

PERILAKU STRUKTURAL SAMBUNGAN SEKRUP SEARAH DAN BERLAWANAN ARAH PADA STRUKTUR BAJA RINGAN

Anita Dewi Masdar¹⁾, Sabril Haris²⁾, Astuti Masdar³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh

²⁾ Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas Payakumbuh

E-mail: anitadewimasdar700@gmail.com¹⁾, sabril.haris@eng.unand.ac.id²⁾,
astuti_masdar@yahoo.com³⁾

ABSTRAK

Salah satu material yang banyak digunakan pada struktur rangka atap saat ini adalah baja ringan. Kondisi ini dikarenakan ketersediaan kayu yang biasa digunakan pada struktur atap mulai terbatas. Pada struktur baja ringan ini, biasanya menggunakan sekrup sebagai alat sambungnya. Jumlah dan posisi sekrup pada sistem sambungan akan mempengaruhi perilaku struktural sambungan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku struktural sambungan sekrup searah dan berlawanan arah pada struktur baja ringan dengan jumlah sekrup 3 buah pada sistem sambungannya. Material yang digunakan sebagai spesimen adalah baja ringan dengan profil berbentuk kanal dan ukuran penampang 75 mm x 35 mm x 0,75 mm. Alat sambung yang digunakan adalah *self drilling screw* Ø 5 mm. Karakteristik material diperoleh melalui uji tarik dengan mengacu kepada Annual Book of ASTM Standars 1991 Section 3. Perilaku sambungan struktur baja ringan yang diamati yaitu sekrup pada posisi kepala dan ujung searah dan sekrup pada posisi kepala dan ujung berlawanan arah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Beban yang diberikan adalah beban statik monotonik yang dilakukan secara bertahap sampai mencapai kondisi ultimitnya. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai beban ultimit yang diperoleh untuk pemasangan sekrup dengan posisi kepala dan ujung sekrup berlawanan arah lebih besar dari pemasangan sekrup dengan posisi kepala dan ujung sekrup searah. Sementara itu kegagalan struktur yang terjadi adalah jenis kegagalan 'tilting' dimana kerusakan terjadi pada lubang sambungan yang menyebabkan sekrup sekrup berotasi pada bidang gaya tarik.

Kata kunci : baja ringan, beban ultimit, sambungan, sekrup, monotonik.

ABSTRACT

One of the materials that are widely used in roof truss structures today is cold-formed steel light steel. This condition is due to the limited availability of wood commonly used in roof structures. In this light steel structure, usually using screws as a means of connection. The number and position of screws in the joint system will affect the structural behavior of the joint. This study was conducted to determine the structural behavior of unidirectional and counterclockwise screw connections in light steel structures with 3 screws in the connection system. The material used as a specimen is mild steel with a canal-shaped profile and a cross-sectional size of 75 mm x 35 mm x 0.75 mm. The connection tool used is a self-drilling screw 5 mm. The material characteristics were obtained through a tensile test with reference to the Annual Book of ASTM Standards 1991 Section 3. The observed behavior of the mild steel structure connection was the screws at the head and ends in the same direction and the screws at the head and ends in the opposite direction. Testing is done using the Universal Testing Machine. The load given is a monotonic static load which is carried out in stages until it reaches its ultimate condition. Based on the results of the study, it is known that the ultimate load value obtained for screw installation with the head and screw ends in opposite directions is about 15% greater than the screw installation with the head and screw ends in the same direction. Meanwhile, the structural failure that occurs is the type of 'tilting' failure where damage occurs in the connection hole which causes the screw to rotate in the tensile force field.

Keyword : Light steel, ultimate load, connection, screw

1. PENDAHULUAN

Penggunaan baja ringan telah menjadi bahan perbincangan dalam dunia konstruksi. Perkembangan teknologi bahan konstruksi bangunan menunjukkan kecenderungan penggunaan material yang efisien dan ramah lingkungan. Baja ringan telah banyak direkomendasikan bahkan telah digunakan sebagai struktur atap. Penggunaan baja ringan ini didukung oleh beberapa aspek yaitu ketersediaan, kemudahan dalam perakitannya dan dari segi kekuatannya. Bahan ini sesuai untuk struktur ringan sampai sedang dan struktur bentang pendek sampai sedang. Baja ringan dicirikan oleh penampang yang ringan dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi [1].

Penelitian terkait sistem sambungan baut dan sekrup telah dilakukan oleh peneliti terdahulu [2, 3, 4, 5, 6]. Kulkarni dan Vaghe [2] telah mempresentasikan hasil eksperimen sambungan baut diameter 12 mm dengan menggunakan packing plate tambahan dimana hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kegagalan terjadi pada baja ringan dan pelat sambung sementara pada baut tidak terjadi kerusakan. Haris, dkk [3] melakukan pengujian eksperimental untuk sambungan baut menggunakan ukuran baut yang lebih kecil, dan terjadi kegagalan geser pada baut serta lekukan pada lubang. Sementara itu, rotasi sekrup dan pemisahan sambungan karena peningkatan ukuran lubang menggunakan sambungan sekrup dilaporkan pada penelitian [4,5] dengan pemansangan sekrup diterapkan ke arah yang sama.

Berdasarkan penelitian terdahulu [2, 3, 4, 5, 6] penelitian terkait perilaku sekrup terutama untuk sekrup pada struktur baja ringan untuk jumlah sekrup yang lebih dari 2 buah pada sistem sambungan dengan arah pemasangan sekrup (*self drilling screw*) yang searah dan berlawanan arah masih diperlukan. Pengembangan penelitian tentang sambungan elemen struktur baja ringan untuk mendapatkan rekomendasi alat dan cara penyambungan yang baik pada elemen struktur baja ringan yang mengacu pada Peraturan SNI Canai Dingin 2013.

Pada penelitian ini dikembangkan penggunaan alat sambung sekrup (*self drilling screw*) dengan cara pemasangan sekrup searah dan berlawanan arah. Variasi jumlah adalah 3 baut dan 4 baut dengan jarak baut 3D, 4,5D, dan 6D. Profil baja ringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah profil bentuk Kanal dengan ukuran 75x35 mm (tinggi dan lebar) dengan ketebalan 0,75 mm. Metode penelitian yang digunakan adalah uji tarik laboratorium untuk mendapatkan hubungan tegangan-regangan material baja ringan serta mendapatkan hubungan beban dengan perpindahan dari beberapa variasi sambungan uji tarik baja ringan dengan menggunakan alat sambung sekrup (*self drilling screw*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Baja ringan adalah salah satu material struktur yang terbuat dari baja memiliki ketebalan yang relatif tipis dibandingkan material baja pada umumnya. Karena memiliki ketebalan yang relatif tipis maka baja ringan dapat berupa lembaran-lembaran baja yang kemudian dibentuk pada suhu ruangan. Baja ringan biasa di sebut juga dengan *cold formed steel*. Berbeda dengan baja biasa yang dibentuk pada suhu tinggi (*hot formed steel*). Selain tingkat ketebalan, dan suhu saat pembentukan hal lain yang membedakan antara cold formed steel dengan hot formed steel adalah pada tegangan. *Cold formed steel* dipengaruhi oleh tegangan sisa tekan yang diakibatkan oleh penguatan regangan (*strain hardening*). Sedangkan pada hot formed steel tegangan sisa yang timbul diakibatkan oleh proses pendinginan.

Sambungan sekrup pada baja ringan memiliki ketentuan-ketentuan yang harus di perhitungkan dalam pemasangannya. Dalam menentukan besarnya nilai kegagalan sambungan sekrup berdasarkan tipe kegagalannya, semua diatur dalam SNI Struktur Baja Canai SNI 7971:2013 Pasal 5.4.2 (2013:102-105). Ketentuan tersebut diantaranya yaitu tinjauan sambungan sekrup dalam geser

Pada sambungan baja ringan menggunakan sekrup terdapat kondisi kegagalan jungkit (*tilting*) dan tumpu (*hole bearing*). Perhitungan kegagalan jenis ini memiliki syarat perbandingan antara ketebalan pelat yang tidak kontak dengan ketebalan pelat yang kontak langsung dengan kepala sekrup. Penetapan jenis kegagalan jungkit (*tilting*) dan tumpu lobang atau kapasitas tumpu nominal bagian tersambung (V_b) menurut SNI 7971:2013 Pasal 5.4.2.3 (2,3, dan 4) dapat diambil nilai terkecil dari persamaan berikut:

$$V_b = 4,2 \sqrt{(t^3 \times d_f)} \cdot f_u \cdot n \quad (1)$$

$$V_b = C \cdot t \cdot d_f \cdot f_u \cdot n \quad (2)$$

dimana:

V_b = Kapasitas tumpu nominal bagian (N)

t = tebal pelat sambungan (mm)

d_f = diameter sekrup nominal (mm)

f_u = tegangan tarik pelat baja ringan yang kontak langsung dengan kepala sekrup (N/mm^2)

C = faktor tumpu

Faktor tumpu (C) ditentukan berdasarkan diameter dan ketebalan sekrup sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Faktor Tumpu (C)

Rasio diameter pengencang dan ketebalan komponen struktur, df/t	C
$Df/t < 6$	0,27
$6 < df/t < 3$	$3,3 - 0,1 (df/t)$
$Df/t > 13$	2,0

Sumber: SNI 7971: 2013 (2013:104).

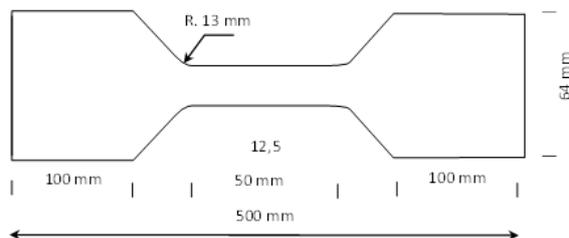
3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan skala 1:1. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini maka akan dilakukan dalam 5 tahapan yaitu studi literatur, persiapan pra proses pengujian, pengujian benda uji, analisa data dan kesimpulan.

3.1. Pembuatan Spesimen Uji

3.1.1 Pembuatan Spesimen Uji tarik material

Profil kanal 75 x 35 x 0,75 disiapkan sebanyak 7 batang dengan setiap batangnya diambil masing-masing 1 buah untuk diuji tarik dengan ukuran dan bentuk spesimennya mengacu ke ANNUAL BOOK OF STANDARDS 1991 section 3 (Metals Test Methode and Analitical Procedur), sebagaimana disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Dimensi Nominal Spesimen Uji Tarik



Gambar 3. Spesimen Terpasang Pada Alat Uji Tarik Utm

3.1.2 Pembuatan Spesimen Uji tarik material

Dimensi dan jumlah dari masing-masing benda uji pada setiap variabel berbeda. Perbedaan pada dimensi ditentukan oleh asumsi pemodelan benda uji. Pada penelitian ini variabel yang diteliti adalah jumlah sekrup yang digunakan adalah 3 buah sekrup dengan cara pemasangan sekrup yaitu searah kepala dan ujung sekrup dan jarak sekrup yang telah direncanakan yaitu 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 2,5 cm, 3,5 cm (SNI 7971-2013 Baja Canai Dingin 5.4.2.1).

3.2. Uji Tarik Sambungan

Uji tarik dilakukan untuk beberapa variasi sambungan dengan menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dan pembebanan statik monotonik (pembebanan bertahap sampai di dapat kondisi ultimitnya). Pengujian pada sambungan bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan pada baja ringan dan pengaruh bentuk kondisi sambungan profil baja ringan jika digunakan alat sambung sekrup (pengaruh gaya ultimate yang dipikul besar perpindahan yang terjadi, bagaimana bentuk kegagalan/keruntuhan sambungan menggunakan alat sambung sekrup).

3.3. Analisa

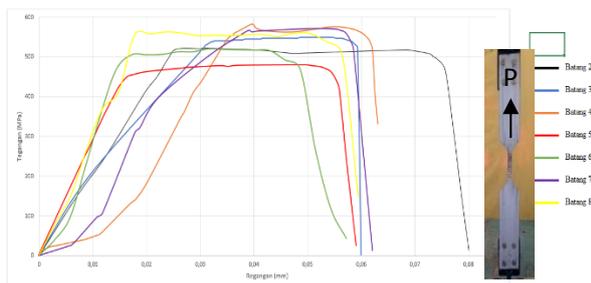
Analisa dilakukan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kemudian dilakukan analisis data untuk mendapatkan nilai beban (P) yang mampu di pikul serta besarnya perpindahan yang terjadi terhadap variasi model sambungan yang direncanakan. Dari hasil tersebut kita dapat melihat bagaimana perilaku sambungan yang terjadi, baik itu dari segi perpanjangan material, diameter lubang pada sekrup, dan bagaimana perilaku sekrup setelah dilakukan uji tarik. Hasil berupa kurva beban dan perpindahan serta rekomendasi pemasangan sekrup dari konfigurasi sambungan elemen struktur baja ringan yang di usulkan. Hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan perhitungan menurut Peraturan AS/NZS 4600 :2005 dan SNI Baja Canai Dingin 2013.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Uji Tarik Material

Dari hasil kurva tegangan-regangan material yang diperoleh dari hasil uji tarik semua spesimen menunjukkan pola kurva yang sama. Ini dapat dilihat dari nilai nilai tegangan leleh (f_y) yang relatif memiliki nilai yang sama dengan nilai tegangan putus ultimate (f_u) setelah melewati fase leleh seiring bertambahnya nilai regangan (ϵ) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 0. Hasil Uji Tarik spesimen Spesimen (7 batang baja ringan)

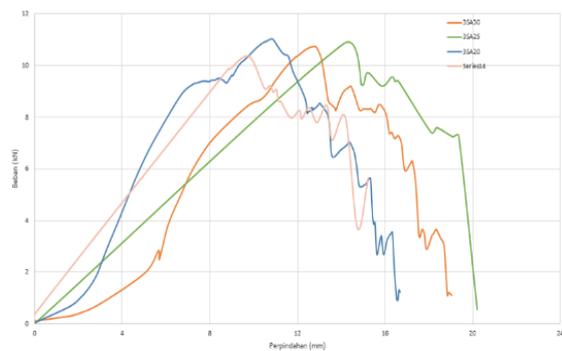
Dari hasil uji tarik material pada spesimen (7 batang baja ringan) dapat dilihat bahwa nilai tegangan leleh (f_y), tegangan Ultimate (f_u) relatif sama nilainya, seiring bertambahnya nilai

regangan (ϵ) sampai kondisi putus apesimen. Namun untuk nilai modulus elastisitas material (E), berdasarkan hasil uji tarik material menunjukkan nilai yang lebih rendah dari standart Nilai modulus elastisitas (E) yang terdapat pada SNI Baja Canai Dingin 2013 yaitu sebsesar 200.000 MPa. Pada SNI Baja Canai Dingin 2013 nilai modulus elastisitas ditetapkan yaitu rata-rata berkisar $\pm 1/5$ dari nilai nominal 200.000 MPa. Hal ini diduga diakibatkan terjadinya slip dalam pengerjaan pengujian uji tarik spesimen ini. Sehingga, nilai modulus elastisitas yang dipakai adalah $E = 200.000$ MPa sesuai dengan SNI Baja Canai Dingin 2013 untuk melengkapi hasil uji tarik material ini. Rekapitulasi karakteristik dari spesimen (7 batang baja ringan) hasil uji tarik material baja ringan profil Kanal C 75 x 35 dengan ketebalan yang sama.

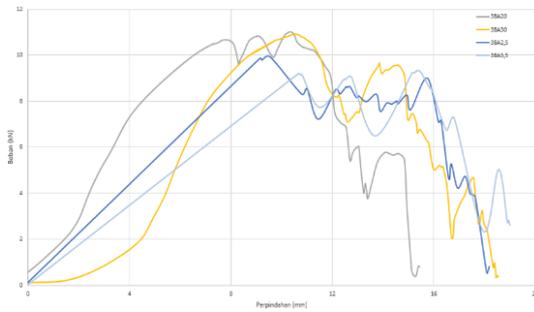
Setelah dilakukan pengujian terhadap spesimen dengan jarak dan arah pemasangan sekrup yang berbeda, didapatkan nilai ultimit yang berbeda-beda dari tiap spesimen yang diuji. Hasil yang didapatkan diplotkan dalam sebuah tabel dan grafik seperti yang terlihat pada Tabel 2. Dan Gambar 5.

Tabel 2. Rekap Nilai Beban Perpindahan Untuk Pasangan Sekrup Berlawanan Arah

No Spesimen	Material	Pu (kN)	ΔP (mm)	Tipe Keruntuhan
5	3SA20 Batang 5	11,04	10,8	T, Hb, Po
6	3SA30 Batang 6	10,74	12,8	T, Hb, Po
7	3SA2,5 Batang 2	10,85	14,1	T, Hb, Po
8	3SA3,5 Batang 4	10,35	9,8	T, Hb, Po
Rata-rata		9,58	10,99	



(a)



(b)

Gambar 5. Perbandingan Hasil Uji Tarik Dengan Pemasangan Searah (a) Dan Berlawanan Arah (b) untuk 3 sekrup

Dari hasil uji tarik yang telah dilakukan untuk dua tipe sambungan ini, diperoleh bentuk kurva beban perpindahan yang relatif hampir sama. Setelah dilakukan pengujian terhadap spesimen dengan jarak dan arah pemasangan sekrup yang berbeda, didapatkan nilai ultimit yang berbeda-beda dari tiap spesimen.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Tinjauan bentuk kegagalan dari sistem sambungan sekrup pemasangan searah dan sistem sambungan sekrup pemasangan berlawanan arah yang diperoleh :

1. Dari kedua sistem sambungan sekrup pemasangan searah dan berlawanan arah dengan spesimen yang di uji, bentuk kegagalan secara keseluruhan menunjukkan hasil yang sama yaitu kegagalan jungkit (*tilting*) dengan kondisi sekrup berotasi mengikuti arah pembebanan gaya pada bidang tegak lurus sambungan yang disertai terjadinya mekanisme tumpu dengan semakin bertambahnya panjang lobang (*hole bearing*) pada tumpuan pelat profil baja ringan.
2. Untuk kekuatan sambungan, sistem sambungan sekrup pemasangan searah rata-rata lebih kuat dari pada pemasangan berlawanan arah pada sambungan 3 sekrup.

5.1 Saran

1. Dalam mendesain konstruksi baja ringan, rekomendasi penggunaan nilai tegangan leleh (f_y) dan ultimate material yang dikurangi/direduksi dari nilai nominalnya dapat dijadikan pertimbangan untuk mengantisipasi ketidaksesuaian mutu material yang ada dilapangan.
2. Untuk mengurangi potensi terjadinya slip pada proses uji tarik, sebaiknya diusulkan alternatif bentuk jig baru. Agar masalah slip yang terjadi pada area sambungan antara jig dengan mesin uji tarik bisa diperbaiki untuk penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu selama proses penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W.W. Yu, "Cold-Formed Steel Design," dalam *Plastics*, Edisi Kelima, New York : John Wiley and Sons Inc, 2016, hal. 2-5
- [2] R.B. Kulkarni, "Experimental study of bolted connections using light gauge channel sections and packing plates at the joints," *Int. J. Adv. Struct. Eng.* **6**, hal.105-119, September, 2014.
- [3] S. Haris, H. Herman, Zaidir and R. Tamrin, "Bolt connection behaviour of the cold-formed steel joint," dalam *ICET4SD 2017 MATEC Web of Conferences* **154**, 2018, hal 1-5
- [4] S.S. Fairuz and L. H. Ho, "Cold-Formed Steel Design," *Adv. Mat. Research* 712-715, 2013, hal 1054-1057
- [5] S. Haris, H. Herman, Zaidir and R. Tamrin, "Studi Eksperimental Perilaku Sambungan dengan alat Sambung Sekrup pada Elemen Struktur Baja Ringan," dalam *Proc. Annual Civil Eng. Seminar*, 2015, hal 390-396
- [6] S. Haris, J. Sunarjadi, and A.D. Masdar, "Experimental study of the screw connection of cold-formed steel applied in the same and opposite directions," dalam *2nd International Conference on Disaster and Management*, 2021, hal 1-9

- [7] Badan Standarisasi Nasional SNI 7971. 2013. Struktur Baja Canai Dingin. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [8] Annual Book of Astm Standards, Section 3: Metals Test Methods and Analytical Procedures:Metals-Mechanical Testing; Elevated and Low-Temperatu (ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS VOLUME 0301), 1991, ASTM International.