

Received 24th July 2021
Accepted 29th July 2021
Published 31st July 2021

Open Access

Perilaku Komponen Struktur Baja Canai Dingin Profil CS-75 dan HS-75

Christanto Yudha Saputra Sukamta

Ahli Muda Teknik Jalan Jembatan, Kementerian PUPR

* Koresponden E-mail: christantosukamta@gmail.com

Abstract: The frequent failure of cold-rolled light weight steel structures prompts the need for in-depth studies of the behavior of materials, the behavior of member structures and frame structures at simple spans. Experimental methods and behavioral analysis of rolled steel structure performance were carried out on GS 550 quality CS75 and HS75 profiles with Galvalume base material and a mixture of Galvalume-Magnesium. The experiment consisted of tensile, compression, screw shear-tensile, and two-dimensional truss test. Variations are in the configuration of the frame, the type of profile and the thickness of the profile. Predictive analysis aims of predicting the ultimate capacity and location of the plastic hinge failure of the roof truss structure in the SAP v8 model which then compared to the capacity and failure behavior of the experimental structure. The study shows that the average tensile strength of cold rolled steel is below the G550 standard, the failure in the buckling test is dominated by local buckling failure, the tensile and shear strength of the self-drilling screw used is high above the profile capacity, and the performance of the truss structure in the experiment for the HS 80 profile with using diaphragm plates on the bars shows a high capacity compared to the CS 75 profile. The failure behavior of the frame structure has a uniform location of structural failure, namely in the frame compression member and located near the bearing.

Keywords: *cold rolled steel, structural failure*

Abstrak: Seringnya kegagalan struktur dengan baja canai dingin mendorong kebutuhan studi mendalam mengenai perilaku material, perilaku struktur komponen dan struktur rangka pada bentang sederhana. Metoda eksperimen dan analisis kinerja perilaku struktur baja canai dilakukan pada profil CS75 dan HS75 kualitas GS 550 dengan material dasar Galvalum dan campuran Galvalum-Magnesium. Eksperimen terdiri dari pengujian tarik, pengujian tekan, pengujian pengujian geser-tarik sekrup, dan pengujian rangka atap dua dimensi. Variasi pengujian terdapat pada konfigurasi rangka, jenis profil dan tebal profil. Analisis prediksi dilakukan dengan tujuan memprediksi kapasitas ultimit dan lokasi sendi plastis kegagalan struktur rangka atap di dalam permodelan SAP v8 yang kemudian dibandingkan terhadap kapasitas dan perilaku kegagalan struktur eksperimental. Studi menunjukkan rerata kuat tarik baja canai dingin dibawah standar G550, kegagalan pada tes tekuk didominasi oleh kegagalan tekuk lokal, kuat tarik dan geser *self-drilling screw* yang digunakan memiliki mutu tinggi diatas kapasitas profil, dan kinerja struktur rangka dalam eksperimen untuk profil HS 80 dengan menggunakan pelat diafragma pada batang-batangnya menunjukkan kapasitas yang tinggi dibandingkan profil CS 75. Perilaku kegagalan struktur rangka memiliki keseragaman letak kegagalan struktur yaitu pada batang tekan rangka dan terletak di dekat perletakan.

Kata Kunci : *baja canai dingin, kegagalan struktur*

Pendahuluan

Penggunaan baja canai dingin atau lebih dikenal sebagai baja ringan di masyarakat sangat masif. Terutama pada jenis konstruksi yang tidak membutuhkan beban besar yaitu konstruksi kolom dan balok untuk bentang kecil, konstruksi multi fungsi pada struktur sederhana, dan umum sebagai struktur rangka konstruksi atap. Maraknya penggunaan material struktur baja canai dingin, didukung dengan

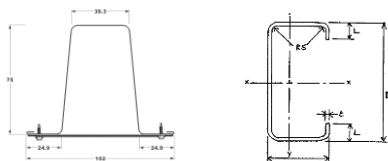
banyaknya produsen dan aplikator baja canai dingin mencapai angka lebih dari 150 produsen di Indonesia [1]. Penggunaan dikalangan luas ini didukung oleh kelebihan dari material baja canai dingin yaitu lebih ringan dan lebih murah dibandingkan material konvensional seperti kayu [2]. Baja canai dingin juga memiliki beberapa keistimewaan lainnya yaitu mudah proses pabrikasi, pelaksanaan dan mudah diangkut ke pelosok dengan alat sederhana. Dalam pelaksanaannya baja canai dapat dikombinasikan dengan

material lain [3]. Sifat material ini memiliki kelebihan anti karat dan anti rayap bila dibandingkan dengan struktur kayu pada rangka atap, sehingga masyarakat beralih minat penggunaan kayu ke material jenis ini. Bangunan Real Estate yang membutuhkan kerapian dan kecepatan untuk struktur penutup bangunan hampir semua menggunakan baja canai.

Akan tetapi dibalik banyak kelebihan konstruksi baja canai ini, di lapangan sering ditemui kasus kegagalan konstruksi baja canai dingin sebagai akibat perencanaan atau pelaksanaan yang tidak sesuai peraturan. Beberapa penelitian terkait kegagalan ini menemukan bahwa kegagalan struktur gagal pada bagian batang atau rangka [4] serta sambungan [5]. Kegagalan lain yang sering terjadi yaitu tekuk lokal, *web crippling*, tekuk global diperbaiki dengan penambahan lekuk pelat maupun pendobelan batang [6]. Masih diperlukan banyak penelitian mengenai karakter material dan maupun perilaku struktur rangka baja canai ini, diantaranya sebaran kualitas baja canai yang berada di pasaran apakah masuk dalam batas kuat leleh nominal standar nasional, bagaimana perilaku sambungan dan bagaimana kinerja berbagai jenis tipe rangka.

Profil baja canai dibentuk dalam kondisi dingin (*cold-formed*), tidak sama dengan baja hotrolled, memiliki tegangan sisa sebagai akibat proses *forming* [7]. Oleh karenanya analisis penampang akan memberi perbedaan kapasitas [8].

Studi ini mengkaji aspek kualitas material baja canai dingin yang didapatkan dari beberapa jenis produk di pasaran dibandingkan dengan kualitas nominal pada peraturan baja canai dingin untuk konstruksi, selanjutnya perilaku sambungan serta tipikal kegagalan struktur yang terjadi pada beberapa jenis rangka. Profil yang digunakan adalah tipe CS75 dan HS75 seperti pada Gambar 1 untuk bentang rangka 6 m. Desain profil tersebut merupakan desain yang telah umum digunakan untuk bentang sederhana.



Gambar 1. Profil HS75-0.8 (b) Profil C75-0.75

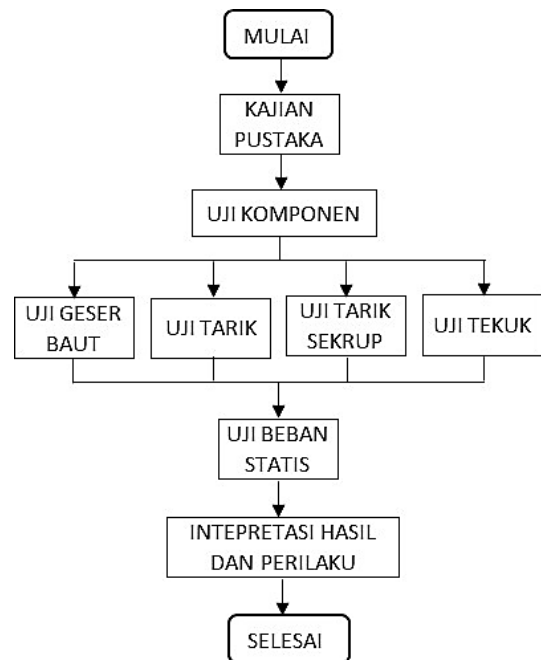
Jenis material yang digunakan dalam pengujian yaitu jenis Galvalum. Jenis Galvalum merupakan gabungan antara Galvanize dan Zincalume. Sifat material ini dapat dijelaskan melalui Tabel 1.

Tabel 1. Karakter Material Galvalum

Anti Karat	Ketebalan	Kelebihan	Kelemahan
Galvanize	$\geq 180 \text{ gr/m}^2$	Tahan korosif terhadap mortar/adukan semen	Tidak tahan korosif terhadap air garam

Metode

Metoda yang digunakan adalah eksperimental terhadap komponen baja canai dan struktur rangka. Gambar 2 menyajikan diagram eksperimental. Komponen baja canai dingin melalui serangkaian pengujian propertis yaitu pengujian geser sekrup, pengujian tarik, pengujian tekuk (*buckling*), dan pengujian tarik sekrup. Setelah itu rangka struktur baja canai dingin di uji secara struktur dengan uji beban statis. Selanjutnya dianalisis perilaku kegagalan struktur serta kinerja strukturnya.

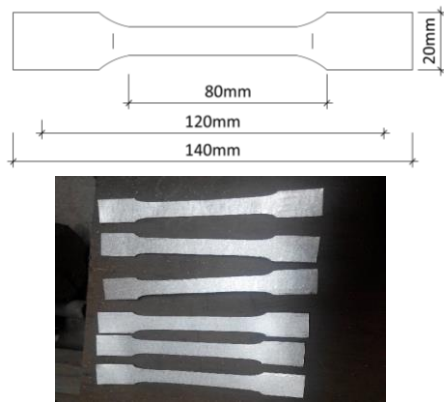


Gambar 2. Metoda Eksperimental Struktur Rangka Baja Canai

Hasil dan Diskusi

Uji Tarik

Uji Tarik mengikuti kaidah dalam ASTM A370 – 12, AISI 1991, AISI S100-2007 dan ASTM E8-00 mengenai standar uji tarik untuk material metal. Pada uji tarik ini digunakan standar AISI 2007. Dimensi yang digunakan untuk pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



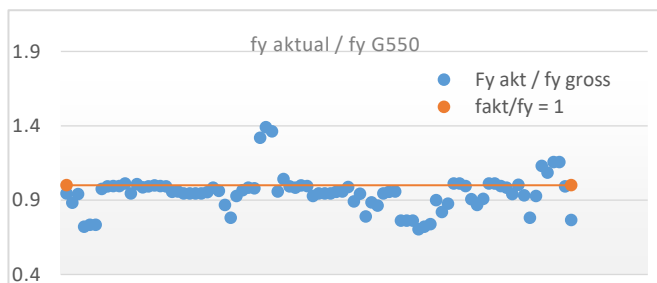
Gambar 3. Benda Uji Tarik

Hasil uji kuat leleh (f_y) dari jenis galvalum 385,92 MPa hingga 764,16 MPa dengan rata-rata 520,53 MPa untuk material C dan H dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik

Kode	Dimensi / profil produk				Beban tarik leleh	Beban tarik ultimit	Beban tarik maks fu (KN)
	P0 (mm)	P1 (mm)	T (mm)	L (mm)	f_y (MPa)	f_u (MPa)	
1.a	60,2	202	1,1	13,6	518,4	576,00	5,4
2.a	59,8	201,7	1	13,1	484,8	538,67	5,05
3.a	59,7	202	1,1	13,3	516,48	573,87	5,38
1.b	57,9	201,5	0,75	13,6	395,52	439,47	4,12
2.b	57,8	201,8	0,8	13,6	402,24	446,93	4,19
3.b	57	202,1	0,75	13,5	403,2	448,00	4,2
1.c	61,2	201,7	0,9	13,8	535,68	595,20	5,58
2.c	61,1	201,7	0,9	13,7	545,28	605,87	5,68
3.c	61,3	201,6	0,9	13,7	546,24	606,93	5,69
1.d	60,3	201,7	1,05	13,7	546,24	606,93	5,69
2.d	61	202	1,05	13,4	554,88	616,53	5,78
3.d	60,2	202	1,1	13,6	518,4	576,00	5,4

Hasil perbandingan kuat leleh aktual dan nominal GS 550 pada Gambar 4 menunjukkan sebagian besar kuat leleh berada dibawah nilai ini, dan hanya sedikit yang memenuhi nilai diatas nominal standar.

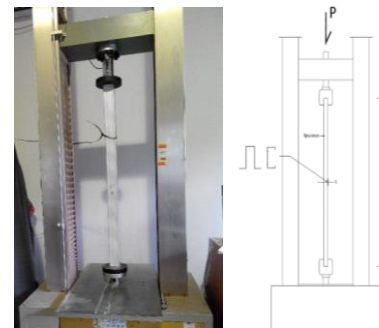


Gambar 4. Kuat Leleh uji vs Kuat Nominal GS 550

Uji Tarik menunjukkan putusnya baja canai pada bagian badan dari specimen. Berdasarkan hasil uji didapatkan kurva hubungan antara kuat tarik dan deformasi yang terjadi. Baja canai mengalami deformasi elastis dan plastis, namun demikian tidak terjadi *strain hardening* yang signifikan, sehingga setelah elastis, baja canai mencapai kapasitas ultimit dan segera putus sesudahnya. Untuk dapat mengamati besar *strain hardening*, dapat dikurangi laju pembebanannya dari 0,05 mm/detik.

Test Tekuk (Buckling Test)

Uji tekan baja canai pada Gambar 5 mengikuti prosedur uji tekuk sesuai bentang paling panjang untuk komponen tekan. Sesuai bentang sampel rangka didapatkan panjang maksimum batang tekan adalah 1,2 m hingga 1,4 m.



Gambar 5. Uji Tekan

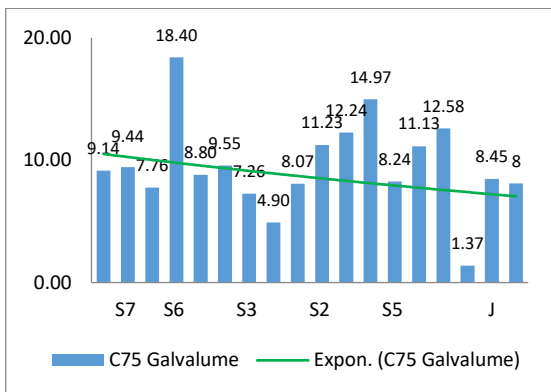
Dalam pengujian di kombinasikan dengan tiga variasi. Setiap variasi menggunakan ulangan sebanyak dua kali. Variasi pertama berupa profil tunggal tanpa diafragma. Variasi kedua berupa profil tunggal dengan diafragma dan yang ketiga berupa profil HS ganda dengan pelat diafragma. Profil HS 75-0.8 material galvalum dengan penggunaan diafragma untuk menambah kekuatan tekuk dan tarik profil. Penggunaan diafragma dapat diamati melalui Gambar 6. Pelat diafragma diambil dari komponen yang sama dengan profil baja canai berbentuk bujursangkar berukuran Pelat diafragma berupa pelat yang disekrup pada keempat sisinya pada kaki profil HS.

Nilai kuat tekan profil C75 pada Gambar 7 bervariasi dari 1,37 MPa hingga 18,4 MPa. Nilai kuat tekan profil HS75 bertambah seiring dengan penggunaan diafragma pada profil, sehingga profil tunggal memiliki kuat tekan paling rendah dan profil ganda dengan diafragma memiliki signifikansi yang tinggi hingga 53,93kN. Perbedaan antara jenis galvalum tidaklah signifikan dari sisi kuat tekan pada profil tunggal tanpa diafragma yaitu masing-masing 20,63 dan 23,75 kN. Kuat tekan bervariasi diakibatkan oleh karena

perbedaan tebal profil aktual, jenis material dan posisi perletakan profil yang mempengaruhi eksentrisitas karena profil dipotong tidak dengan posisi level atau rata.

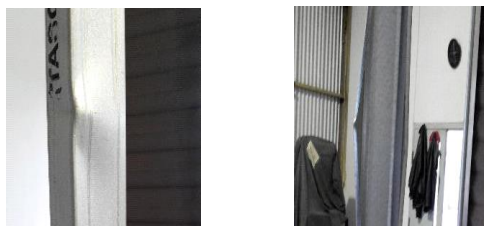


Gambar 6. Pelat Diafragma pada profil HS



Gambar 7. Kuat Tekan C75-0.75

Tekuk pada uji tekan dapat diamati melalui Gambar 8. Tekuk dapat diamati terjadi pada bagian sayap dari profil C dan bagian *web* pada sebagian profil. Sebelum terjadi tekuk lokal pada bagian sayap atau badan profil, profil mengalami gejala tekuk di sepanjang profil, namun seketika terjadi tekuk lokal sayap pada bagian tengah bentang, gejala tekuk sepanjang profil seketika hilang. Tekuk yang terjadi pada tengah bentang bersifat plastis sehingga ketika beban dihilangkan kondisi profil tidak berubah.



Gambar 8. Tekuk pada pengujian tekan

Pengujian Geser Baut (Shear Screw Test)

Pengujian pada *self-drilling screw* pada Gambar 9 ditujukan untuk mengetahui kapasitas tarik dan kapasitas geser baut. Kapasitas tarik dan geser baut harus melebihi kapasitas profil baja canai yang memiliki kualitas G550 sehingga kaidah utama dari kapasitas baut adalah bahwa kuat leleh dan puncaknya melebihi kurva kapasitas profilnya [9].

Sekrup dapat mengalami kegagalan melalui dua cara dalam konstruksi baja canai, pertama jika tebal profil tipis maka akan runtuh melalui mekanisme geser, sedangkan pada profil yang tebal akan gagal melalui mekanisme tarik. Dua jenis pengujian dilakukan pada dua tipe *self-drilling screw* berjenis C dan W dengan diameter 6 mm. Jumlah benda uji untuk pengujian geser sebanyak 15. Skema pengujian dapat diamati pada **Gambar 9**. Sekrup dimasukkan kedalam dua buah pelat yang terjepit pada alat uji tarik di kedua ujungnya. Secara perlahan kedua pelat ditarik pada arah yang berlawanan. Pelat akan memberikan efek geser pada badan sekrup yang terikat pada kedua pelat. Pada saat puncak penarikan, sekrup akan mengalami kegagalan geser ditandai dengan putusya badan sekrup.



Gambar 9. Pengujian Geser Self Drilling Screw

Tabel 3. Hasil pengujian Geser Sekrup

Tipe Sekrup	Kuat Geser kN	Tipe Kerusakan
D6		
C	7,13	Putus sekrup
C	5,42	Putus sekrup
C	8,78	Putus sekrup
C	8,32	Putus sekrup
C	7,56	Putus sekrup
C	7,86	Putus sekrup
C	8,15	Putus sekrup
C	5,83	Putus sekrup
C	6,47	Putus sekrup
C	6,81	Putus sekrup
W	7,03	Putus sekrup
W	8,82	Putus sekrup
W	7,96	Putus sekrup
W	7,99	Putus sekrup
W	7,33	Putus sekrup

Hasil pengujian geser pada sekrup dapat diamati pada Tabel 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat geser sekrup

tipe C berada dalam rentang 5,42 kN hingga 8,15 kN, dengan tipe kerusakan berupa putus sekrup. Kuat geser baut tipe W memiliki kuat geser yang lebih tinggi dari pada tipe C dengan rentang 7,03 kN hingga 8,82 kN dengan tipe kerusakan yang serupa.

Pengujian Tarik Sekrup (Screw Pulling Out Test)

Pada pengujian tarik sekrup, kepala sekrup diletakkan pada penjepit yang pangkalnya pada bagian atas sedangkan badan sekrup telah terjepit didalam pelat yang badannya berada pada bagian bawah. Pengujian tarik sekrup pada Gambar 10. Ketika sekrup dicabut, sekrup memiliki dua kemungkinan putus pada bagian *web* atau rusak pada bagian drat.



Gambar 10 Pengujian tarik self drilling screw

Hasil uji tarik sekrup pada Tabel 4 dengan jenis kegagalan struktur yang terjadi pada sekrup. Kuat uji tarik berada dalam rentang 2,7 kN hingga 12,15 kN untuk tipe C sedangkan kuat uji tarik tipe W berada dalam rentang 4,41 kN hingga 11,03 kN.

Tabel 4. Hasil Uji Tarik Sekrup

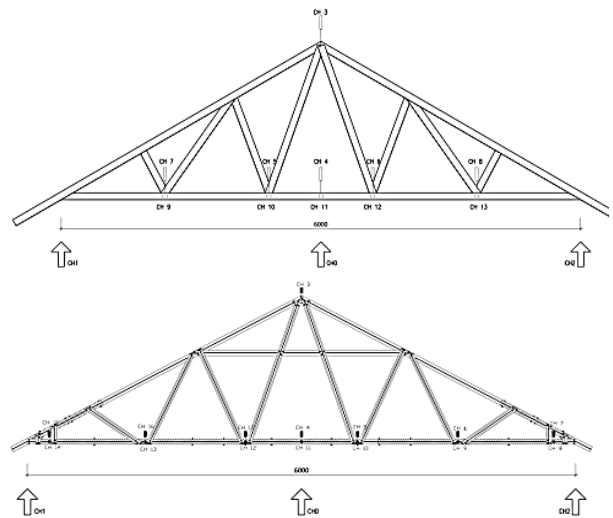
Tipe Sekrup	Kuat Tarik kN	Deformasi mm	Tipe Kerusakan
D6			
C	7,23	1,81	Drat Rusak
C	8,84	1,31	Drat Rusak
C	12,15	2,13	Drat Rusak
C	7,8	2,05	Lepas Drat
C	4,83	1,27	Lepas Drat
C	6,87	1,15	Lepas Drat
C	2,34	1,31	Lepas Drat
C	3,79	1	Lepas Drat
C	3,04	0,68	Lepas Drat
C	2,7	1,43	Lepas Drat
W	4,41	0,98	Lepas Drat
W	8	1,23	Lepas Drat
W	7	1,43	Lepas Drat
W	10,57	1,03	Putus sekrup
W	11,03	2,25	Putus sekrup
W	6,7	1,74	Putus sekrup

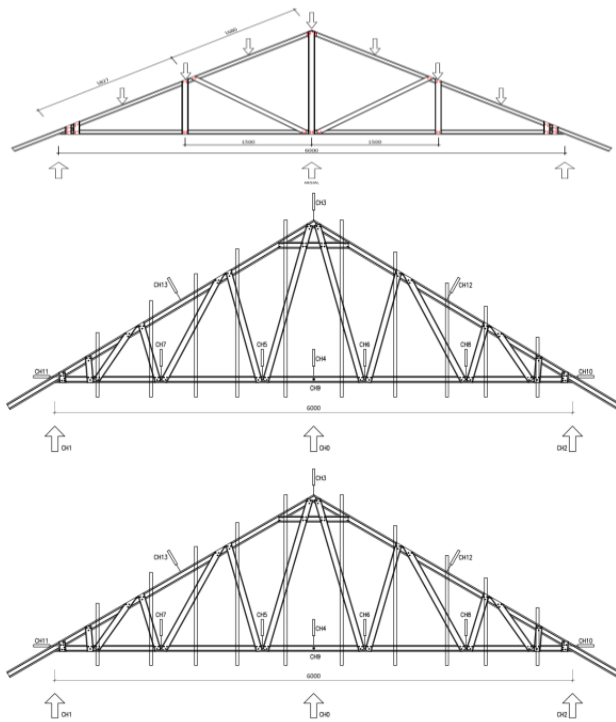
Pengujian Statis Rangka Atap Kuda-kuda (Truss Static loading Test)

Beban statis akibat beban terpusat di buhul dan di antar buhul mengikuti ASTM E73-83 [10]. Rangka baja canai dirangkai membentuk kuda-kuda, Kontrol terhadap lendutan dilakukan dengan menempatkan *transducer* pada tengah bentang kuda-kuda, setiap buhul, dan perletakan. Untuk menghindari efek *lateral buckling* diberikan *lateral restraint* pada rangka kuda-kuda. Tipologi struktur rangka dapat diamati melalui Gambar 11 dan pengujian struktur rangka pada Gambar 12.

Analisis Kapasitas dan Kegagalan Struktur

Struktur rangka dimodelkan dalam software SAP2000v14. untuk memperkirakan kapasitas ultimit struktur kuda-kuda serta memprediksi posisi kegagalan struktur. Permodelan struktur menggunakan properti hasil uji tarik, hasil uji tekan untuk memodifikasi properti batang-batang rangka. Selanjutnya pushover analisis pada struktur rangka agar dapat diperoleh kapasitas dan posisi sendi plastis yang pertama. Analisis *Pushover* pada struktur rangka akan memberikan gaya secara eskalatis sehingga tercapai sendi plastis yang merupakan tanda kegagalan struktur. Sendi plastis yang terbentuk pertama kali memiliki keseragaman pada lokasi batang tekan atas didekat tumpuan. Sendi plastis yang terbentuk pada satu sisi dan memiliki kemungkinan mengakibatkan terjadinya tekuk pada kondisi aktual sehingga kapasitas rangka kuda-kuda menurun drastis seiring dengan penambahan deformasi.





Gambar 11. Tipologi Struktur Rangka



Gambar 12. Pengujian struktur Rangka

Perbandingan kapasitas aktual dan kapasitas prediksi dapat diamati pada Tabel 5. Kerusakan pada kondisi aktual dapat dideskripsikan berdasarkan jenis kegagalan struktur dan letak kerusakannya [11].

Tabel 5. Kapasitas Prediksi dan Aktual Rangka kuda-kuda

Jenis Profil	Jenis Material	Prediksi kgf	Aktual kgf	Rasio	Tipe Kegagalan Struktur
HS75-0,8	ZAM	NA	3230	NA	tekuk lokal - Batang Tekan
C75-0.75	Galvalum	1268,17	1304	0,97	tekuk lokal - Batang Tekan
C75-0.7	Galvalum	1146,25	925	1,24	tekuk lokal - Batang Tekan
HS75-0,8	Galvalum	3062,25	2345	1,31	tekuk lokal - Batang Tekan
C75-0.75	Galvalum	1591,14	1437	1,11	tekuk lokal - Batang Tekan
C75-0.75	Galvalum	1591,14	1074	1,48	tekuk lokal - Batang Tekan

Hasil kuat tekan prediksi bervariasi dari 1268 kgf hingga 3062 kgf. Sedangkan hasil pengujian aktual berada pada rentang 925 kgf hingga 3230 kgf.

Kegagalan pada rangka dapat diamati melalui Gambar 13. Pada analisa lokasi kegagalan struktur, hasil permodelan struktur mendekati hasil pengujian rangka kuda-kuda dimana seluruh kejadian kegagalan berupa tekuk lokal terjadi pada batang tekan bagian atas rangka didekat tumpuan [12]. Kapasitas tekuk rangka yang diwakili oleh batang tekan rangka terlampaui sehingga terjadi tekuk pada batang tekan itu. Kegagalan tarik tidak terjadi karena kapasitas tarik material baja canai lebih besar dari pada kapasitas tekannya.



Gambar 13. Kegagalan struktur rangka kuda-kuda

Kegagalan pada sekrup-sekrup atau *self-drilling screw* tidak nampak pada buhul-buhul pertemuan batang-batang rangka. Kegagalan berupa sekrup tercabut atau lepas dan kegagalan geser sekrup juga tidak terjadi sehingga memberi indikasi bahwa konfigurasi antara jumlah sekrup dan posisi sekrup memiliki daya dukung yang cukup. Kegagalan lokal pada pelat rangka disekitar sekrup juga tidak terjadi sehingga hubungan antara rangka-rangka terikat dengan kapasitas melebihi kapasitas rangka kuda-kuda.

Kesimpulan

Studi terhadap perilaku kegagalan struktur dan kapasitas struktur baja canai dingin diperlukan untuk mencegah *immediate failure* sebelum mencapai beban layan yang diharapkan. Serangkaian pengujian komponen struktur dan analisis struktur rangka diharapkan menjadi jaminan kinerja serta memberi rasa aman kepada pengguna mengingat belum terstandarkannya mutu material dan pelaksanaan dipasaran.

Konflik Penetangan

Tidak terdapat konflik kepentingan dalam tulisan ini.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima Kasih kepada Kementerian PUPR yang telah mendukung dalam kegiatan eksperimental dan penyusunan tulisan ini.

Referensi

- [1] Renansiva, Revi. 2014. "Metode Desain dan Pengawasan Pekerjaan Baja Canai Dingin." Diskusi teknis Litbang Baja Ringan Puslitbang Permukiman, 11 Des 2014. Bandung
- [2] Oktarina, Devi, dan Agus Darmawan. 2015. "Analisa Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan dan Rangka Atap Kayu dari Segi Analisis Struktur dan Anggaran Biaya." *Jurnal Konstruksia* 7 (Nomor 1 Desember): 27–36.
https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksi_a/article/view/647
- [3] Prasetyo, Ben. 2014. "Penggunaan Cold-Formed Steel Dalam Konstruksi Bangunan." Diskusi teknis Litbang Baja Ringan Puslitbang Permukiman, 11 Des 2014.
- [4] Dawe, J. L., Yi Liu, dan J. Y. Li. 2010. "Strength and Behaviour of Cold-formed Steel Offset Trusses." *Journal of Constructional Steel Research* 66 (4):556–65.
<https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2009.10.015>.
- [5] Apriani, Widya, Fadrizal Lubis, dan Muthia Anggraini. "Analisis Sambungan Sekrup pada Konstruksi Rangka Atap baja Ringan Menurut SNI 7971:2013." *Jurnal Teknik Sipil Siklus* Vol. 3 (No. 2 Oktober): 49–57.
- [6] Huang, Xu hao, Jian Yang, Qing feng Liu, Jue Zhu, Li Bai, Fei liang Wang, dan Jian hua Wang. 2017. "A Simplified Flange–lip Model for Distortional Buckling of Cold-formed Steel Channel-sections with Stiffened Web." *International Journal of Mechanical Sciences* 136: 451–59. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2017.12.03>
- [7] R. F. Pedreschi; B. P. Sinha, 2 and R. Davies 3. (1997). "Advanced Connection Techniques For Cold-Formed Steel Structures." *Journal Of Structural Engineer" ASCE*, 123, 138–144.
- [8] Soenoko, R., & Irawan, Y. S. (2013). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. Increased Bending Strength of Cold-Formed Steel HS-75 Using Diaphragm Plates, 7(11), 520–529.
- [9] Mills, J., & Laboube, R. (2004). Self-Drilling Screw Joints for Cold-Formed Channel Portal Frames, (November), 1799–1806. doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(2004)130
- [10] ASTM E73-83, *Constructions*, (2002). Standard Practice for Static Load Testing of Truss Assemblies. (Reapproved).
- [11] Yu, C., & Schafer, B. W. (2002). *Local Buckling Tests on Cold-Formed Steel Beams*, (1985).
- [12] Setiyono. "Investigasi Analitis Dan Eksperimental Kekuatan Profil Baja Ringan Terhadap Interaksi Lokal Dan Global." *Jurnal Sains Material Indonesia*". (2006). ISSN : 1411-1098, 23-28.