

PENERAPAN TEKNIK PERKUATAN STRUKTUR RANGKA ATAP BAJA UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BAHAN AJAR DI BENGKEL KONSTRUKSI BAJA

Rifqi Aulia Abdillah¹⁾, Dedi Budi Setiawan^{1,*)}, Supriyo¹⁾, Arief Subakti Ariyanto¹⁾, Nur Setiaji Pamungkas¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang 50275

^{*)} Correspondent Author: dedibudisetiawan@yahoo.co.id

Abstract

The roof frame is a structural element that supports the roof load and ensures the safety and stability of the building. According to Abdillah et al. (2024), damage to the roof frame can impact other components. For example, if the roof frame sags, the roof covering can loosen, causing leaks. These leaks can affect the ceiling, causing mold and, in the worst case, collapse. Therefore, reinforcement is needed to restore the reliability of the damaged roof truss structure. The purpose of roof truss reinforcement techniques is to increase the load capacity of the steel roof truss, reduce deformation, and minimize the potential for structural failure. The method used in this research is a case study method. A model of the damaged steel roof truss structure will be created, followed by repairs and load testing. The repair technique that can be applied to the damaged components of the roof truss structure that sags can use the method of thickening the steel profile and replacing the sagging profile. The results of the study showed that repairs using the profile thickening method can withstand a load of 534 kg and require a cost of Rp 407,754, while repairs using the profile replacement method can withstand a load of 628 kg and require a cost of Rp 492,905. The most effective repair technique to be applied to damaged roof truss structures that are sagging is the profile thickening method, because this method has almost the same strength as the profile replacement method, but the profile thickening method requires cheaper implementation costs and the repair method is easier.

Keywords: *Roof Frame Construction, Repair technique*

PENDAHULUAN

Konstruksi rangka atap merupakan elemen struktur yang mendukung beban atap dan memastikan keselamatan serta kestabilan bangunan. Menurut Abdillah, dkk (2024), kerusakan konstruksi rangka atap dapat berdampak terhadap komponen yang lain, misalkan apabila rangka atap melendut berakibat penutup atap renggang sehingga terjadi kebocoran,

kebocoran tersebut dapat berdampak ke plafond sehingga menyebabkan kerusakan berjamur hingga yang paling parah mengalami roboh. Maka diperlukan perkuatan untuk mengembalikan keandalan dari struktur rangka atap yang mengalami kerusakan.

Bahan konstruksi terus berkembang seiring dengan berjalannya waktu, bahan konstruksi

kayu mulai ditinggalkan karena mulai sulit dicari dan mulai terdapat pengembangan teknologi baru yaitu beton dan baja karena kekuatannya yang baik (Istianto, 2020). Konstruksi rangka atap saat ini banyak yang menggunakan konstruksi baja, tetapi juga sering mengalami beberapa jenis kerusakan. Permen PU nomor: 16/PRT/M/2010 tentang teknis pemeriksaan berkala bangunan gedung menjelaskan kerusakan yang sering terjadi pada struktur rangka atap, yaitu: Melengkung, rusak atau patah, bocor, retak, korosi, dan sambungan lepas. Menurut Dar (2017) kegagalan rangka atap paling sering terjadi karena beban berlebihan, fabrikasi yang tidak tepat, kerusakan, perbaikan yang tidak memadai, dan lain sebagainya.

Dimensi yang kurang memadai dapat menyebabkan atap melengkung, karena tidak cukup kaku untuk menahan beban di atasnya. Menurut Suhajri (2016), selain syarat kekuatan yang harus dipenuhi, syarat terhadap batas lendutan memegang peranan penting pada perencanaan bangunan bentang lebar. Menurut Wuryanti, W. (2019), performa kegagalan terjadi karena tekuk local dan *web crippling* pada batang kord atas terutama pada bagian yang berdekatan dengan tumpuan (*heel joint*). Konstruksi atap yang melengkung menyebabkan aliran air menjadi terhambat dan memungkinkan terjadinya kebocoran melalui atap, kebocoran atap dapat menyebabkan terjadinya korosi pada rangka atap baja, korosi juga dapat terjadi akibat pengecatan anti karat yang kurang sempurna.

Menurut Zulfri (2018) korosi adalah penyebab utama terjadinya kegagalan dini infrastruktur baik terhadap sarana perumahan rakyat, fasilitas umum maupun industri. Menurut Kurniasari (2022), secara umum korosi dapat dikategorikan menjadi 2 jenis: korosi seragam yang dapat menurunkan seluruh ketebalan permukaan baja, dan korosi pitting yang dapat menyebabkan cacat local secara simultan pada permukaan baja yang terkorosi. Pelaksanaan pekerjaan yang kurang baik juga dapat menyebabkan keteledoran dalam pekerjaan sambungan, terutama yang menggunakan sambungan baut. Menurut Dwiwana (2014), suatu rangka batang yang disambung menggunakan plat buhul dengan baut lebih dari satu ataupun pengelasan batang pada plat buhul merupakan hubungan kaku yang tidak memungkinkan batang bergerak berputar dan akan timbul momen lentur pada join dan batang.

Teknik perkuatan struktur rangka atap bertujuan untuk meningkatkan kapasitas beban rangka atap baja, mengurangi deformasi, dan meminimalkan potensi kegagalan struktur. Untuk itu, berbagai metode perkuatan dapat dipilih, antara lain penggunaan tambahan elemen struktur seperti diagonal bracing, penggunaan material dengan kekuatan tinggi, dan perancangan ulang detail sambungan yang dapat memperbaiki kinerja keseluruhan rangka atap. Menurut Rodionov (2015), perkuatan yang dilakukan saat konstruksi menerima beban, selain tegangan yang disebabkan oleh beban eksternal, jenis

tegangan lain muncul pada elemen struktur apabila menggunakan metode pengelasan untuk menambah elemen baru pada elemen lama.

Meskipun terdapat banyak referensi tentang teori dan desain rangka atap baja, masih terdapat *gap* dalam *implementasi* teknik-teknik perkuatan secara praktis di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengembangkan materi praktek yang aplikatif mengenai teknik perkuatan struktur rangka atap baja, yang dapat meningkatkan

keterampilan praktis mahasiswa atau tenaga kerja konstruksi dalam merancang dan memperkuat struktur rangka atap secara efektif dan efisien.

Perbaikan dan Perkuatan Struktur Rangka Atap

Perbaikan komponen bangunan pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, meningkatkan kekuatan dan *daktilitas*, dan meningkatkan kekuatan, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Perkuatan
(sumber: Amri, 2006)

Pada gambar 1 dapat dilihat grafik hubungan antara beban lateral dengan perpindahan (*displacement*), terlihat pada struktur yang tidak diperkuat (kurva d) dengan yang diperkuat seperti pada kurva a,b, dan c.

Teknik perbaikan dan perkuatan kerusakan struktur baja dapat menggunakan metode:

- Pengelasan pada struktur baja yang rusak
- Perkuatan struktur baja dengan penambahan sirip
- Perkuatan struktur baja dengan penebalan

- Perkuatan struktur baja dengan cincin baja
- Perkuatan struktur baja dengan cara penambalan
- Penggantian profil baja

Menurut Ardiansyah (2018), penambahan perkuatan batang tekan pada konstruksi kuda-kuda mempunyai peran yang besar dalam meningkatkan kapasitas menahan beban.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi

kasus yaitu pemodelan konstruksi rangka atap yang mengalami kerusakan, kemudian dilakukan perbaikan dan pengujian dilaksanakan di bengkel konstruksi baja. Teknik perbaikan yang akan diterapkan pada benda uji adalah teknik perbaikan dengan cara penebalan profil dan teknik perbaikan dengan cara penggantian profil. Kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui kekuatan konstruksi kuda-kuda baja setelah dilakukan perbaikan dan hasilnya dibandingkan dengan benda uji yang mengalami kerusakan pada penelitian sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap

Pemodelan konstruksi rangka kuda-kuda atap menggunakan baja profil siku 40x40x4mm dengan mutu baja BJ-37 dan disambungkan menggunakan baut dengan diameter 10mm. Konstruksi rangka kuda-kuda ini memiliki panjang 2,8m dengan tinggi 0,75m. Kemudian rangka kuda-kuda tersebut ditekan menggunakan alat tekan hidrolis sampai mengalami kerusakan berupa tekuk pada batang profil dan plat buhulnya. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan Abdillah, dkk (2024), kekuatan rangka atap tersebut sebesar 249kg. Pemodelan benda uji tersebut bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Benda Uji Konstruksi Kuda-Kuda Baja

Teknik Perbaikan Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap

Teknik perbaikan yang dapat diaplikasikan untuk memperbaiki komponen baja yang mengalami lendut yaitu perkuatan dengan cara penebalan pada bagian yang mengalami lendut dan penggantian 1 batang profil yang mengalami lendutan.

1. Perbaikan dengan cara penebalan profil

Teknik perbaikan ini menambahkan profil siku pada bagian yang mengalami tekuk dengan cara dilas. Pengaplikasian perkuatan dengan cara penebalan bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbaikan dengan cara Penebalan Profil

Tabel 1. Hasil Pengujian Perbaikan dengan cara Penebalan Profil

| Pengujian | Load (Kg) | Defleksi (mm) | | Keterangan |
|-----------|-----------|---------------|-------|---|
| | | Atas | Bawah | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 31 | 10 | 10 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 55mm |
| 3 | 63 | 12 | 8 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 75mm |
| 4 | 94 | 27 | 27 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 207mm |
| 5 | 126 | 56 | 58 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 170mm |
| 6 | 157 | 82 | 72 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 207mm |
| 7 | 188 | 94 | 85 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 220mm |
| 8 | 220 | | | |
| 9 | 251 | | | |
| 10 | 283 | | | |
| 11 | 314 | | | |
| 12 | 346 | | | |
| 13 | 377 | | | |
| 14 | 408 | | | Tekanan pada dongkrak hidrolis mulai menurun |
| 15 | 440 | | | Tekanan pada dongkrak hidrolis mulai menurun |
| 16 | 471 | | | Tekanan pada dongkrak hidrolis mulai menurun |
| 17 | 503 | | | Tekanan pada dongkrak hidrolis mulai menurun |
| 18 | 534 | | | Tekanan pada dongkrak hidrolis turun dan tidak bisa naik lagi |

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya beban tekan (*load*), terjadi peningkatan lendutan baik pada sisi kanan, kiri, bawah, maupun atas benda uji. Lendutan terbesar tercatat pada bagian sisi kiri, sedangkan lendutan terkecil *relatif konstan* pada sisi kanan. Pada

awal pengujian, benda uji sudah menunjukkan kondisi lendut dengan nilai awal lendutan yang cukup besar, khususnya pada sisi kiri sebesar 55 mm. Setelah pembebanan bertahap hingga 188 kg, lendutan maksimum pada sisi kiri mencapai 220 mm, sedangkan pada bagian atas terjadi

penurunan sebesar 94mm, menandakan adanya deformasi permanen. Kerusakan struktural mulai terdeteksi sejak tekanan 408 kg, dan bertambah *signifikan* pada tekanan berikutnya, hingga pada tekanan 534 kg konstruksi

kuda-kuda tidak mampu menahan beban lebih dari batas tersebut dan terjadi deformasi kritis. Biaya perbaikan yang dibutuhkan dengan cara penebalan profil membutuhkan bisa dilihat pada perhitungan Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Perbaikan dengan cara Penebalan Profil

| NO | URAIAN | JML | SAT | KOEFISIEN | HARGA SATUAN | TOTAL HARGA |
|--------------|---------------------|-----|-----|-----------|--------------|--------------|
| 1 | ALAT | | | | | |
| | 1 Set Las | 1 | Set | 1 | RP95.000,00 | RP95.000,00 |
| | 1 Set | 1 | Set | 1 | RP50.000,00 | RP50.000,00 |
| 2 | BAHAN | | | | | |
| | Profil Siku 40.40.4 | 2 | Btg | 0,033 | RP79.500,00 | RP2.650,00 |
| | Elektroda | 12 | Bh | 0,104 | RP97.000,00 | RP10.104,17 |
| 3 | PEKERJA | 3 | Org | 1,666 | RP150.000,00 | RP250.000,00 |
| JUMLAH TOTAL | | | | | | RP407.754,17 |

Berdasarkan data biaya perbaikan pada pengujian pertama, total biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp. 407.754,17. Hal ini menggambarkan bahwa pengujian pertama lebih banyak menyerap biaya pada aspek pekerjaan manual, seperti pelurusan profil bengkok, pengelasan perkuatan, serta pemasangan baut pada sambungan.

2. Perbaikan dengan cara penggantian profil

Pada tahap pengujian kedua, benda uji berupa kuda-kuda baja dilakukan perbaikan dengan mengganti profil baja pada segmen-segmen yang mengalami lendutan. Penggantian dilakukan secara selektif hanya pada

bagian yang rusak, sehingga segmen yang masih baik tetap dipertahankan. Profil baru yang dipasang harus rapat dengan profil lama, tanpa adanya delatasi atau jarak, agar transfer beban dapat berlangsung optimal serta tidak menimbulkan titik lemah pada sambungan.

Tujuan dari pengujian kedua ini adalah untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat terkait kekuatan dan kekakuan kuda-kuda baja serta membandingkan kinerjanya dengan pengujian pertama yang masih menggunakan profil melendut. Pengaplikasian teknik perbaikan dengan cara mengganti profil bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbaikan dengan Penggantian Profil

Tabel 3. Hasil Pengujian Perbaikan dengan cara Penggantian Profil

| Pengujian | Load (Kg) | Defleksi (mm) | | Keterangan |
|-----------|--------------|---------------|-------|--|
| | | Atas | Bawah | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 31 | 0 | 0 | |
| 3 | 63 | 0 | 0 | |
| 4 | 94 | 0 | 0 | |
| 5 | 126 | 0 | 0 | |
| 6 | 157 | 0 | 0 | |
| 7 | 188 | 0 | 0 | |
| 8 | 220 | 0 | 0 | |
| 9 | 251 | 0 | 0 | |
| 10 | 283 | 0 | 0 | |
| 11 | 314 | 0 | 0 | |
| 12 | 346 | 0 | 0 | |
| 13 | 377 | 0 | 0 | |
| 14 | 408 | 4 | 0 | |
| 15 | 440 | 9 | 4 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 4mm |
| 16 | 471 | 11 | 5 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 5mm |
| 17 | 503 | 7 | 4 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 14mm |
| 18 | 534 | 10 | 5 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 18mm |
| 19 | 565 | 16 | 7 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 29mm |
| 20 | 597 | 16 | 7,5 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 28mm |
| 21 | 628 | 35 | 14 | Rangka kiri mengalami defleksi horizontal 84mm |

Berdasarkan data pengujian kedua, dimana profil yang melendut telah diganti dengan profil baru pada segmen yang rusak dan seluruh baut pada sambungan dipasang lengkap, diperoleh hasil sebagai berikut:

- a. Benda uji mampu menahan beban hingga 628 kg sebelum mengalami kerusakan, dengan lendutan maksimum pada sisi kiri sebesar 84 mm.
- b. Kerusakan mulai terdeteksi pada tekanan 440 kg dan semakin

signifikan pada tekanan berikutnya. Namun, kuda-kuda baja tetap mampu menahan beban lebih tinggi hingga mencapai 628 kg sebelum deformasi kritis.

- c. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan daya dukung dan kapasitas beban setelah profil bengkok diganti dan baut dilengkapi.

Perkuatan kuda-kuda baja dengan cara mengganti profil bengkok per segmen dan melengkapi baut pada

sambungan terbukti memberikan peningkatan signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur. Dibandingkan pengujian pertama, kuda-kuda baja pada pengujian kedua mampu menahan beban lebih besar dengan lendutan lebih kecil, serta menunjukkan performa struktural yang jauh lebih baik dan lebih andal terhadap beban tekan. Biaya perbaikan yang dibutuhkan dengan cara penebalan profil membutuhkan bisa dilihat pada perhitungan Tabel 4.

Tabel 4. Biaya Perbaikan dengan cara Penggantian Profil

| NO | URAIAN | JML | SAT | KOEFISIEN | HARGA SATUAN | TOTOAL HARGA |
|--------------|-------------------|-----|-----|-----------|---------------|--------------|
| 1 | ALAT | | | | | |
| | 1 Set alat | 1 | Set | 1 | Rp50.000,00 | Rp50.000,00 |
| | 1 set alat las | 1 | Set | 1 | Rp95.000,00 | RP95.000,00 |
| 2 | BAHAN | | | | | |
| | Profil Siku 40.40 | 1 | Btg | 0,416 | Rp79.500,00 | Rp33.125,00 |
| | Mur dan baut | 12 | Bh | 12 | Rp815,00 | Rp9.780,00 |
| 3 | PEKERJA | 3 | Org | 2,666 | Rp 150.000,00 | Rp400.000,00 |
| JUMLAH TOTAL | | | | | | Rp587.905,00 |

Berdasarkan data biaya perbaikan pada pengujian kedua, total biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp. 587.905,00. Hal ini menggambarkan bahwa pengujian kedua lebih banyak menekankan pada pekerjaan las dan pemasangan dengan dukungan peralatan, sementara kebutuhan bahan relatif kecil. Jika dibandingkan dengan pengujian pertama, biaya perbaikan pengujian kedua lebih rendah biayanya, meskipun tetap menuntut

tenaga kerja sebagai komponen biaya utama. Rp. 587.905,00.

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan dapat diketahui bahwa teknik perbaikan dengan cara penebalan profil dan penggantian profil dapat diterapkan untuk perbaikan lendutan yang terjadi pada profil baja karena kekuatannya sudah melebihi kekuatan konstruksi rangka kuda-kuda setelah mengalami kerusakan yaitu sebesar 249 kg.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan, dapat diketahui bahwa teknik perbaikan yang bisa diterapkan pada kerusakan komponen struktur rangka kuda-kuda atap yang melendut dapat menggunakan metode penebalan profil baja dan penggantian profil yang mengalami lendut. Perbaikan menggunakan metode penebalan profil dapat menahan beban sebesar 534 kg dan membutuhkan biaya sebesar Rp 407.754,00, sedangkan perbaikan menggunakan metode penggantian profil dapat menahan beban sebesar 628 kg dan membutuhkan biaya sebesar Rp. 587.905,00.

Teknik perbaikan yang paling efektif untuk diterapkan pada kerusakan struktur rangka kuda-kuda atap yang melendut adalah metode penebalan profil, karena metode tersebut memiliki kekuatan yang hampir sama dengan metode penggantian profil, tetapi metode penebalan profil pelaksanaannya membutuhkan biaya yang lebih murah dan metode perbaikannya lebih mudah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari laporan penelitian pratama tahun 2024. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Semarang yang telah membiayai penelitian ini, serta tim penelitian yang telah membantu proses penelitian sehingga tulisan ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. R.A., Dkk., 2025, Teknik Pemeriksaan Keandalan Struktur Rangka Atap Baja. *Bangun Reka Prima*, 11,1, 9-18.
- Amri, S., 2006, *Teknologi Audit Forensik, Repair dan Retrofit untuk Rumah & Bangunan Gedung*. Jakarta: Yayasan John Hi-Tech Idetama.
- Ardiansyah, Akmaludin, dan Murtiadi, S., 2018, Perilaku Struktur Batang Tekan Truss Baja Ringan dengan Perkuatan Bambu. *Spektrum Sipil*, 5,1, 23-36.
- Dwiyana, H., Widiasanti, I., dan Bachtiar, G., 2014, Perbandingan Perhitungan Struktur Kuda-Kuda Baja Siku Ganda dengan Asumsi Join Sebagai Sendi dan Asumsi Join Sebagai Jepit Menggunakan Aplikasi Komputer. *Jurnal Menara Jurusan Teknik Sipil*, 09,02, 15-30.
- Dar, M.A., Narayanan, S., & Dar, A.R., 2017, *Rehabilitation of a Distressed Steel Roof Truss – A Study*. *Structural Engineering and Mechanics*, 62(5), 567–576.
- Istianto, T., 2020, Perilaku Model Sambungan Struktur Kuda-Kuda Baja Ringan Kanal C akibat Beban Lateral. (Skripsi, Universitas Mataram, 2015).
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2006, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 16/PRT/M/2010 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2006, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 24/PRT/M/2008

- tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung. Jakarta.
- Kurniasari, A.P., dan Amalia, Y., 2022, Pengaruh Korosi Terhadap Kegagalan Logam pada Jembatan. *Jurnal Mekanik Terapan*, 03,02, 065-069.
- Rodionov, I. K., 2015, *About the Experimental Research of Steel Truss Strengthened under the Load with the Use of Welding*. *Frontier Materials & Technologies*, 2(1), 47–51
- Suhajri, A., dan Dewi, S.H., 2019, Evaluasi Perencanaan Struktur Kuda-Kuda Baja Gedung Kargo bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru. *Jurnal Saintis*, 16,1, 76-93.
- Wuryanti, W., 2018, Kapasitas Rangka Atap Baja Canai Dingin Dengan Berbagai Model Geometri dalam Memikul Beban Statis. *Jurnal Permukiman*, 13,2, 90-103
- Zulfri, M., Dkk., 2018, Pemetaan Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi di Industri Pabrik Kelapa Sawit Studi Kasus di PT Ensem Sawita. *Buletin Profesi Insinyur*, 02,02, 013-018.