

DESAIN SAMBUNGAN BAUT RANGKA ATAP BAJA RINGAN BENTANG PANJANG TIPE *PARALLEL CHORD*

Ridho Aidil Fitrah¹, Nofriyandi R²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Dharma Andalas-Padang¹

email: ridho.af@unidha.ac.id¹

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang²

email: nofriyandi.pnp@gmail.com²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v3i1.1701>

Abstract: Peningkatan konstruksi dengan menggunakan baja ringan sangat signifikan pada saat ini, salah satunya pada konstruksi rangka atap yang digunakan untuk bangunan-bangunan sederhana. Keunggulan material baja ringan dalam efisiensi waktu dan biaya menjadi alasan konstruksi baja ringan sangat diminati. Namun, jumlah konstruksi yang menggunakan baja ringan masih terbatas untuk struktur bangunan sederhana sedangkan properti material yang tinggi hingga permasalahan tekuk yang dapat diatasi dengan berbagai metode berdasarkan penelitian yang telah dilakukan seharusnya dapat meningkatkan penggunaan baja ringan untuk konstruksi yang lebih besar. Penelitian ini memaparkan tentang desain rangka atap baja ringan bentang panjang tipe *parallel chord* menggunakan sambungan baut berdasarkan SNI 7971:2013. Analisis dan kinerja struktur rangka atap yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dilanjutkan dengan mendesain sambungan baut pada bagian sambungan rangka atap baja ringan. Desain sambungan baut mengacu kepada pasal 5.3 dan dihitung berdasarkan kondisi tarik, tumpu, dan geser. Berdasarkan hasil desain didapatkan bahwa material baja ringan penampang kanal ganda tipe *back to back* dapat digunakan pada bentang 24 m dengan menggunakan sambungan baut diameter 10 mm. Bagian *chord* dan *web* di setiap sambungan dihubungkan melalui pelat buhul tebal 2 mm. Jumlah sambungan baut serta susunannya secara detail digambarkan pada penelitian ini.

Keywords: Baja Ringan, Sambungan Baut, Rangka Atap

PENDAHULUAN

Kebutuhan berbagai konstruksi baja ringan mulai meningkat seiring dengan perkembangan penelitian baja ringan saat ini untuk mengkaji kekuatan, kekakuan, dan perilaku inelastisnya. Konstruksi rangka atap dengan baja ringan masih menjadi pilihan untuk berbagai konstruksi yang didominasi untuk perumahan. Hal ini sebanding dengan biaya dan waktu konstruksi baja ringan yang dapat diefisiensikan serta tidak memerlukan biaya perawatan.

Perkembangan penelitian tentang cara meningkatkan performa dari baja ringan untuk bisa diaplikasikan pada konstruksi yang cukup besar telah banyak dilakukan. Analisis dan desain yang tepat dapat secara eksplisit menyatakan baja ringan dapat digunakan untuk konstruksi rangka atap bentang panjang (lebih dari 20 m). Selain dari pemilihan penampang, bentuk konfigurasi atap, dan metode apa yang akan digunakan, pemilihan sambungan juga merupakan hal yang penting terutama untuk

menjaga kestabilan antar *chord* dan *web* di setiap titik buhul pada rangka atap.

Beberapa penelitian berkaitan dengan meningkatkan kapasitas tarik maupun tekan baja ringan telah dilakukan secara eksperimental [1,2]. Secara garis besar dengan menggabungkan dua profil baja ringan telah mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menahan gaya aksial tarik dan aksial tekan lebih dari 50%-80%. Selanjutnya, dengan menggabungkan profil baja ringan juga meningkatkan performa pada zona elastis dan inelastis seperti tekuk lokal dan tekuk lateral yang menjadi isu dalam perilaku struktur baja ringan. Gabungan dua profil baja ringan secara eksplisit menaikkan rasio lebar dan tebal (*width-thickness ratio*) sehingga kinerja profil baja ringan tersebut mampu mencapai kapasitas elastisnya tanpa terjadinya tekuk lokal [3,4].

Penelitian tentang bentuk konfigurasi rangka atap baja ringan untuk bentang panjang juga telah dilakukan [5,6]. Tipe rangka atap *parallel chord* dengan berbagai macam tipe nya

memberikan performa yang baik dalam segi distribusi tegangan dan deformasi struktur.

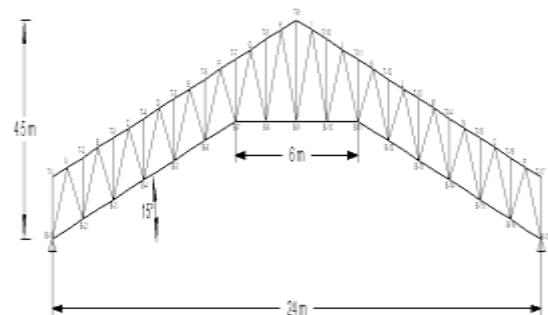
Untuk menghasilkan struktur rangka yang kaku dengan performa yang baik dalam menyerap energi maka sambungan juga menjadi hal terpenting dalam desain struktur rangka atap baja ringan, salah satu sambungan yang digunakan dalam desain struktur baja ringan adalah sambungan baut. Baut dapat dipasang pada struktur baja ringan sedemikian rupa dengan memperhatikan parameter jarak antar baut hingga mutunya, sehingga menghasilkan kekakuan dan kekuatan struktur yang lebih baik dibandingkan sambungan sekrup walaupun secara umum sekrup sering digunakan pada rangka atap baja ringan. Hal ini dikarenakan pemasangan sekrup yang tidak memerlukan pengencang. Namun dari segi kapasitas, sambungan baut pada struktur baja ringan mampu meningkatkan kapasitas struktur baik dari kapasitas lentur dan daktilitasnya. Selain itu, keunggulan sambungan baut lainnya jika dibandingkan dengan sambungan sekrup adalah kuat geser yang dihasilkan oleh baut lebih tinggi dibandingkan sekrup karena bagian ulir mengurangi kapasitas geser pada sekrup.

Penelitian sebelumnya menjelaskan bagaimana perilaku sambungan baut pada struktur-struktur baja ringan yang diuji secara numerikal dan eksperimental [7,8]. Susunan baut yang tepat dapat meningkatkan kapasitas tarik dan lentur struktur baja ringan hingga 40%. Hal ini karena dengan adanya mekanisme slip-kritis pada baut mampu mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi di sekitar sambungan serta mengurangi risiko kerusakan fatig. Selain itu, daktilitas struktur baja ringan dengan sambungan baut dapat meningkatkan hingga 100 % [9].

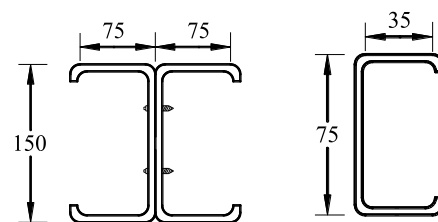
Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, maka sambungan baut dapat digunakan untuk rangka atap baja ringan bentang panjang. Untuk itu perlu dilakukan penelitian terkait dengan desain sambungan baut untuk struktur rangka atap baja ringan bentang panjang, khususnya bentang 24 m. Desain profil baja ringan dan sambungan mengacu kepada SNI 7971:2013. Hasil perhitungan jumlah baut dan detail sambungan di setiap titik disajikan dalam jurnal ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil model konfigurasi rangka atap bentang panjang yang telah dianalisis oleh Fitrah [6]. Hasil analisis struktur menunjukkan bahwa rangka atap pada Gambar 1 mampu menahan beban yang terjadi dan defleksi yang terjadi berada di bawah batas lendutan izin (Tabel 1). Profil baja ringan yang digunakan pada rangka atap bentang panjang itu adalah profil C ganda 150.75.0.8 yang disusun *back to back* untuk *top chord* dan *bottom chord*, sedangkan untuk *web* menggunakan profil C 75.35.0.75 (Gambar 2). Desain sambungan baut mengacu kepada SNI 7971:2013 pada pasal 5.3. Ukuran baut



Gambar 1. Rangka Atap *Parallel Chord* Bentang 24 m



Gambar 2. Profil Baja Ringan yang digunakan

yang diambil adalah 10 mm, jika mengacu pada SNI 7971 : 2013 [10] pasal 5.3 ketebalan pelat yang untuk ketebalan pelat sambung baja ringan kurang dari 3 mm. Jika ketebalannya lebih dari 3 mm maka peraturan yang digunakan adalah AS 4100 atau NZS3404. Jumlah baut di setiap titik sambungan dihitung berdasarkan perbandingan gaya dalam yang terjadi pada *chord* dan *web* rangka atap baja ringan dengan kapasitas baut dalam kondisi tumpu, tarik, dan geser. Kapasitas tarik desain (ϕN_t) akan mengacu pada pasal 5.3.3 sebagai berikut:

$$N_f = A_n f_u \quad (1)$$

dimana :

A_n : Luasan netto yang tersambung (mm)

f_u : Tegangan ultimate baja ringan (MPa)

Kapasitas tumpu desain (ϕV_b) akan mengacu pada pasal 5.3.4 sebagai berikut:

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

dimana :

α : Faktor modifikasi tumpu

C : Faktor tumpu

d_f : Diameter nominal baut

t : Tebal logam dasar

f_u : Tegangan ultimate baja ringan (MPa)

Kapasitas geser desain (ϕV_{fv}) akan mengacu pada pasal 5.3.5 sebagai berikut:

$$V_{fv} = 0,62 f_{uf} (n_n A_c + n_x A_o) \quad (3)$$

dimana :

f_{uf} : Tegangan tarik satu baut (MPa)

n_n : Jumlah bidang geser dengan ulir

A_c : Luas diameter satu baut

n_x : Jumlah bidang geser tanpa ulir

A_o : Luas penampang baut tanpa ulir

Selanjutnya untuk menyambung bagian setiap chord dan web di titik sambungan maka akan digunakan pelat buhul tebal 2 mm. Hal ini dilakukan untuk mengurangi konsentrasi tegangan pada bagian profil baja ringan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan hasil analisis struktur dan perhitungan kapasitas penampang baja ringan pada terhadap gaya dalam yang terjadi di rangka atap bentang panjang yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Berdasarkan pada tabel tersebut didapatkan bahwa perbandingan kapasitas baja ringan profil C ganda 150.75.0,8 dan gaya dalam (aksial tarik dan tekan) di setiap *chord* rangka atap, didefinisikan sebagai nilai rasio tarik dan tekan, bernilai kecil dari 0.9. Selanjutnya profil C 75.35.0,75 pada *web* juga memberikan nilai rasio tarik dan tekan yang kecil dari 0.9. Defleksi yang terjadi pada rangka atap bentang panjang juga tidak melebihi batas lendutan izin yakni 24 mm. Hal ini menunjukkan bahwa penampang struktur rangka atap baja ringan mampu menahan gaya yang terjadi akibat beban yang bekerja.

Perhitungan terhadap jumlah baut dihitung berdasarkan hasil kapasitas baut yang telah dihitung berdasarkan SNI 7971:2013 pasal 5.3. Tabel 2 menunjukkan secara spesifik perhitungan jumlah baut pada salah satu bagian dari rangka atap yang memiliki gaya dalam terbesar. Dalam perhitungan terhadap kapasitas baut pada kondisi-kondisi geser, tarik, dan tumpu, diasumsikan kapasitas tarik sambungan baut (f_u) sebesar 400 MPa. Secara detail, kapasitas baut yang terkecil pada masing-masing kondisi dihitung untuk menentukan jumlah sambungan pada bagian tersebut. Kondisi tumpu menghasilkan kapasitas baut yang terkecil pada bagian rangka atap tersebut.

Tabel 1. Performa Rangka Atap Bentang Panjang Tipe *Parallel Chord*

Member	Gaya Dalam, N* (kN)	Kapasitas Tekan, Nc (kN)	Kapasitas Tarik, Nt (kN)	Rasio Tekan	Rasio Tarik	Defleksi (mm)
T-8 - T-9	21.66	39,76		0,54		
B-8 - B-9	25.43	41,33		0,62		
B-8 - H	12.8		22,3		0,57	6.2
B-7 - G	10,1		20,7		0,49	

Jumlah baut terbesar didapatkan pada bagian *bottom chord* (B-8 – B-9) sebanyak 8 buah diameter 10. Pada bagian *top chord* (T-8 – T-9) didapatkan 6 buah diameter 10 mm. Seluruh sambungan di rangka atap bentang panjang ini akan dipasang pelat buhul dengan tebal 2 mm untuk mengurangi intensitas tegangan yang dihasilkan pada bagian baja

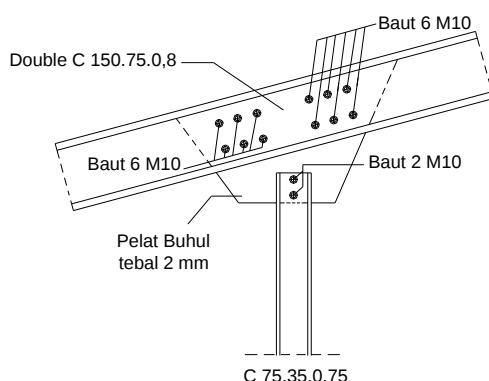
B-8) yang tersambung pada titik T-8 menggunakan 2 buah baut berdiameter 10 mm. Jarak antar baut yang digunakan adalah 20 mm. Selanjutnya, pada titik B-8 (Gambar 4) memperlihatkan *chord* B-8 – B-9 dan B-8 – B-7 yang disambung dengan 16 total baut. Pada bagian *web* yang tersambung pada titik B-8 (B-8 – H, B-8 – G) menggunakan 4 buah baut.

Tabel 2. Perhitungan Jumlah Baut pada Sambungan Rangka Atap

Titik Sambungan	Member	N* (kN)	ϕV_b (kN)	ϕV_{fv} (kN)	ϕN_f (kN)	Jumlah Baut
T-8	T-8 - T-9	21.66	3.88	6.51	7.25	6
	T-8 - T-7	19.53	3.88	6.51	7.25	6
	T-8 - B-8	2.45	3.88	6.51	7.25	2
B-8	B-8 - H	12.8	3.88	6.51	7.25	4
	B-8 - B-9	25.43	3.88	6.51	7.25	8

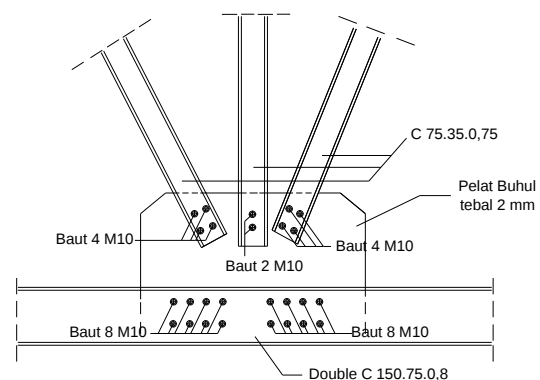
ringan. Detailing sambungan pada bagian T-8 dan B-8 digambarkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Sedangkan B-8 – T-8 menggunakan 2 buah baut.



Gambar 3. Detail Sambungan T-8

Sambungan pada titik T-8 (Gambar 3) memperlihatkan *chord* T-8 – T-9 dan T-8 – T-7 disambung menggunakan 12 buah baut berdiameter 10 mm. Sambungan pada *web* (T-8



Gambar 4. Detail Sambungan B-8

PENUTUP

Berdasarkan analisa dan desain yang dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Berdasarkan rasio tekan dan tarik serta defleksi yang terjadi, rangka atap baja ringan *parallel chord* dapat digunakan untuk bentang panjang 24 m dengan profil baja ringan ganda C 150.75.0,8 pada bagian *chord* dan C 75.35.0,75 pada bagian *web*.
2. Berdasarkan SNI 7971:2013 pasal 5.3, bagian *chord* dan *web* pada setiap titik sambungan rangka atap *parallel chord* dapat disambung dengan sambungan baut diameter 10 mm. Namun untuk mengurangi konsentrasi tegangan pada bagian baja ringan digunakan pelat buhul 2 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah penelitian skim PDP 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- R.A. Fitrah and H. Herman, "Studi Eksperimental Perilaku Tekan Baja Ringan Dengan Variasi Profil Penampang" *Rang Teknik Journal UMSB.*, vol. 2, no. 1, pp. 127–131, 2019.
- J. Dawe, J. Wood, "Small-scale test behaviour of cold-formed steel roof trusses" *J. Struct. Eng. ASCE*, vol. 132, pp. 608–615, 2006
- J. Ye, S.M Mojtabei, I. Hajirasouliha, P. Shepherd, and K. Pilakoutas "Strength and deflection behaviour of cold-formed steel back-to-back channels " *J. Engineering Structures.*, vol. 177, pp 641-654, 2018.
- S. Haris, A. Prasetyo, R. Thamrin, and H. Herman, "An Experimental Study of Bending Behaviour of Double Channel and Hollow Section of Light Steel Gauge " *I. J. Advanced Science, Engineering, and Information Technology.*, vol. 8, no. 3, pp 882-888, 2018.
- I. S. Irawati, A. Awaludin, and N. P. Sebastian, "The performance of cold-formed steel long-span roof structure combined with laminated timber : cold-formed steel-laminated timber composite," *Procedia Engineering*, vol. 171, pp. 1242–1249, 2017.
- R.A. Fitrah and H. Herman, "Analisis Kekuatan Elemen Baja Ringan Penampang Kanal Ganda Pada Konstruksi Kuda-Kuda Bentang Panjang dengan Konfigurasi Howe Slope Parallel Chord" *Prosiding 4th Andalas Civil Engineering (ACE) Conference*, pp 637-644, 2017.
- S. Selvaraj and M. Madhavan, "Structural design of cold-formed steel face-to-face connected built-up beams using direct strength method" *J. Constructioal Steel Research.*, vol. 160, pp. 613–628, 2017.
- M. Reda, T. Sharaf, A. ElSabbagh, and M. Elghandour, "Behaviour and design for component and system of cold-formed steel roof trusses" *J. Thin-Walled Structures.*, vol. 135, pp. 21–32, 2019.
- J. Ye, S.M Mojtabei, I. Hajirasouliha, "Seismic performance of cold-formed steel bolted moment connections with bolting friction-slip mechanism" *J. Constructioal Steel Research.*, vol. 156, pp. 122–136, 2019.
- Badan Standarisasi Nasional, "Struktur Baja Canai Dingin SNI 7971:2013" *Badan Standarisasi Nasional*, Jakarta, Indonesia, 2013.