

SAMBUNGAN JOINT PADA RUMAH TAHAN GEMPA

Khairul Miswar

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buketrata, Lhokseumawe, Indonesia
e_mail : khairul@pnl.ac.id

Abstrak — Indonesia adalah salah satu negara rawan bencana alam. Bencana yang terjadi meliputi banjir, kekeringan, tanah longsor dan gempa bumi. Tulisan ini hanya membahas masalah gempa bumi yang berefek pada konstruksi bangunan. Hal ini disebabkan oleh berat sendiri rumah yang meliputi struktur atap, balok kolom dan dinding. Semakin besar berat sendiri rumah, maka makin besar juga beban gempa yang bekerja pada rumah tersebut. Tujuan penelitian adalah mengetahui perbandingan beban rata-rata pada joint dan perbandingan simpangan rata-rata pada joint. Standar ASTM 2126-02a merupakan penyederhanaan dari beban gempa pada benda uji joint. Analisis struktur didasarkan pada beban gempa statik ekuivalen diambil dari peraturan gempa Indonesia SNI 03-1726-2002. Beban yang diberikan adalah beban bertahap. Beban rata-rata yang bekerja pada kedua joint sebesar 0,6 kN. Pada saat yield beban yang bekerja pada joint 1 adalah 0,8 kN dan joint 2 adalah 0,7 kN. Pada saat peak, beban yang bekerja pada joint 1 adalah 1,2 kN dan joint 2 adalah 1,2 kN, saat failure, beban yang bekerja pada joint 1 adalah 0,9 kN dan joint 2 adalah 0,8 kN. Nilai beban yang bekerja pada joint 1 lebih besar dari joint 2. Kerusakan awal simpangan joint 1 adalah 27.49 mm dan joint 2 adalah 28.75 mm. Pada saat yield simpangannya joint 1 adalah 36.41 mm dan joint 2 adalah 33.53 mm. Saat peak, simpangan pada joint 1 adalah 50.88 mm dan joint 2 adalah 51.65 mm. Saat failure simpangan pada joint 1 adalah 41.99 mm dan joint 2 adalah 38.96 mm. Kondisi kedua joint mampu menahan beban gempa rencana.

Kata kunci : beban gempa, joint, simpangan joint, bencana alam.

Abstract — Indonesia is one of the countries prone to natural disasters. Disasters that occur include floods, droughts, landslides and earthquakes. This paper only discusses the problem of earthquakes which affects the construction of buildings. This is due to the weight of the house itself which includes the roof structure, beam columns and walls. The greater the weight of the house itself, the greater the burden of the earthquake that works at the house. The purpose of this study is to determine the comparison of the average load on the joint and the ratio of the average deviation on the joint. ASTM 2126-02a standard is a simplification of earthquake load on joint test specimens. Structural analysis is based on equivalent static earthquake loads taken from Indonesian earthquake regulations SNI 03-1726-2002. The burden is a gradual burden. The average load acting on both joints is 0.6 kN. When the load yield that works on joint 1 is 0.8 kN and joint 2 is 0.7 kN. At peak times, the load acting on joint 1 is 1.2 kN and joint 2 is 1.2 kN, at failure, the load acting on joint 1 is 0.9 kN and joint 2 is 0.8 kN. The value of the load acting on joint 1 is greater than joint 2. The initial damage to joint junction 1 is 27.49 mm and joint 2 is 28.75 mm. When the yield of the joint 1 is 36.41 mm and joint 2 is 33.53 mm. At peak, the deviation in joint 1 is 50.88 mm and joint 2 is 51.65 mm. When the deviation failure in joint 1 is 41.99 mm and joint 2 is 38.96 mm. The condition of the two joints is able to withstand the burden of the planned earthquake.

Keywords: earthquake load, joint, joint drift, natural disasters.

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu daerah rawan bencana alam. Bencana yang terjadi meliputi banjir, kekeringan, tanah longsor dan gempa bumi. Tulisan ini hanya membahas masalah gempa bumi yang berefek pada konstruksi bangunan yang merupakan rumah hunian masyarakat.

Rumah menjadi salah satu faktor yang menyebabkan banyaknya korban jiwa baik yang meninggal atau luka-luka. Hal ini disebabkan

oleh berat sendiri rumah yang meliputi struktur atap, balok kolom dan dinding. Semakin besar berat sendiri rumah, maka makin besar juga beban gempa yang bekerja pada rumah tersebut.

Material rumah hunian umumnya menggunakan beton yang mutunya tidak memenuhi standar, mutu tulangan, ukuran dan pemasangan tidak sesuai, kemampuan pekerja yang rendah dan dinding rumah menggunakan bata merah dengan berat sendiri yang besar.

Pada saat terjadi gempa, maka sering terlihat struktur atap yang ambruk, sambungan kolom balok yang lepas dan juga dinding rumah yang jatuh. Semua kondisi yang telah disebutkan sebelumnya menyebabkan korban yang besar akibat tertimpa rumah nya sendiri.

Gempa bumi tidak bisa dihindari, malah kita harus bersahabat dengan gempa sehingga tidak banyak jatuh korban. Langkah yang harus dilakukan adalah mengurangi berat sendiri rumah hunian dan membangun rumah tahan gempa(Sarwidi, 2000).

Penelitian rumah tahan gempa telah dilakukan oleh banyak pihak, baik oleh Departemen Pekerjaan umum maupun kampus-kampus yang ada di Indonesia. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah rumah bongkar pasang. Kelebihan rumah bongkar pasang adalah antara lain kualitas strukur memenuhi syarat, tidak dipengaruhi oleh SDM lokal dan dapat dilaksanakan dalam jumlah besar dan waktu yang relatif singkat (Triwiyono,2006). Material yang dipakai pada sistem bongkar pasang adalah material baja ringan *cold-formed*.

Pada tahun 2013, di Indonesia telah terbit suatu pedoman perencanaan penggunaan baja canai dingin (*cold-formed steel*), yakni SNI 7971:2013 yang membahas masalah perancangan Bangunan Gedung dan Struktur dengan material baja ringan. Darmawan (2015), dalam bukunya mengatakan bahwa atap baja ringan lebih efektif dan efisien dibanding kayu. Tujuan dari penelitian ini adalah Perbandingan beban rata-rata pada joint selanjutnya Perbandingan simpangan rata-rata pada joint

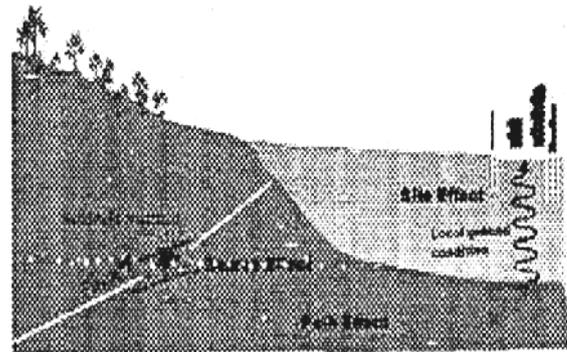
II. TINJAUAN PUSTAKA

Gempa bumi adalah suatu gerakan tiba-tiba atau suatu rentetan gerakan tiba-tiba dari tanah dan bersifat *transient* yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah. Berdasarkan kejadiannya gempa bumi dapat dibedakan menjadi (Iskandar, 2007) :

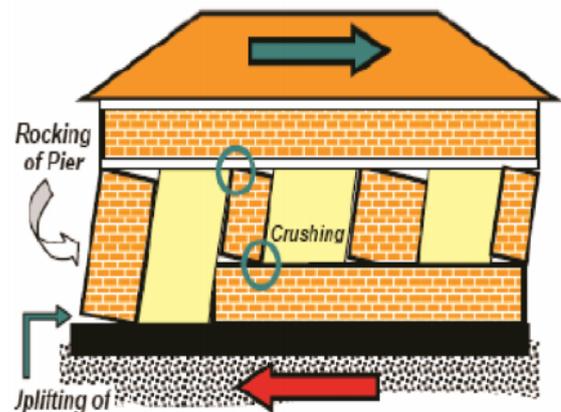
1. Gempa bumi runtuh: disebabkan antara lain oleh keruntuhan yang terjadi baik di atas maupun di bawah permukaan tanah
2. Gempa bumi ledakan: disebabkan oleh terjadinya ledakan

3. Gempa bumi vulkanik: disebabkan oleh kegiatan gunung berapi baik sebelum maupun pada saat meletusnya gunung berapi tersebut
4. Gempa bumi tektonik: disebabkan oleh terjadinya pergeseran kulit bumi (*lithospere*) yang umumnya terjadi di daerah patahan kulit bumi.

Gempa yang paling menimbulkan kerusakan paling luas adalah gempa tektonik. Oleh sebab itu dalam mempelajari masalah gempa bumi banyak yang difokuskan pada gempa tektonik Percepatan permukaan setempat adalah parameter yang langsung mempengaruhi konstruksi. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam menghitung percepatan di permukaan. Oleh sebab bagaimana penjalaran getaran gempa di batuan dasar menuju ke permukaan tanah merupakan hal penting yang harus dipahami, seperti diilustrasikan pada Gambar 1 dan 2 berikut ini.



Gambar 1. Penjalaran getaran gempa



Gambar 2. Gerakan bangunan akibat gempa (Posyanis)

Dalam konsep perencanaan sistem struktur, bahwa suatu struktur bangunan harus memenuhi dan dapat diterima dari segi kekuatan (*strength*) maupun dari segi pelayanan (*serviceability*). Adapun dari segi kekuatan tentunya harus mampu menahan semua beban yang bekerja pada struktur berdasarkan perencanaan. Kemudian dari segi *serviceability* mampu melayani semua respon yang mungkin terjadi, seperti lendutan akibat beban, retak pada permukaan elemen struktur, sehingga struktur bangunan tidak mengalami kerusakan.

Tayu (2017) mengatakan komponen sambungan dalam konstruksi struktur baja merupakan komponen yang paling berbahaya. Kegagalan struktur paling banyak disebabkan oleh desain sambungan yang buruk dan kurang layak, serta besarnya ketidakcocokan antara perilaku yang dianalisis dan perilaku aktual sehingga perencanaan dan detail dari elemen sambungan merupakan salah satu kepentingan yang utama dalam perencanaan struktur rangka baja. Oleh karena itu sambungan harus didesain sedemikian rupa hingga menghasilkan sambungan yang aman, hemat bahan (ekonomis) dan dapat dibuat (praktis dalam pelaksanaannya).

Perkuatan struktur menurut Triwiyono (2004) dilakukan untuk bangunan yang riskan terhadap beban baru yang akan harus didukung, sehingga perlu meningkatkan kemampuan bangunan tersebut atau menambahkan elemen struktur baru yang tidak tersedia atau dianggap tidak ada pada saat struktur di bangun. Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kehancuran. Sedangkan perbaikan struktur diterapkan pada bangunan yang telah rusak, yaitu merupakan upaya untuk mengembalikan fungsi struktur seperti semula setelah terjadi penurunan perkuatan. Jika bangunan tidak segera ditangani perbaikan atau perkuatannya, kerusakan dapat berlanjut lebih parah lagi. Agar bangunan yang sudah rusak dapat terus difungsikan, diperlukan tindakan rehabilitasi yang dapat berupa perbaikan (*retrofit*) atau perkuatan (*strengthening*).

Triwiyono (2004) mengatakan bahwa sifat-sifat terpenting baja tulangan meliputi : Modulus Young (E), kekuatan leleh (f_y), kekekuatan batas (f_u), mutu baja yang ditentukan, dimensi batang atau kawat.

Triwiyono (2004) menyebutkan dalam perancangan secara elastis bahwa tegangan ijin pada baja dikaitkan dengan tegangan dasar. Tegangan dasar diambil sebesar tegangan leleh dibagi dengan faktor aman 1,5. Adapun tegangan geser diambil 0,6 dikalikan tegangan dasar. Dengan dasar itu diharapkan tegangan yang terjadi pada struktur tidak akan melampaui tegangan batas elastis, sehingga batang struktur selalu kembali ke bentuk asal, pada saat tidak ada pembebanan.

Baja adalah salah satu bahan yang mempunyai daktilitas dan kekakuan yang tinggi dan sering digunakan dalam rekayasa struktur untuk berbagai tujuan, antara lain untuk gedung, jembatan, tower-tower listrik tegangan tinggi dan pemukiman penduduk. Terdapat dua jenis baja yaitu baja *hot rolled* dan baja *cold formed*. Baja *cold formed* pada umumnya bahannya lebih tipis dibandingkan *profil* baja *hot-rolled* dan mempunyai gaya, bentuk dan kegagalan yang tidak ditemui di dalam disain struktural baja konvensional. Oleh karena itu untuk mendisain diperlukan spesifikasi perancangan untuk profil baja *cold-formed* (Hancock 1999). Perbedaan antara baja *hot rolled* dan baja *cold-formed* menyebabkan baja *hot rolled* tidak dapat dijadikan sebagai bahan untuk memproduksi baja *cold formed*. Pertama baja *cold formed* di bolehkan untuk dibentuk berbeda dari kebiasaan yang berbentuk "I". Kedua perilaku dari kedua material tersebut juga berbeda jauh. Sesuai dengan ukurannya yang tipis, kadang - kadang baja *cold formed* mulai lengkung hanya dengan formasi beban yang kecil. Meskipun demikian, setelah melengkung baja *cold formed* dapat terus menerima beban yang lebih berat sampai sebelum mengalami leleh (Don Allen, 2006).

Irianto (2013), menyebutkan penggunaan kuda-kuda kayu jati lebih berat dibanding baja ringan. Sinaga (2015), mengatakan bahwa penggunaan materil baja ringan lebih ekonomis dari baja konvensional.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan pengadaan bahan material, pengujian tarik profil, pembuatan benda uji serta *seting up loading joint* dan *actuator*. Tahap persiapan antara lain:

1. Persiapan bahan-bahan yang diperlukan untuk membuat benda uji, antara lain

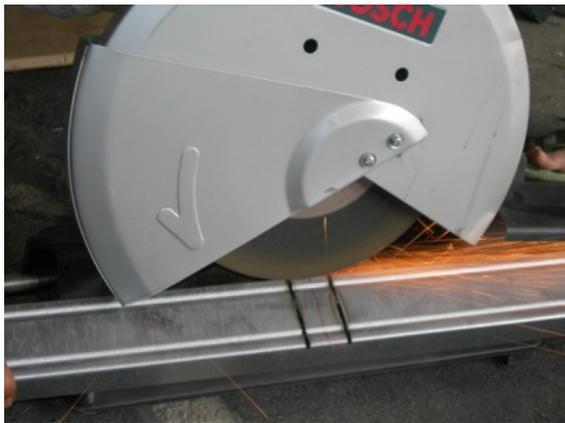
profil C yang terbuat dari Baja Cold-Formed dan Alat sambung.



Gambar 3. Profil C dan baut

2. Pembuatan benda uji joint. Tahapan pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pemotongan profil C.



Gambar 4. Pemotongan Profil C

b. Pemasangan profil dan penyambungan dengan baut / screw.



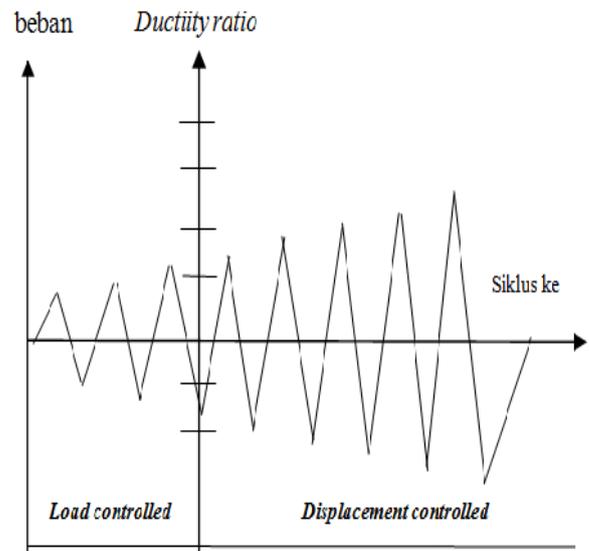
Gambar 5. Pemasangan dan Penyambungan Profil

c. Pembuatan benda uji

Setelah segala sesuatu telah selesai di *set up* sesuai dengan fungsi dan keperluannya, maka siap dilakukan pengetesan terhadap benda uji dengan mensimulasikan beban gempa. Pengujian secara garis besar dilakukan secara 2 tahap, tahap pertama dilakukan pengujian *joint* tipe L, tahap selanjutnya dilakukan pengujian *joint*. Pada pengujian ini digunakan frekwensi rendah pada setiap pembebanan dengan *hydraulic actuator*. Frekwensi rendah ini disebabkan karena proses manual pembebanan dengan memutar tombol yang ada pada *hydraulic actuator*. Besarnya frekwensi ini sekitar 0.5 siklus per detik.

1. Tahap *load controlled*

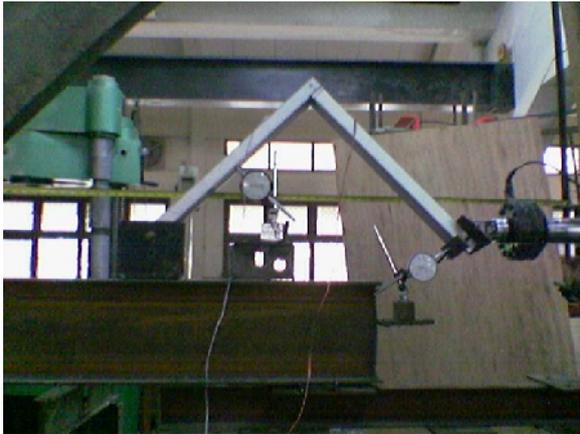
Pada tahap *load controlled*, *hydraulic actuator* disimulasikan bekerja dalam prinsip *hidrolis* sehingga beban yang bekerja dan beban leleh terjadi tanpa hambatan. Pola pembebanan yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar



Gambar 6 Pola pembebanan (dalam Sulendra, 2000)

2. Pengujian joint

Setting pengujian siklik joint tipe 'L' dapat dilihat pada gambar, joint dibebani siklik dengan menentukan terlebih dahulu tahapan beban. Tiap pembebanan terdiri dari 1 (satu) siklus lengkap yaitu beban positif (beban tarik) dan negatif (beban tekan).

Gambar 7. Detail *Set Up* Pengujian *Joint*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem struktur *joint* dan *joint* dilakukan analisis statik dengan hasil akhir dari analisis ini adalah besarnya beban. Analisis struktur didasarkan pada beban gempa statik ekuivalen diambil dari peraturan gempa Indonesia SNI 03-1726-2002. Beban lateral yang dianggap dominan adalah beban gempa dengan gempa rencana wilayah gempa 6 untuk tanah sedang.

Pengujian terhadap benda uji *joint* dilakukan dengan memodelkan beban gempa yang terjadi sebagai beban lateral bolak balik. Pembebanan dilakukan dengan menggunakan *load control* dan dilakukan secara bertahap hingga struktur mencapai batas runtuhnya.

Dari hasil pengujian 2 benda uji *joint*, diperoleh kurva hubungan beban-*displacement* seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Envelope Curve *Joint* 1 (Uji Siklis)

Siklus	Beban (kN)	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Drift Ratio</i> (%)	A (N mm)
A	0	□		
1.A	0.20	10.31	0.34	1.03
2.A	0.30	15.35	0.51	1.26
3.A	0.40	20.83	0.69	1.92
4.A	0.50	24.30	0.81	1.56
5.A	0.60	27.49	0.92	1.75
6.A	0.70	31.49	1.05	2.60
7.A	0.80	36.41	1.26	4.70
8.A	0.90	41.99	1.40	3.60
9.A	1.00	49.46	1.65	7.10
10.A	1.10	50.01	1.67	0.58

Siklus	Beban (kN)	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Drift Ratio</i> (%)	A (N mm)
11.A	1.20	50.88	1.71	0.42
Jumlah				26.52
B				
1.B	-0.20	-4.71	-0.16	0.47
2.B	-0.30	-6.90	-0.23	0.55
3.B	-0.40	-9.81	-0.33	1.02
4.B	-0.50	-13.10	-0.44	1.48
5.B	-0.60	-16.14	-0.54	1.67
6.B	-0.70	-18.87	-0.63	1.77
7.B	-0.80	-25.70	-0.86	5.12
8.B	-0.90	-31.06	-1.04	4.56
9.B	-1.00	-35.83	-1.19	4.53
10.B	-1.10	-36.42	-1.23	3.41
11.B	-1.20	0.00	0.00	0,00
Jumlah				24,58

Tabel 2. Envelope Curve *Joint* 2 (Uji Siklis)

Siklus	Beban (kN)	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Drift Ratio</i> (%)	A (N mm)
A	0	□		
1.A	0.20	11.52	0.38	1.15
2.A	0.30	16.50	0.55	1.25
3.A	0.40	22.07	0.74	1.95
4.A	0.50	25.51	0.85	1.55
5.A	0.60	28.75	0.96	1.78
6.A	0.70	33.53	1.09	2.65
7.A	0.80	38.96	1.30	4.61
8.A	0.90	43.26	1.44	3.66
9.A	1.00	50.23	1.67	6.62
10.A	1.10	51.04	1.70	0.85
11.A	1.20	51.65	1.78	0.35
Jumlah				26.42
B				
1.B	-0.20	-3.59	-0.12	0.36
2.B	-0.30	-5.59	-0.19	0.50
3.B	-0.40	-8.85	-0.30	1.14
4.B	-0.50	-11.87	-0.40	1.36
5.B	-0.60	-14.97	-0.50	1.71
6.B	-0.70	-17.76	-0.59	1.81
7.B	-0.80	-24.49	-0.82	5.05
8.B	-0.90	-29.87	-1.00	4.57
9.B	-1.00	-35.41	-1.18	5.26
10.B	-1.10	-36.31	-1.19	5.50
11.B	-1.20	0.00	0.00	0,00
Jumlah				27,26

1. Beban Pengujian

Beban yang diberikan adalah beban bertahap. Perbandingan beban rata-rata pada joint terlihat bahwa terjadi pembesaran lubang baut dengan beban rata-rata yang bekerja pada kedua joint sebesar 0,6 kN. Pada saat yield beban yang bekerja pada joint 1 adalah 0,8 kN dan joint 2 adalah 0,7 kN. Pada saat *peak* (beban puncak), beban yang bekerja pada joint 1 adalah 1,2 kN dan joint adalah 2 1,2 kN, saat failure (baut tidak berfungsi lagi), beban yang bekerja pada joint 1 adalah 0,9 kN dan joint 2 adalah 0,8 kN. Nilai beban yang bekerja pada joint 1 lebih besar dari joint 2. Hal ini disebabkan pada saat pembebanan pada benda uji, kualitas benda uji ada terjadi sedikit perbedaan.

2. Simpangan Pengujian

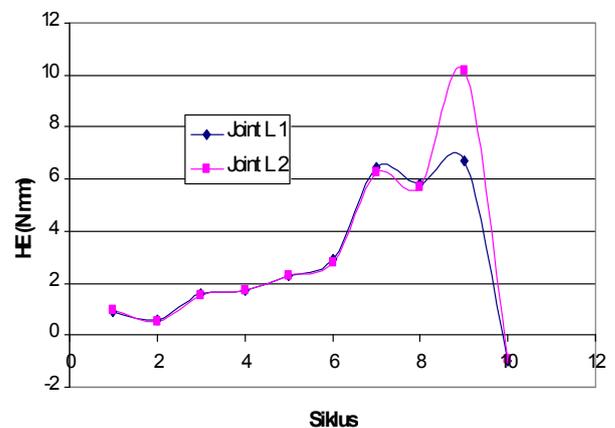
Kerusakan awal (bearing failure) adalah kerusakan yang terjadi pada lubang benda uji akibat pembebanan yang diberikan. Kerusakan disebabkan gesekan baut dengan lubang sehingga diameter lubang mulai membesar. Kerusakan awal simpangan joint 1 adalah 27.49 mm dan joint 2 adalah 28.75 mm. Pada saat yield diameter lubang makin membesar dan simpangannya joint 1 adalah 36.41 mm dan joint 2 adalah 33.53 mm. Saat peak, simpangan pada joint 1 adalah 50.88 mm dan joint 2 adalah 51.65 mm. Saat failure simpangan pada joint 1 adalah 41.99 mm dan joint 2 adalah 38.96 mm. Dari simpangan hasil pengujian terlihat bahwa, pada kedua benda uji makin besar beban yang diberikan maka diameter lubang makin membesar.

3. Hysteretic Energy (HE)

Hysteretic Energy (HE) adalah luasan loops setiap siklus. Luasan loops dihitung dengan pendekatan numerik, dengan menganggap setiap luasan pias pada loops merupakan luasan trapesium. Hasil perhitungan hysteretic energy ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan perbandingannya dapat dilihat pada gambar .

Tabel 3. Hasil Perhitungan Hysteretic Energy

HYISTERETIC ENERGY		
Siklus	HE x 10 ³ (N mm) Joint 1	HE x 10 ³ (N mm) Joint 2
1.A	0.89	0.95
2.A	0.56	0.55
3.A	1.57	1.55
4.A	1.72	1.69
5.A	2.30	2.28
6.A	2.90	2.81
7.A	6.43	6.23
8.A	5.83	5.72
9.A	6.70	10.14
10.A	-1.00	-0.94



Gambar 8. Perbandingan Hysteretic Energy

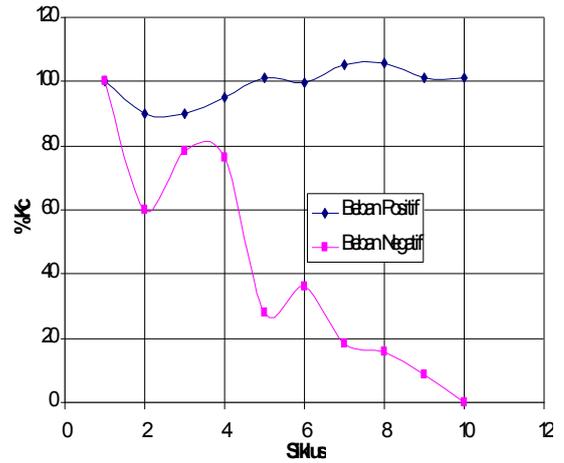
Joint 2 memiliki hysteretic energy (HE) yang lebih besar dibanding joint 1, ini menunjukkan bahwa joint 2 memiliki energi redaman (dissipation) yang lebih baik. Sehingga apabila ada gempa, joint 2 lebih besar menyerap gaya gempa. Hal ini disebabkan karena sambungan pada joint 2 lebih baik dari joint 1.

4. Kekakuan Siklus (k_c)

Karena *hysteresis loop* antara beban dan simpangan siklus positif dan negatifnya tidak seimbang, maka kekakuan siklus dihitung dan, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Kekakuan Siklus

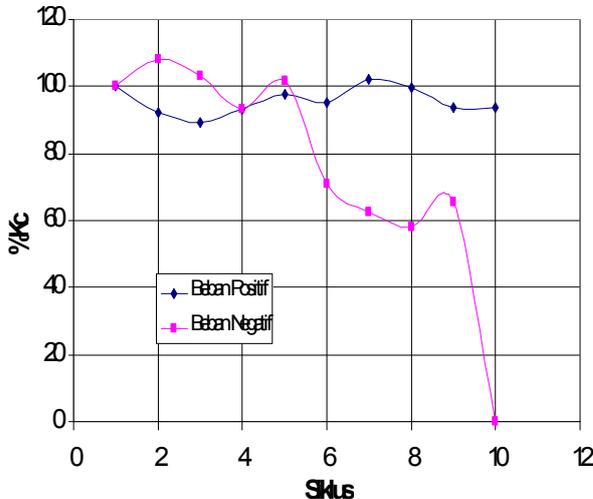
Siklus	Joint 1	Joint 2
	Kc (N mm)	Kc (N mm)
A (Positif)		
1.A	19.40	17.36
2.A	17.91	15.65
3.A	17.29	15.60
4.A	18.05	16.55
5.A	18.92	17.55
6.A	18.48	17.30
7.A	19.86	18.30
8.A	19.33	18.36
9.A	18.20	17.54
10.A	18.18	17.54
B (Negatif)		
1.B	60.42	160.00
2.B	65.36	95.85
3.B	62.40	125.00
4.B	56.24	121.95
5.B	61.48	44.78
6.B	42.84	57.85
7.B	37.83	28.98
8.B	35.16	25.02
9.B	39.43	13.61
10.B	0.00	0.00



Gambar 10. Degradasi Kekakuan Siklus Pada Joint 2

Degradasi kekakuan siklus positif (k_c) pada joint menunjukkan terjadi penurunan yang kecil sedangkan pada siklus negatif terjadi penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena pada saat beban tekan (siklus negatif) semakin besar, baut tidak bekerja lagi, sehingga beban ditahan oleh lip dan semakin lama kekuatan lip berkurang yang menyebabkan degradasi siklus negatif turun. Pada siklus positif, saat beban tarik, beban ditahan oleh pertemuan web masing-masing batang, sehingga degradasi siklus positif terjadi penurunan yang kecil dibandingkan siklus negatif.

Degradasi kekakuan siklus (K_c) merupakan penurunan kekakuan pada *joint* akibat beban luar yang terjadi pada tiap siklusnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Degradasi Kekakuan Siklus Pada Joint 1

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan diketahui bahwa Beban yang diberikan adalah beban bertahap. Beban rata-rata yang bekerja pada kedua joint sebesar 0,6 kN. Pada saat yield beban yang bekerja pada joint 1 adalah 0,8 kN dan joint 2 adalah 0,7 kN. Pada saat *peak*, beban yang bekerja pada joint 1 adalah 1,2 kN dan joint 2 adalah 1,2 kN, saat failure, beban yang bekerja pada joint 1 adalah 0,9 kN dan joint 2 adalah 0,8 kN. Nilai beban yang bekerja pada joint 1 lebih besar dari joint 2. Kerusakan awal simpangan joint 1 adalah 27.49 mm dan joint 2 adalah 28.75 mm. Pada saat yield simpangannya joint 1 adalah 36.41 mm dan joint 2 adalah 33.53 mm. Saat peak, simpangan pada joint 1 adalah 50.88 mm dan joint 2 adalah 51.65 mm. Saat failure simpangan pada joint 1 adalah 41.99 mm dan joint 2 adalah 38.96 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, Prima Dwi, 2014, Pengaruh Jarak Screw Terhadap Kekuatan Sambungan Pada Baja Ringan, Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Volume 3, No 1, hal 149-157, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Jakarta : BSN
- Badan Standarisasi Nasional 2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726 – 2002.
- Dharmawan.2015. Analisis Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan Dan Rangka Atap Kayu Dari Segi Analisis Struktur Dan Anggaran Biaya. Jurnal Konstruksia, Vol 7 (1) : 2736.
- Don Allen, P.E, 2006 *Jurnal History of Cold Formed Seel, Structure Magazine* Nov
- Hancock, GJ, 1999, *Design for Distortional Buckling of Flexural Members. Thin Walled Structures*, Elsevier Science Ltd.
- Irianto. 2013. Komparasi Penggunaan Kayu Dan Baja Ringan Sebagai Konstruksi Rangka Atap. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Vol 3 (11) : 45-51
- Iskandar, 2007, Evaluasi Perilaku Sambungan Kolom Komposit Baja-Beton dan Balok Beton Bertulang dengan Pembebanan Siklik Statik. ITB, Bandung
- Posyanis, 2006. Pos Pelayanan Teknis – Teknik Sipil Peduli Bencana Gempa, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta
- Sarwidi, 2000, Perilaku Rumah Rakyat Akibat Gempa Merusak-Studi Kasus Dari Gempa Blitar 1998 dan Gempa Sukabumi 2000, Lokakarya Nasional bangunan Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa, Evaluasi, Rekomendasi, dan Sosialisasi Yogyakarta.
- Sinaga. 2015. Perencanaan Rangka Atap Baja Ringan Berdasarkan SNI 7971:2013. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara
- Sulendra, 2000 Perilaku Structural Perbaikan Joint Balok – Kolom Eksterior Beton Bertulang yang Rusak Akibat Beban Gempa, Tesis Pascasarjana UGM, Yogyakarta
- Tayu, Billina, 2017 Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.5 Juli 2017 (237-247) ISSN: 2337-6732
- Triwiyono, A., 2006, Pembangunan Rumah Sederhana Dengan Sistem Knock-Down Untuk Pemberdayaan Masyarakat, Makalah pada Seminar Nasional Menciptakan Teknologi Terapan untuk Pemberdayaan Masyarakat, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta 25 Februari.
- Triwiyono, A., 2004, *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton*, Topik Bahan Ajar , UGM, Yogyakarta