

ANALISIS SAMBUNGAN BATANG TARIK PADA STRUKTUR BAJA RINGAN DENGAN VARIASI KONFIGURASI SEKRUP

Hasrianto , Awal Syahrani Sirajuddin, Mustafa, Kristian Selleng.

FAKULTAS TEKNIK, JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS TADULAKO
Kampus Bumi TadulakoPalu-Sulawesi Tengah

Abstract: Analysis of Tension Rod Joints in Light Steel Structure Profile C with Screw Configuration Variations. This study aims to determine the behavior of the pull rod joint failure with variations in screw configuration, the influence of the shear strength of the pull rod joints on lightweight steel structures. Configuration variations used include: diagonal, vertical, horizontal to the direction of the tensile load. Whereas the test specimen uses mild steel material. The testing method uses tensile testing. The test was carried out in the Tadulako University Mechanical Engineering material test room.

The results show that the connection failure stages in the three configurations have in common, where all of them experience tipping failure, initially the screw is tilted and damages the surface of the plate (tilting), then the hole in the plate due to continuous force acting on the screw (hole bearing), and the screw is lifted but still can withstand the pull load (pull over). Tumbling failure occurs because the screw does not have strong shear resistance as does the nut in the bolt connection system so that the screw head rotates pressing the end of the plate until the tipping occurs and also with very thin material conditions. Connection failures that begin with a seesaw are largely determined by the support factor. Comparison of the actual N_t configuration II and III is greater than the actual N_t configuration I. Between the three configurations, the actual N_t value is greater than the theoretical N_t . Configuration III is 11% greater than configuration II and 17% greater than the value produced by configuration I. Configuration II is 7% greater than configuration I.

Keywords: Light Steel, Tensile Joint, Screw Configuration Variation

Abstrak: Analisis Sambungan Batang Tarik Pada Struktur Baja Ringan Profil C Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku kegagalan sambungan batang tarik dengan variasi konfigurasi sekrup, pengaruh kekuatan geser sambungan batang tarik pada struktur baja ringan. Variasi konfigurasi yang digunakan antara lain : diagonal, vertikal, horizontal terhadap arah beban tarik. Sedangkan spesimen uji menggunakan bahan baja ringan. Metode pengujiannya dengan menggunakan pengujian tarik. Pengujian di laksanakan di ruangan uji bahan Teknik Mesin Universitas Tadulako.

Hasil penelitian diperoleh tahap kegagalan sambungan pada ketiga konfigurasi memiliki kesamaan, dimana semuanya mengalami kegagalan jungkit, awalnya sekrup berotasi miring dan merusak permukaan pelat (*tilting*), kemudian lubang pada pelat akibat gaya yang terus menerus bekerja pada sekrup (*hole bearing*), dan sekrup terangkat tapi masih dapat menahan beban tarik (*pull over*). Kegagalan jungkit terjadi akibat sekrup tidak memiliki tahanan geser yang kuat seperti halnya mur pada sistem sambungan baut sehingga kepala sekrup berotasi menekan ujung pelat hingga terjadi jungkit dan di barengi juga dengan kondisi bahan yang sangat tipis. Kegagalan sambungan yang diawali dengan jungkit sangat di tentukan oleh faktor tumpuannya. Perbandingan nilai N_t aktual konfigurasi II dan III lebih besar dari pada N_t aktual konfigurasi I. Antara ketiga konfigurasi itu, menghasilkan nilai N_t aktual lebih besar daripada N_t teoritis. Konfigurasi III lebih besar 11% daripada konfigurasi II dan lebih besar 17% daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I. Konfigurasi II lebih besar 7% terhadap konfigurasi I.

Kata Kunci : Baja Ringan, Sambungan batang tarik, Variasi konfigurasi sekrup.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sekarang ini sangatlah pesat, misalnya dibidang industri, penggunaan material logam sangat diperlukan hingga saat ini. Hal ini disebabkan masih banyak industri seperti otomotif, dan macam industri lainnya yang masih menggunakan bahan logam pada barang hasil produksinya. Belum adanya material yang dapat menggantikan peranan dari logam itulah yang menyebabkan logam masih digunakan hingga saat ini.

Dalam bidang industri pembangunan, material logam juga dapat menggantikan peran komponen-komponen material lainnya seperti kayu yang digunakan sebagai pembuatan rangka atap sebuah bangunan sekarang mulai digantikan dengan material logam baja ringan. Hal ini membawa dampak positif bagi masyarakat dan alam seperti kurangnya penebangan pohon di hutan.

Baja merupakan paduan besi-karbon yang dapat dicampurkan dengan unsur paduan lainnya. Baja dapat diproduksi dengan tingkat kekuatan bahan yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan tingkat kekuatan baja sangat di pengaruhi oleh seberapa besar kandungan karbon di dalamnya. Baja paduan sendiri terbagi atas tiga jenis berdasarkan besar kandungan unsur karbon di dalamnya yakni baja karbon rendah, baja karbon menengah, dan baja karbon tinggi. Penggunaan baja sendiri sangat banyak digunakan pada berbagai industri mulai dari industri otomotif, industri pembangunan dan lainnya.

Baja ringan merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan dalam konstruksi bangunan. Suatu struktur baja merupakan komponen-komponen individual yang dapat mendukung dan menyalurkan beban-beban ke seluruh struktur dengan tepat berdasarkan konfigurasi struktural serta beban-beban desain. Beban-beban yang akan ditanggung oleh struktur atau elemen struktur tidak selalu dapat diramalkan dengan tepat sebelumnya. Bahkan apabila beban-beban tersebut telah diketahui dengan baik pada salah satu lokasi sebuah struktur tertentu, distribusi bebannya dari elemen yang satu ke elemen

yang lain pada keseluruhan struktur biasanya masih membutuhkan asumsi dan pendekatan.

Sambungan pada batang tarik menjadi penyebab terbesar dari banyak kasus kegagalan yang terjadi. Beberapa variabel yang ada pada sambungan diantaranya jenis alat penyambung, jarak antar alat penyambung, konfigurasi alat penyambung dan luasan bidang tersambung. Konfigurasi sambungan pada batang tarik sangat bervariasi sehingga dimungkinkan memberikan sumbangsih besar pada kasus tertentu umumnya mengikuti produk dari pabrikan tertentu yang sudah teruji, sehingga pada praktek di lapangan banyak aplikator/produsen lain hanya mengikuti apa yang sudah dianggap menjadi kebiasaan umum tanpa adanya dasar acuan yang jelas.

Menjadi penting untuk melihat perilaku kegagalan yang terjadi pada batang tarik dengan mengadopsi kebiasaan di lapangan dalam membuat variasi konfigurasi sekrup pada sambungan batang tarik. Dengan lihat perilaku kegagalan yang terjadi, diharapkan mampu memberikan informasi penting tentang perilaku dan tahap kegagalan dari masing-masing variasi konfigurasi sekrup selama ini di pakai di lapangan. Yang pada hasilnya nanti akan di aplikasikan ke dalam konstruksi pembangunan.

Prima (2014) mengungkapkan dalam penelitiannya mengenai pengaruh jarak *screw* terhadap kekuatan sambungan pada baja ringan menyatakan bahwa jarak *screw* sangat mempengaruhi kekuatan sambungan, jarak *screw* berdampak langsung terhadap kekuatan sambungan. Kuat tarik sambungan maksimal yaitu pada jarak spasi *screw* 4d dan jarak tepi 5d. Sedangkan untuk kuat geser sambungan maksimal juga pada jarak spasi *screw* 4d dan jarak tepi 5d.

Budiono dan Sutapa (2015) meneliti perilaku kegagalan batang tarik pada struktur baja ringan jenis C8506 Galvalume dengan variasi konfigurasi sekrup dengan model variasi konfigurasi zig-zag dan sejajar dengan jumlah sekrup yang digunakan sebanyak 3 buah dan dibuat 3 buah benda uji. Hasil penelitian tahapan kegagalan pada

ketiga variasi konfigurasi menunjukkan kesamaan perilaku yaitu semuanya mengalami kegagalan jungkit di mana sekrup berotasi dan melukai badan pelat (*tilting*), merenggangnya sambungan antar pelat akibat gaya yang terus menerus bekerja pada sekrup (*hole bearing*), dan sekrup yang terangkat tapi belum lepas karena masih ada drat yang tertahan di pelat dan secara teknis drat tersebut masih mampu menahan beban tarik (*pull over*).

TINJAUAN PUSTAKA

Baja Ringan

Electroplating merupakan suatu proses Baja ringan (*Light Steel Frame*) sebagai elemen struktur yang sangat diminati dewasa ini. Baja ringan adalah rangka baja yang menggunakan pelat baja tipis yang diprofil. Pelat baja tipis berupa lembaran baja berasal dari gulungan baja yang disebut *Coil*. Hasil riset yang cukup intensif terhadap perilaku baja ringan yang telah dituangkan di dalam design code di berbagai Negara *Australia Standard (AS/NZS)*, *American Iron and Steel Institute (AISI)*, *British Standard (BS code)* dan *Eurocode* telah meningkatkan kredibilitas baja ringan sebagai elemen struktur yang sama dengan baja ringan sebagai elemen struktur yang sama dengan baja biasa (*hot-rolled steel*) dan beton bertulang.

Menurut peraturan SNI 7971:2013 yang merujuk pada *AS/NZS 4600:2005* bahwa sambungan pada struktur rangka, baja ringan yang paling banyak digunakan adalah sekrup. Mengenai sambungan sekrup dapat diterapkan pada kasus dimana beban yang bekerja pada sambungan adalah gaya geser dan tarik normal. Aturan ini tidak dapat diterapkan untuk kasus dimana sambungan akan mengalami momen atau gaya kedua yang signifikan seperti pembongkaran. Untuk kasus tersebut atau untuk mendapatkan kapasitas geser dan tarik yang lebih akurat maka diperlukan tes.

Tes tersebut berguna apabila :

- Ketebalan dari baja ringan kekuatan tinggi G550 kurang dari 0,90 mm
- Rasio f_u/f_y adalah 1.0 untuk 0,40 mm sampai 1.08 untuk 0,90 mm

Peraturan berlaku sekrup untuk diameter nominal antara 3 mm sampai 17 mm dikarenakan diameter sekrup tersebut yang digunakan pada saat persamaan ditentukan. Dalam hal ini sekrup yang digunakan adalah sel *Drilling Screw* yaitu apabila mata bor dan dratnya sudah aus maka tidak boleh dipakai lagi.

Pada umumnya ketebalannya berkisar antara 0,20 – 2,00 mm. Variasi ketebalan ini ditentukan oleh fungsi , seberapa besar beban yang ditopang dan ukuran bentang baja itu sendiri. Ketebalan yang lebih kecil dibanding dengan baja konvensional dengan tujuan untuk mengurangi beban struktur bangunan. Struktur rangka baja ringan mempunyai ketebalan antara 0,45 – 1,00 mm. Berbeda dengan kolom yang akan menopang beban yang lebih besar, ketebalannya kisaran antara 1,00-2,00 mm (profil C). Sedangkan untuk genteng metal ketebalannya 0,20 mm karena bisa dikatakan tidak memikul beban dengan ketebalan tersebut sudah cukup memadai.

Baja tersusun dari besi dan karbon (Fe dan C). Apabila unsur tersebut bercampur dengan air dan udara akan timbul reaksi yang mendorong terjadinya karat. Maka baja ringan perlu dilapisi anti karat. Pengaplikasian lapisan anti karat sangat penting untuk menjaga agar material awet dan tahan lama.

Berbagai metode untuk mencegah terjadinya karat pada baja ringan mutu tinggi telah dilakukan, salah satunya yaitu metode memberikan lapisan pelindung (*coating*). Jenis *coating* pada baja ringan umumnya adalah *galvanized*, *galvalume*, atau yang disebut juga dengan *zincalume*.

Adapun jenis-jenis baja ringan yaitu (PT. Tatalogam-Deposimantap, 2016) :

a. *Top cord* dan *bottom cord*

Top cord dan *bottom cord* adalah Taso (TS) profil kanal C dengan bahan *Zincalume AZ 100 G 550* terdiri dari 2 macam ketebalan yaitu :

1. TS C 75.100 : Tinggi 75 mm, tebal 1,00 mm, panjang 6 m, dan berat 1,27 kg/m. digunakan untuk *top cord* dan *bottom cord*.

2. TS C 75.75 : Tinggi 75 mm, tebal 0,75 mm, panjang batang 6 m dan berat 1 kg/m. Bisa digunakan untuk *top cord* dan *bottom cord*.
3. TS C 75.65 : Tinggi 75 mm, tebal 0,65 mm, panjang batang 6 m dan berat 0.9 kg/m. Bisa digunakan untuk *top cord* dan *bottom cord*.

b. *Top span* atau *reng*

Reng adalah profil kanal U dengan bahan *zincalume* AZ 100 G 550 terdiri dari 2 ketebalan yaitu :

1. Reng 0,6 : Tebal 0,6 mm, panjang 6 m dan berat 0,67 kg/m. Reng jenis ini digunakan untuk penggunaan genteng keramik, beton, dan segala penutup atap dengan batas berat 60-75 kg/m².
2. Reng 0,45 : Tebal 0,45 mm, panjang 4,9 m dan berat 0,49 kg/m. Reng jenis ini digunakan untuk genteng metal, seng, asbes dan menutup lain dengan batas berat 10-30 kg/m².

Peraturan Baja Ringan Australia dan Selandia Baru AS/NZS 4600:2005 yang diadopsi menjadi SNI Baja Canai Dingin 2013 memaparkan bahwa ragam kegagalan sambungan dengan menggunakan sekrup terdiri dari: kegagalan jungkit (*tilting*), keruntuhan tumpu lubang (*hole-bearing*), keruntuhan sobek (*tear-out*), keruntuhan geser (*shear*), dan keruntuhan pull-out/pull-over. Ragam keruntuhan ini ditentukan oleh karakteristik material sekrup dan profil yang disambung (Sabri & Hamzal, 2015).

Karakteristik Baja Ringan

Baja ringan memiliki tegangan tarik tinggi (G550). Baja G 550 berarti baja memiliki kuat tarik 550 N/mm². Baja ringan adalah baja *high tensile* G-550 (minimum *yield strength* $5,5 \times 10^7$ kg/m²) dengan standar bahan ASTM A792, JIS G3302, SGC 570.

Baja ringan diciptakan untuk memudahkan perakitan dan konstruksi. Meskipun tipis, baja ringan memiliki tingkat kekuatan tarik yang tinggi yaitu sekitar 550 N/mm² (Rogers, dkk, 2010). Sementara baja biasa sekitar 300 N/mm².

Kelebihan dan Kekurangan Baja Ringan

1. Kelebihan dari baja ringan

Adapun kelebihan dari baja ringan yaitu :

- a. Karena bobotnya yang ringan maka dibandingkan kayu, beban yang harus ditanggung oleh struktur di bawahnya lebih rendah.
 - b. Baja ringan bersifat tahan api.
 - c. Tidak bisa dimakan rayap.
 - d. Pemasangannya relatif lebih cepat apabila dibandingkan rangka kayu.
 - e. Baja ringan hampir tidak memiliki nilai muai dan susut, jadi tidak berubah karena panas dan dingin.
2. Kekurangan dari baja ringan.

Adapun yang menjadi kekurangan pada baja ringan yaitu :

- a. Kerangka atap baja ringan tidak bisa diekspos seperti rangka kayu, sistem rangkanya yang berbentuk jaring.
- b. Karena strukturnya yang seperti jaring ini maka bila ada salah satu bagian struktur yang salah hitung ia akan menyeret bagian lainnya, artinya jika salah satu bagian kurang memenuhi syarat keamanan, maka kegagalan bisa terjadi secara keseluruhan.
- c. Rangka atap baja ringan tidak sefleksibel kayu yang dapat dipotong dan dibentuk berbagai profil.

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Pengujian

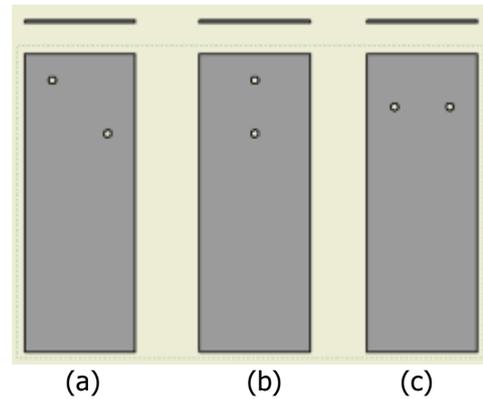
Adapun tahap penelitian yang akan dilakukan dalam rangka mengumpulkan data hingga penyelesaian masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan penelitian.
 - a. Mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan dalam proses pembuatan spesimen uji dan proses pengujian tarik.
 - b. Mempersiapkan bahan, dalam penelitian ini bahan yang digunakan yaitu baja ringan profil C dan sekrup #10-16×16 atau D10 mm.
 - c. Membuat spesimen uji.
 - d. Membuat mal pada titik-titik sekrup
 - e. Menyambungkan dua spesimen uji menggunakan sekrup #10-16×16

2. Pengujian tarik
 - a. Menyiapkan spesimen uji yang telah dirangkai dengan dimensi yang telah ditentukan.
 - b. Mengukur panjang, lebar, dan tebal awal spesimen uji.
 - c. Spesimen dijepit dengan kuat pada kedua ujungnya, dengan handle pada mesin uji.
 - d. Memastikan batang uji tercekam dengan baik.
 - e. Menghidupkan Machine universal Testing dan Men-setting Extensiometer digital dan pembebanan.
 - f. Mengamati dan mencatat besarnya gaya tarik pada skala pada saat yield, maksimum, dan patah. Serta pertambahan panjang (ΔL) yang dialami benda uji akibat gaya tarik saat yield, maksimum dan patah untuk menentukan regangan yang dialami spesimen uji.
 - g. Spesimen yang sudah di uji tarik dikeluarkan dari handle mesin, kemudian di ukur dimensinya setelah penarikan.
 - h. Mengambil gambar spesimen setelah patah.
 - i. Mengukur panjang batang uji setelah patah.

Dalam penelitian ini terdapat 3 konfigurasi, tiap konfigurasi akan di buat 5 benda uji. Konfigurasi tersebut adalah;

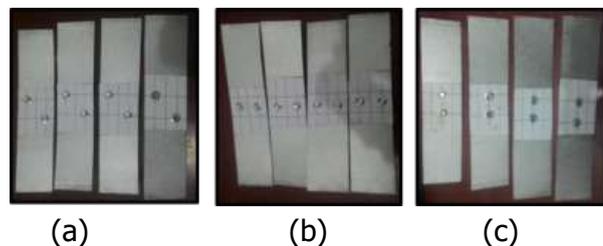
1. Konfigurasi I ; dipasang sekrup #10-16×16 sebanyak 2 buah dengan konfigurasi diagonal dengan jarak tepi $4d_f$ dan s_g Yaitu 21 mm. Dibuat 5 buah benda uji untuk konfigurasi I.
2. Konfigurasi II ; dipasang sekrup #10-16×16 sebanyak 2 buah dengan konfigurasi horizontal dengan jarak tepi $4d_f$ dan s_g Yaitu 21 mm. Dibuat 5 buah benda uji untuk konfigurasi II.
3. Konfigurasi III ; dipasang sekrup #10-16×16 sebanyak 2 buah dengan konfigurasi vertikal dengan jarak tepi $4d_f$ dan s_g Yaitu 21 mm. Dibuat 5 buah benda uji untuk konfigurasi III.



Gambar 1. Model konfigurasi, diagonal (a), vertikal (b), horizontal (c)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian penelitian dari seluruh pengujian merupakan hubungan antara gaya pembebanan (N) dan perpanjangan (mm). hubungan ini selanjutnya diproses guna mendapatkan hasil yang melatarbelakangi penelitian ini yakni kegagalan sambungan batang tarik pada struktur baja ringan dengan konfigurasi sekrup. Penelitian ini menggunakan 2 sekrup dengan 3 variasi konfigurasi sekrup yaitu Diagonal, Vertikal, dan Horizontal. Pada Gambar 2 berikut ini merupakan variasi konfigurasi sekrup.



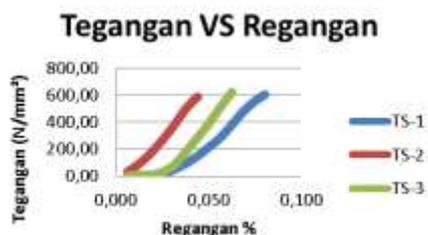
Gambar 2. Spesimen dengan Konfigurasi Sekrup Diagonal (a), Horizontal (b), Vertikal (c)

Spesimen Tanpa Sambungan

Pengujian untuk mengetahui mutu bahan dilakukan setelah bahan yang masih berupa profil dipotong dan dibentuk terlebih dahulu seperti ketentuan pengujian. Benda uji yang diujikan berjumlah 3 buah. Benda uji kemudian diberi label untuk membedakan dengan benda uji lain. Nama-nama benda uji yaitu TS-1, TS-2, TS-3. Selanjutnya masing-masing benda uji dapat diuji untuk mengetahui mutu bahan. Tabel 1 menunjukkan data hasil pengujian kekuatan spesimen tanpa sambungan.

Tabel 1. Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen tanpa sambungan

Nama Benda Uji	f_u (N/mm ²)	ϵ	E(N/mm ²)
TS-1	604,94	0,080	7538
TS-2	586,52	0,044	13255
TS-3	621,56	0,063	9945
Rerata	604,34	0,062	30738



Gambar 3. Grafik Tegangan (N/mm²) VS Regangan

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan spesimen tanpa sambungan pada Tabel 1 di atas menunjukkan perbandingan nilai f_u dari masing-masing benda uji. Untuk TS-1 sebesar 604,94 N/mm², TS-2 sebesar 586,52 N/mm², dan ST-3 sebesar 621,56 N/mm², nilai ST-3 lebih besar dibandingkan ST-1 dan ST-2. Kemudian dari hasil tersebut diambil nilai rata-rata f_u yaitu sebesar 604,34 N/mm².

Grafik pada Gambar 3 juga menunjukkan nilai kekuatan maksimum dari masing-masing benda uji yang dapat dilihat nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi yaitu TS-3 kemudian TS-1 dan yang paling rendah yaitu TS-2, kemudian dari grafik juga dapat dilihat, ketiga benda uji tidak mengalami sifat plastis tetapi langsung mengalami putus ketika proses pengujian tarik.

Pada peraturan untuk mutu bahan baja ringan nilai f_u adalah G550 atau mempunyai tegangan minimal sebesar 550 N/mm². Pada pengujian di laboratorium hasil rerata ketiga benda uji menunjukkan nilai f_u memenuhi yaitu sebesar 604,34 N/mm² > 550 N/mm². Jadi dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa bahan dapat digunakan. Hal tersebut dikarenakan pada perencanaan perhitungan atau rumus pada baja ringan untuk ketebalan di bawah 0,6 mm yang digunakan adalah nilai f_u yaitu lebih tepatnya 75% dari

G550 atau sebesar 410 MPa (SNI 7971:2013 pasal 1.5.1.4 (b) : halaman 25).

Sambungan Dengan Variasi Sekrup Model Diagonal

Berdasarkan data hasil pengujian sambungan dengan menggunakan model diagonal diperoleh gaya pembebanan rata-rata sebesar 1964 N. Data hasil pengujian masing-masing spesimen ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian kekuatan tarik menggunakan model diagonal

No.	Spesimen	Gaya Max (N)	Kategori kegagalan	Keterangan
1	DG-1	2010	T, Hb & Pov	Tepi + Spasi Sobek
2	DG-2	1980	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
3	DG-3	1910	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
4	DG-4	2020	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
5	DG-5	1900	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
Rata-rata		1964		

Keterangan :

T = *Tilting*

Hb = *Hole bearing*

Pov = *Pull-Over*

Pada pengujian model diagonal, perilaku kegagalan sambungan yang terjadi selama pengujian yaitu diawali dengan miringnya sekrup karena beban tarik yang bekerja yang disebut kegagalan jungkik (*tilting*), perilaku kegagalan berlanjut dengan timbulnya lubang pada arah yang berlawanan dengan tumpuan pelat, kegagalan jenis ini disebut pemanjangan lubang (*hole-bearing*), pada akhirnya tahapan kegagalan yang terjadi adalah posisi pelat bergeser dan terlepas sehingga pelat tidak lagi pada kondisi rapat, kondisi ini disebut kegagalan *pull-over*. Dengan spesifikasi teknis pelat dan sekrup dalam penelitian ini memungkinkan terjadinya kegagalan secara berurutan dari *tilting*, *hole-bearing* hingga berakhir pada *pull-over*. Pada Gambar 4 berikut adalah benda uji dengan model kegagalan tersebut.



Gambar 4. Kegagalan Pada Konfigurasi I (Diagonal)

Model Vertikal

Berdasarkan data hasil pengujian sambungan dengan menggunakan model vertikal diperoleh gaya pembebanan rata-rata sebesar 2164 N. Data hasil pengujian masing-masing spesimen ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian kekuatan tarik menggunakan model vertikal

No.	Spesimen	Gaya Max (N)	Kategori kegagalan	Keterangan
1	VR-1	1960	T, Hb & Pov	Tepi + Spasi Sobek
2	VR-2	2210	T, Hb & Pov	Spasi Sobek
3	VR-3	2260	T, Hb & Pov	Spasi Sobek
4	VR-4	2190	T, Hb & Pov	Spasi Sobek
5	VR-5	2200	T, Hb & Pov	Spasi Sobek
Rata-rata		2164		

Pada pengujian model Vertikal, perilaku kegagalan sambungan yang terjadi selama pengujian yaitu diawali dengan miringnya sekrup karena beban tarik yang bekerja yang disebut kegagalan jungkik (*tilting*), perilaku kegagalan berlanjut dengan timbulnya lubang pada arah yang berlawanan dengan tumpuan pelat, kegagalan jenis ini disebut pemanjangan lubang (*hole-bearing*), pada akhirnya tahapan kegagalan yang terjadi adalah posisi pelat bergeser dan terlepas sehingga pelat tidak lagi pada kondisi rapat, kondisi ini disebut kegagalan *pull-over*. Dengan spesifikasi teknis pelat dan sekrup dalam penelitian ini memungkinkan terjadinya kegagalan secara berurutan dari *tilting*, *hole-bearing* hingga berakhir pada *pull-over*. Pada Gambar 5 berikut adalah benda uji dengan model kegagalan tersebut.



Gambar 5. Kegagalan Pada Konfigurasi II (Vertikal)

Model Horizontal

Berdasarkan data hasil pengujian sambungan dengan menggunakan model vertikal diperoleh gaya pembebanan rata-rata sebesar 2466 N. Data hasil pengujian masing-masing spesimen ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil pengujian kekuatan tarik menggunakan model horizontal

No.	Spesimen	Gaya Max (N)	Kategori Kegagalan	Keterangan
1	HR-1	2550	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
2	HR-2	2310	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
3	HR-3	2570	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
4	HR-4	2420	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
5	HR-5	2480	T, Hb & Pov	Tepi Sobek
Rata-rata		2466		

Pada pengujian model Horizontal, perilaku kegagalan sambungan yang terjadi selama pengujian yaitu diawali dengan miringnya sekrup karena beban tarik yang bekerja yang disebut kegagalan jungkik (*tilting*), perilaku kegagalan berlanjut dengan timbulnya lubang pada arah yang berlawanan dengan tumpuan pelat, kegagalan jenis ini disebut pemanjangan lubang (*hole-bearing*), pada akhirnya tahapan kegagalan yang terjadi adalah posisi pelat bergeser dan terlepas sehingga pelat tidak lagi pada kondisi rapat, kondisi ini disebut kegagalan *pull-over*. Dengan spesifikasi teknis pelat dan sekrup dalam penelitian ini memungkinkan terjadinya kegagalan secara berurutan dari *tilting*, *hole-bearing* hingga berakhir pada *pull-over*. Pada Gambar 6 berikut adalah benda uji dengan model kegagalan tersebut.



Gambar 6. Kegagalan Pada Konfigurasi III (Horizontal)

Analisis Kekuatan Sambungan

Hasil dari pengujian dari masing-masing konfigurasi selanjutnya dikelompokkan dan dilakukan perbandingan dengan hasil dari perhitungan secara teoritik untuk mengetahui konfigurasi yang lebih baik menerima gaya. Data yang dibandingkan antara lain nilai kuat tarik sambungan (N_t / P_{maks}), kuat geser sambungan (V_n) dan keruntuhan sambungan. Data pengelompokan konfigurasi dilakukan untuk mempermudah menyimpulkan hasil penelitian.

Berdasarkan pembuatan benda uji yang sudah dikelompokkan ke dalam 3 perlakuan yang berbeda. Maka perhitungan nilai teoritis dilakukan dengan mengikuti variasi konfigurasi yang ada. Berikut data teknis benda uji :

- Tebal pelat profil (t_1 dan t_2) : 0,3 mm
- Kuat tarik pelat lembaran (f_u) : $550 \text{ N/mm}^2 \times 75\% = 410 \text{ N/mm}^2$
- Diameter sekrup nominal (D_f) : 3,5 mm ; $r = 3,5/2 = 1,75 \text{ mm}$
- Jarak antar sekrup (S_f) : $S_f = \frac{70 - (2 \times 4 D_f)}{2} = 21 \text{ mm}$
- Luas Penampang Netto (A_n) : $\pi.r.t.n_h.2 = 3,14 \times 1,75 \times 0,3 \times 2 \times 2 = 21,98 \text{ mm}^2$

Berdasarkan ketentuan SNI 7971:2013, nilai kekuatan geser nominal dapat dihitung dengan data teknis sebagai berikut :

- Kuat tarik pelat lembaran (f_u) : $550 \text{ N/mm}^2 \times 75\% = 410 \text{ N/mm}^2$

- Diameter sekrup nominal (D_f) : 3,5 mm ; $r = 3,5/2 = 1,75 \text{ mm}$
- Tebal pelat profil (t_1 dan t_2) : 0,3 mm
- Jumlah Lubang Sekrup (N_h) : 2 buah
- Lebar Pelat Tersambung (dwc) : 50 mm

Analisis Kuat Tarik Sambungan

Nilai kuat tarik sambungan aktual ($N_{t_{aktual}}$) pada analisis ini diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum (P_{maks}) pengujian yang ada pada Tabel 2, 4.3, dan 4.4. nilai kuat tarik maksimal aktual ($N_{t_{aktual}}$) akan dibandingkan dengan nilai kuat tarik maksimal teoritik ($N_{t_{teori}}$) yang perhitungannya ada pada lampiran, dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan tarik sambungan dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Analisis Kuat Tarik Sambungan

Konfigurasi Benda Uji	df (mm)	Nt-rerata (N)	Nt-teoritis (N)	Rasio (%)
DG	3.5	1964	2703.54	73
VR	3.5	2164	2703.54	80
HR	3.5	2466	2703.54	91

Tabel 5 di atas menjabarkan bahwa pada konfigurasi I, nilai $N_t \text{ aktual}$ rata-rata 1964 N kurang dari nilai $N_t \text{ teori}$ yaitu 2703,54 N dengan rasio 73% atau $\leq 27\%$. Hal ini berarti tidak terjadi kegagalan sambungan akibat gaya yang bekerja. Pada konfigurasi II, nilai $N_t \text{ aktual}$ rata-rata 2164 N kurang dari nilai $N_t \text{ teori}$ yaitu 2703,54 N dengan rasio 80% atau $\leq 20\%$. Hal ini berarti tidak terjadi kegagalan sambungan akibat gaya yang bekerja. Pada konfigurasi III, nilai $N_t \text{ aktual}$ rata-rata 2466 N kurang dari nilai $N_t \text{ teori}$ yaitu 2703,54 N dengan rasio 91% atau $\leq 9\%$. Hal ini berarti tidak terjadi kegagalan sambungan akibat gaya yang bekerja.

Antara ketiga konfigurasi itu, menghasilkan nilai $N_t \text{ aktual}$ lebih kecil daripada $N_t \text{ teoritis}$. Konfigurasi III lebih besar 11% daripada konfigurasi II dan lebih besar 17% daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I. Konfigurasi II lebih besar

7% terhadap konfigurasi I. Rasio yang nilainya aman yaitu di atas rasio yang ditetapkan SNI 7971:2013 Tabel 1.6 hal. 32 yakni 50%. Diagram perbandingan N_t aktual dan N_t teoritis dapat dilihat pada Gambar 7 berikut



Gambar 7. Perbandingan N_t aktual dan N_t teoritis

Dari diagram batang di atas juga dapat kita lihat nilai kekuatan tarik teoritis dari semua konfigurasi lebih besar dibandingkan nilai kekuatan tarik aktual. Hal ini menunjukkan bahwa semua konfigurasi tidak mengalami kegagalan pada sambungan dan nilai kekuatan tarik melebihi persentasi yang telah distandarkan yaitu 50%.

Analisis Kuat Geser Sambungan

Nilai kuat geser sambungan aktual ($V_{n\text{aktual}}$) pada analisis ini juga diambil dari nilai kekuatan rata-rata maksimum (P_{maks}) pengujian yang ada pada Tabel 2, 4.3, dan 4.4. Nilai kuat geser maksimal aktual ($V_{n\text{aktual}}$) akan dibandingkan dengan nilai kuat geser maksimal teoritik ($V_{n\text{teoritis}}$) yang perhitungannya ada pada lampiran, dimana rasio perbandingannya dapat dijadikan faktor reduksi (ϕ). Analisis kekuatan geser sambungan dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Analisis Kuat Geser Sambungan Berdasarkan Kegagalan Sambungan

Konfigurasi Benda Uji	df (mm)	$V_{n\text{-aktual}}$ (N)	$V_{n\text{-teoritis}}$ (N)	Rasio (%)
DG	3.5	1964	3173.4	62
VR	3.5	2164	3173.4	68
HR	3.5	2466	3173.4	78

Data di atas didapat nilai rasio yang kurang dari 100%, ini bukan berarti bahwa terjadi kegagalan pada sambungan dikarenakan masih memenuhi standar rasio

SNI 7971:2013 tabel 1,6 hal. 32 yakni $\geq 65\%$.

Nilai kuat geser yang dihasilkan pada konfigurasi I menghasilkan rasio sebesar 62%. Artinya pada sambungan dengan menggunakan konfigurasi I terjadi kegagalan akibat geser. Pada konfigurasi II menghasilkan rasio sebesar 68% yang artinya nilai geser teoritis ($V_{n\text{teoritis}}$) lebih tinggi 32% daripada nilai geser aktual ($V_{n\text{aktual}}$). Pada konfigurasi II tidak terjadi kegagalan akibat geser. Konfigurasi III menghasilkan nilai rasio sebesar 78% yaitu nilai geser teoritis ($V_{n\text{teoritis}}$) lebih tinggi 22% daripada nilai geser aktual ($V_{n\text{aktual}}$). Artinya pada kondisi ini, sambungan tidak mengalami kegagalan akibat geser.

Antara ketiga konfigurasi itu, hanya konfigurasi I yang mengalami kegagalan akibat geser. Konfigurasi III mempunyai nilai V_n aktual $\geq 10\%$ daripada konfigurasi II dan $\geq 16\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I. Konfigurasi II memiliki V_n aktual $\geq 6\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I. Diagram perbandingan V_n aktual dan V_n teoritis dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Perbandingan V_n aktual dan V_n teoritis

Dari diagram batang di atas juga dapat kita lihat nilai kuat geser teoritis dari semua konfigurasi lebih besar dibandingkan nilai kuat geser aktual. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi tidak mengalami kegagalan geser pada sambungan, akan tetapi konfigurasi model diagonal mengalami kegagalan akibat geser dikarenakan tidak memenuhi nilai persentasi standar yang telah ditentukan sebesar 65%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dan analisis data pengujian sambungan batang tarik baja ringan dengan variasi konfigurasi sekrup, maka ada beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perilaku tahap kegagalan sambungan pada ketiga konfigurasi memiliki kesamaan, dimana semuanya mengalami kegagalan jungkit, awalnya sekrup berotasi miring dan merusak permukaan pelat (*tilting*), kemudian diameter lubang pada sambungan pelat berubah akibat gaya yang terus menerus bekerja pada sekrup (*hole bearing*), dan sekrup terangkat tapi masih dapat menahan beban tarik (*pull over*).
2. Dari ketiga konfigurasi dalam penelitian ini hanya konfigurasi I (diagonal) yang mengalami kegagalan akibat geser. Konfigurasi III (horizontal) mempunyai nilai V_n aktual $\geq 10\%$ daripada konfigurasi II (vertikal) dan $\geq 16\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I. konfigurasi II (vertikal) memiliki V_n aktual $\geq 6\%$ daripada nilai yang dihasilkan oleh konfigurasi I.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM. E 8M. 2002, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic materials (Metric)*, Philadelphia, PA : American Society for testing and Materials.

Budde, 1994, *Definitio and Classification of Mechanical Fastening Methods*, TALAT 4101, Universitat-Gesamthochschule Paderborn, Germany.

Budiono & Sutapa, 2015, Perilaku Kegagalan Sambungan Batang Tarik Pada Struktur Baja Ringan Dengan Variasi Konfigurasi Sekrup, Teknik Sipil Universitas Udayana, Bali.

Deposimantap., 2017, "Jenis-jenis baja ringan", PT. Tatalogam lestari.

Fisika zone, 2013, Diagram Tegangan Renggang

Iden, Dkk. 2010. Rangka Atap Baja Ringan Untuk Semua. Bandung: Alfabeta.

Khurmi & Gupta, 2005, *A Textbook of Machine Design*, Chapter 11 : *Screwed Joint*, Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., New Delhi.

Mardhiansyah, 2015, Pengaruh Material *Busing* Terhadap Kekuatan *Bearing* Pada Sambungan Baut *Single Lap Joint* Pelat Baja, Teknik Mesin Universitas Tadulako, Palu.

Popov, EP., 1993, " *Mechanic of material* ", Erlangga, Jakarta.

Prima, 2014, Pengaruh Jarak *Screw* Terhadap kekuatan Sambungan Terhadap Baja Ringan, Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.

Rogers, C.A. D.Yang, G.J.Hancock. 2006. " *Stability and Ductility of Thin High Strength G 550 Steel Members and Connections*". Universitas Sydney, Elsevier Science Ltd.

SNI 07-0371, 1998, Batang Uji tarik Untuk bahan Logam, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1729, 2002, "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung". Badan Standarisasi Nasional.

SNI 7971, 2013, Struktur Baja Canai Dingin, Sambungan Sekrup, Hal 104, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Sabri & Hazmal, 2015, Studi Eksperimental Prilaku Sambungan Dengan Alat Sambung Sekrup Pada Struktur Elemen Baja Ringan, Universitas Andalas, Padang.