusakan robek sayap

dan badan akibat sekrup penyambung tidak terlepas saat transfer beban lateral. Pada pembebanan siklus berikutnya sekrup semakin merobek elemen badan pada balok bawah. Panjang robek pada kerusakan ini semakin bertambah seiring penambahan pembebanan siklus hingga panel runtuh.



a. Tekuk lokal



b. Robek pada sayap profil



c. Tekuk distorsi



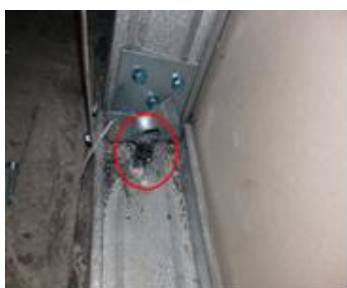
(d) robek pada sayap dan badan profil (e) robek pada sayap dan badan profil
 Gambar 8. Kerusakan yang terjadi pada panel PC75-S-E-01



a. sekrup miring dan pecah pada dinding



b. tekuk lokal



c. leleh lokal tepi lubang



d. distorsi bruto pada badan



e. robek sayap dan badan

Gambar 9. Kerusakan yang terjadi pada panel PC75-S-E-02

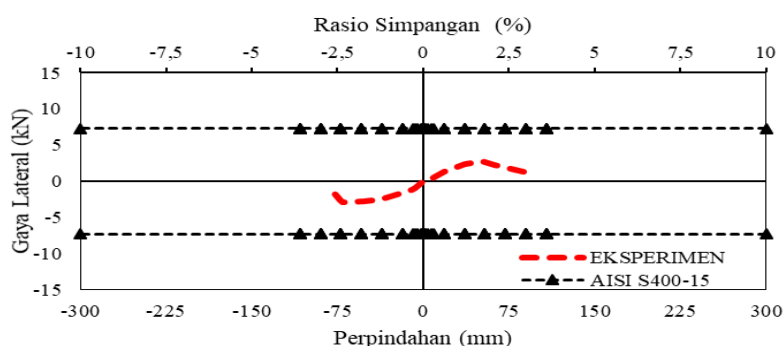
Jenis kerusakan pada panel PC75-S-E-02 ditampilkan pada Gambar 9. Gambar 9.a menampilkan kerusakan *tilt and crack* (Yu & LaBoube, 2010) atau sekrup terungkit serta papan grc mengalami retak pecah. Kerusakan *tilt* mulai timbul saat panel mengalami perpindahan lateral 36 mm hingga 52 mm. Gambar 9.b

menampilkan kerusakan *local buckling* (tekuk lokal) (Piyawat & Ramseyer, 2013). Gambar 9.c menampilkan kerusakan *net section failure* (leleh lokal tepi lubang) (Yu & LaBoube, 2010). Gambar 9.e menampilkan kerusakan *tearing of flens and web* (robek pada sayap dan badan profil) (Yu & LaBoube, 2010).

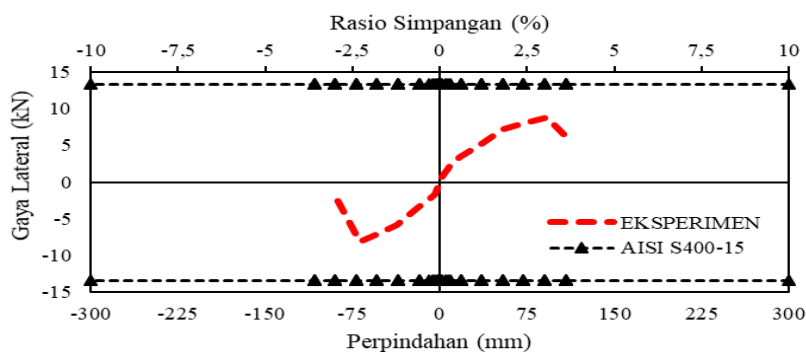
Kerusakan robek sayap dan badan pada panel PC75-S-E-02 tidak teridentifikasi kapan terjadinya, hal ini disebabkan panel tersusun dari 2 sisi dinding (luar dan dalam), sehingga kerusakan secara visual tidak dapat dipantau. Gambar 9.d menampilkan kerusakan *gross distortion of sheeting* (distorsi bruto pada badan profil) (Yu & LaBoube, 2010). Kerusakan terjadi pada elemen badan balok bawah

terangkat akibat beban lateral pada panel, hal ini terjadi saat panel mengalami perpindahan lateral 52 mm.

Hasil pengujian analitik berdasarkan standard AISI S400-15. Kapasitas beban lateral panel PC75-S-A-01 sebesar 7.314 kN dan panel PC75-S-A-02 sebesar 13.354 kN. Perbandingan hasil pengujian eksperimen dan analitik ditampilkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Perbandingan hasil pengujian eksperimen dan analitik panel PC75-S-01



Gambar 11. Perbandingan hasil pengujian eksperimen dan analitik panel PC75-S-02

Panel sistem *strap braced*, memiliki kapasitas lateral puncak 2.75 kN dan 2.94 kN berdasarkan hasil pengujian eksperimen. Kapasitas panel pengujian eksperimen dibawah batas kapasitas analitik AISI S400-15 sebesar 7.314 kN. Panel mengalami keruntuhan pada rasio simpangan 2.46% (73 mm). Rasio simpangan yang

terjadi dibawah batas sebesar 5.5% yang ditentukan peraturan NIST GCR 16-917-38.

Panel sistem *shearwall*, memiliki kapasitas lateral puncak 8.77 kN dan 8.16 kN berdasarkan hasil pengujian eksperimen. Kapasitas panel pengujian eksperimen dibawah batas kapasitas analitik AISI S400-15 sebesar 13.354

kN. Panel mengalami keruntuhan pada rasio simpangan 3.4% (103 mm). Rasio simpangan yang terjadi lebih besar dari batas sebesar 3% yang ditentukan peraturan NIST GCR 16-917-38.

SIMPULAN

Hasil pengujian siklik panel bangunan Risbari didapat kurva *hysteresis loop* pada masing-masing spesimen. Kurva *hysteresis loop* dianalisis untuk menyusun kurva *backbone*. Kurva *backbone* digunakan untuk membentuk kurva *equivalent energy elastic plastic* (EEEP) sehingga dapat diketahui kapasitas panel. Kapasitas lateral puncak panel sistem *strap braced* 2.75 kN dan 2.94 kN dibawah batas kapasitas analitik sebesar 7.314 kN. Panel sistem *strap braced* mengalami keruntuhan pada rasio simpangan 2.46% (73 mm), rasio simpangan yang timbul dibawah batas sebesar 5.5% (165 mm). Kapasitas lateral puncak panel sistem *shearwall* 8.77 kN dan 8.16 kN dibawah batas kapasitas analitik sebesar 13.354 kN. Panel sistem *shearwall* mengalami keruntuhan pada rasio simpangan 3.4% (103 mm), rasio simpangan yang timbul lebih besar dari batas sebesar 3% (90 mm).

Jenis kerusakan pada panel sistem *strap braced*, tekuk lokal, robek pada sayap, tekuk distorsi dan robek pada sayap badan. Jenis kerusakan pada panel sistem *shearwall*, sekrup miring, leleh lokal tepi lubang, robek pada sayap badan profil dan distorsi bruto badan profil. Kerusakan robek pada sayap badan lebih menentukan

kapasitas beban lateral dari jenis kerusakan lain. Kemampuan panel dalam menerima beban lateral segera turun sesaat kerusakan robek pada sayap dan badan terjadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini berdasarkan data *detail engineering desain* bangunan Risbari. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT. Cahaya Fortuna Sejati selaku sponsor, serta semua Laboran dan Teknisi Laboratorium Struktur DTSL Universitas Gadjah Mada yang telah membantu proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AISI S400-15 Standard. North American Standard for Seismic Design of Cold Formed Steel Structural System. American Iron and Steel Institute 2015.
- ASCE 41-17 Standard. *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. American Society of Civil Engineers 2017.
- ASTM E2126-11 Standard. *Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Vertical Elements of the Lateral Force Resisting Systems for Buildings*. American Society for Testing and Materials 2011.
- Awalludin, A., 2020, RISBARI: an alternative house model for the 2018 Lombok earthquake affected people. *ICONBUILD & RCCE 2019 Series: material science and engineering* 849 (2020).

- Awaludin, A., 2018, *Detail Engineering Desain (DED) Bangunan RISBARI*. Cahaya Fortuna Sejati (CFS), Lombok.
- Bappenas, 2006, *Penilaian Awal Kerusakan dan Kerugian Bencana Alam di Yogyakarta dan Jawa Tengah*.
- BNPB, 2009, *Laporan Harian Pusdalops BNPB Sabtu 24 Oktober 2009*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Endri, K., & Syaiful, H., 2018. *BNPB: Gempa dan Tsunami Palu Merusak 66.926 Rumah*. . [Online] Available at: <https://nasional.tempo.com> [Accessed 3 Februari 2020].
- Hartomo, G., 2018, *Rumah Rusak Berat Akibat Gempa Lombok Capai 167.961 Unit* [Online] Available at: <https://economy.okezone.com/read> [Accessed 3 Februari 2020].
- Kadir, A., 2021, *Kekuatan Lateral Dinding Cold Formed Steel Strap Braced Pada Rumah Instan Sehat Baja Ringan (RISBARI)*. *Prosiding CEEDRiMS Teknik Sipil 2021*.
- Kementerian PPN, 2007, *Laporan Penilaian Kerusakan dan Kerugian Pasca Gempa Bumi Di Wilayah Provinsi Bengkulu dan Sumatera Barat*.
- Kompas, 2018, *Sulitnya Mengerahkan SDM di Lombok Jadi Kendala Pembangunan Rumah Pascagempa* [Online] Available at: <https://nasional.kompas.com/read> [Accessed 25 Oktober 2020].
- NIST GCR 16-917-38 Standard. *Seismic Design of Cold Formed Steel Lateral Load Resisting System A Guide for Practicing Engineers*. National Institute of Standards and Technology 2016.
- Piyawat, K., & Ramseyer, C., 2013, *Development of an axial load capacity equation for doubly symmetric built-up cold-formed section*, *J. Struct. Eng.*, 2013. 139(12): 04013008.
- Pratama R.F., Widarto S., 2021, *Analisis Frekuensi Alami Rumah Instan Baja (RISBA) Dan Rumah Instan Baja Ringan (RISBARI)*. *Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, Vol 6 No 1, 47-53. Yogyakarta.
- Suprpto, Ratih N., Ainun R., Nurul M., Bangun Y.P., Diah P.A., 2016, *Atlas Bencana 2016 Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Wikipedia, 2012. *Gempa bumi Sulawesi Tengah 2012*. [Online] Available at: <https://id.wikipedia>. [Accessed 5 Oktober 2020].
- Yu, W. W., & LaBoube, R., 2010, *Cold-formed steel design*, 4th Ed., Wiley, New York.