

Evaluasi Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Canai Dingin Wisma Perhutani Jakarta Selatan Berdasarkan SNI 7971:2013

ALYA NISRINA NABILAH PUTRI^{1*}, ERMA DESIMALIANA²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: alyanabilah0034@gmail.com

ABSTRAK

Di Indonesia, material baja canai dingin seringkali diaplikasikan terutama struktur rangka kuda-kuda atap pada konstruksi gedung dewasa ini karena harga yang terjangkau dan mudah dalam pemasangan. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kembali terhadap struktur rangka kuda-kuda atap Wisma Perhutani Jakarta Selatan berdasarkan SNI 7971:2013 yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan material baja canai dingin profil kanal dengan dimensi C75x35x0,75. Analisis profil kanal menggunakan metode LRFD berdasarkan SNI 7971:2013 dengan melakukan pemodelan pada software SAP2000 sebagai struktur rangka 2D statis tertentu. Dari hasil analisis, didapatkan 5 batang tekan melebihi rasio kapasitas penampang dengan nilai rasio terbesar sebesar 1,638. Sementara itu, lendutan yang terjadi sebesar 4,653 mm masih memenuhi nilai lendutan izin. Oleh karena itu, didapatkan simpulan bahwa struktur rangka kuda-kuda atap Wisma Perhutani Jakarta Selatan tidak dapat menahan kombinasi beban luar berdasarkan peraturan SNI 1727:2020, karena terdapat batang yang tidak memenuhi syarat rasio kapasitas penampang.

Kata kunci: *rangka kuda-kuda atap, baja canai dingin, rasio kapasitas penampang, deformasi*

ABSTRACT

In Indonesia, nowadays cold-formed steel material is often applied in building construction as roof truss frame structures, because of its affordable price and easy installation. In this research, a re-evaluation was carried out of Wisma Perhutani South Jakarta's roof truss structure based on SNI 7971:2013 which aims to determine the effectiveness of using channel profile cold formed steel material with dimensions of C75x35x0.75. Channel profile analysis uses the LRFD method based on SNI 7971:2013 by modeling in SAP2000 software as a certain statistical 2D frame structure. From the analysis results, there are 5 compression members exceeded its maximum capacity ratio as 1.638. Meanwhile, deflection that occurs is 4.653 mm below the allowable deflection. Therefore, it could be concluded that Wisma Perhutani South Jakarta's roof truss structure could not restrain load combinations based on SNI 1727:2020, because of some members exceeded the allowable capacity ratio.

Keywords: *roof truss, cold-formed steel, cross-sectional capacity ratio, deflection*

1. PENDAHULUAN

Struktur atap merupakan bagian bangunan yang paling penting, berfungsi untuk menahan beban-beban dari atap, serta biasanya terbagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap [14]. Rangka atap umumnya terdiri dari susunan balok-balok (kayu atau baja), baik secara vertikal maupun horizontal, yang fungsinya untuk menahan beban dari penutup atap [7]. Rangka atap kuda-kuda merupakan bagian paling atas dari konstruksi bangunan gedung yang berfungsi untuk menahan beban hidup, beban mati dan beban angin [6]. Rangka atap kuda-kuda juga merupakan struktur rangka batang yang diletakkan pada suatu bidang dan dihubungkan setiap ujung batangnya dengan sendi sehingga terbentuklah bagian bangunan yang terdiri dari segitiga-segitiga [13].

Perkembangan teknologi yang pesat dalam bidang konstruksi gedung seiring dengan permintaan kebutuhan material bangunan baja canai dingin yang besar untuk konstruksi rangka atap kuda-kuda. Baja canai dingin atau juga dikenal dengan nama *cold formed steel*, biasanya dibentuk melalui proses *cold forming* dari material baja karbon atau *low-alloy* [1] [8] [9]. Material *low-alloy* ini dapat berbentuk lembaran, strip, pelat ataupun batangan yang tebalnya tidak lebih dari 25 mm dan diproses pada suhu kamar. Baja canai dingin memiliki dimensi dan tebal yang relatif tipis, yaitu sekitar 0,2 – 2 mm. Namun, kekuatan tarik yang dimiliki oleh baja canai dingin umumnya relatif tinggi, yaitu sekitar 550 MPa (G550). Sementara itu, tegangan leleh baja canai dingin berkisar antara 165 – 552 MPa [19]. Baja canai dingin terbagi menjadi 2 (dua) golongan utama, yaitu batang profil struktural tunggal (profil kanal, siku, sigma, bulat, Z, I dan I) dan berbentuk panel atau dek [18].

Dewasa ini, baja canai dingin sangat populer digunakan dalam konstruksi rangka atap kuda-kuda karena ringan, mudah digunakan dan cepat dalam pelaksanaan [10] [16]. Baja canai dingin telah banyak digunakan pada konstruksi rangka atap kuda-kuda sekarang ini sebagai alternatif pengganti baja WF, karena kemudahannya dan kecepatan pemasangannya [11]. Baja canai dingin juga masih aman, efektif dan efisien untuk digunakan pada bentang di atas 15 meter [11]. Konstruksi rangka atap canai dingin tipe Pratt lebih efektif digunakan pada bentang 12 m sedangkan tipe Howe lebih efektif digunakan pada bentang 24 m, dengan kegagalan yang terjadi akibat tekuk lentur [17]. Material baja canai dingin memiliki mutu yang baik dari kuat tariknya, biaya pemasangan yang lebih murah, serta pemasangannya membutuhkan pekerja yang lebih sedikit dan waktu yang lebih cepat [13]. Keruntuhan konstruksi rangka atap kuda-kuda baja canai dingin bukanlah disebabkan oleh sambungan, karena masih cukup kuat untuk menahan kombinasi beban gravitasi, angin dan hujan [2]. Kapasitas lentur penampang baja canai dingin memiliki nilai yang berbeda antara metode lebar efektif dengan metode leleh awal (*initiation yield*), kapasitas lentur profil baja canai dingin *toe to toe* lebih besar dibandingkan dengan profil baja canai dingin *back to back* [12]. Badan profil baja canai dingin yang dimodifikasi memiliki kapasitas tekan yang lebih tinggi akibat terjadinya reduksi tekuk lokal yang terjadi [15].

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka akan dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai evaluasi penggunaan material baja canai dingin pada konstruksi rangka kuda-kuda atap Wisma Perhutani Jakarta Selatan terhadap rasio kapasitas penampang dan lendutan berdasarkan SNI 7971:2013.

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan pengumpulan data melalui observasi atau pengamatan pada obyek yang akan dianalisis, yaitu dengan melihat kondisi rangka kuda-kuda atap Wisma Perhutani Jakarta Selatan dan mencari data struktur

perencanaan rangka kuda-kuda atap eksisting. Selanjutnya, akan dilakukan pengolahan data dan pemodelan ulang rangka kuda-kuda atap tersebut dengan bantuan piranti lunak SAP2000.

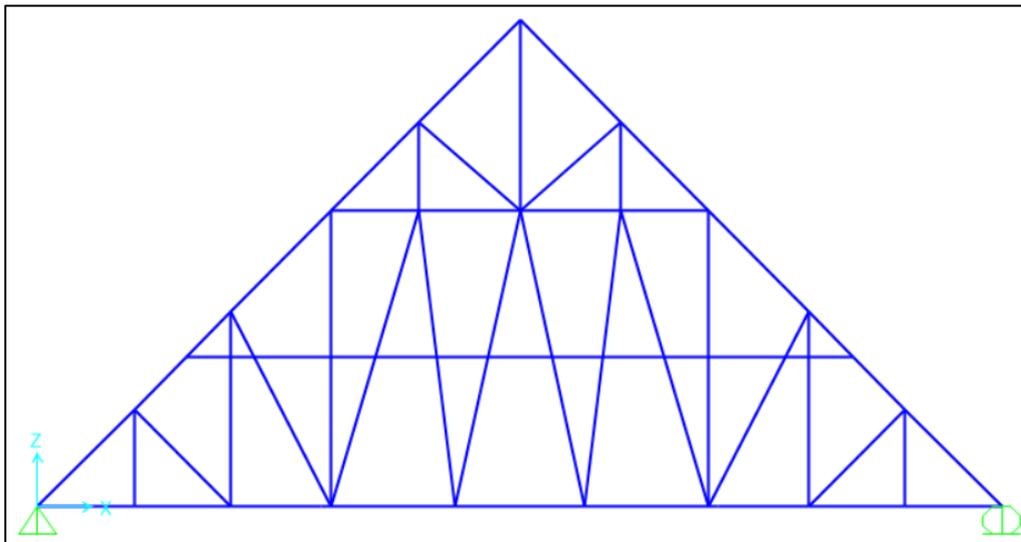
Adapun tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Persiapan untuk menentukan lokasi dan obyek penelitian, yaitu rangka atap kuda-kuda Wisma Perhutani Jakarta Selatan.
2. Pengumpulan data sekunder, yaitu *as build drawing* (gambar perencanaan akhir).
3. Analisis data menggunakan SNI 7971:2013 [3], yaitu perhitungan kapasitas batang (baik tarik maupun tekan) dan lendutan menggunakan bantuan piranti lunak SAP2000.
4. Pembahasan hasil analisis dan kesimpulannya.

3. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Rangka Atap Kuda-kuda Baja Canai Dingin

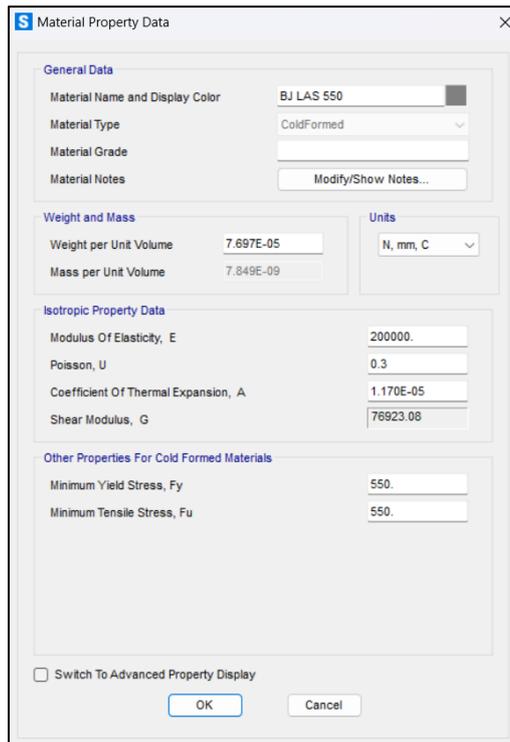
Berdasarkan laporan *material approval* rangka kuda-kuda atap, perencanaan struktur eksisting rangka kuda-kuda atap baja ringan di Wisma Perhutani Jakarta Selatan menggunakan piranti lunak *framecad* untuk mempermudah perencana menentukan profil baja canai dingin [4]. Pada penelitian ini, rangka kuda-kuda atap baja canai dingin dimodelkan dan dianalisis ulang atau evaluasi menggunakan piranti lunak SAP2000 serta peraturan-peraturan seperti SNI 1727:2020 [5] untuk pembebanan, SNI 7971:2013 [3] untuk pengecekan rasio kapasitas penampang dan lendutan. **Gambar 1** menunjukkan pemodelan struktur rangka kuda-kuda atap Wisma Perhutani Jakarta Selatan yang dilakukan mengacu pada gambar kerja eksisting.



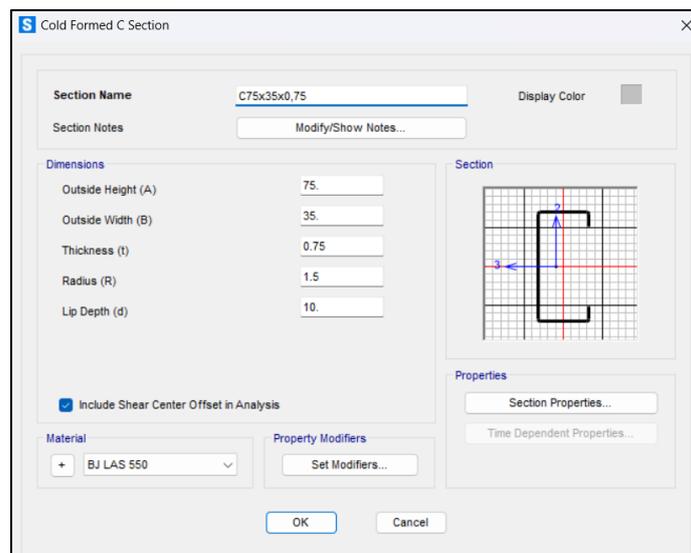
Gambar 1. Tampilan struktur rangka kuda-kuda atap Wisma Perhutani pada SAP2000

2.2 Pendefinisian Mutu Material dan Profil Baja Canai Dingin

Mutu material profil baja canai dingin eksisting memiliki sifat mekanis yang tergolong pada BJ LAS 550 dengan nilai kuat luluh minimum dan kuat tarik minimum sebesar 550 MPa. Komponen batang tarik dan tekan pada rangka kuda-kuda atap eksisting menggunakan ukuran yang seragam yaitu sebesar C75×35×0,75. Definisi mutu material dan ukuran profil baja canai dingin tersaji pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Tampilan mutu material BJ LAS 550 yang digunakan



Gambar 3. Tampilan dimensi profil kanal yang digunakan

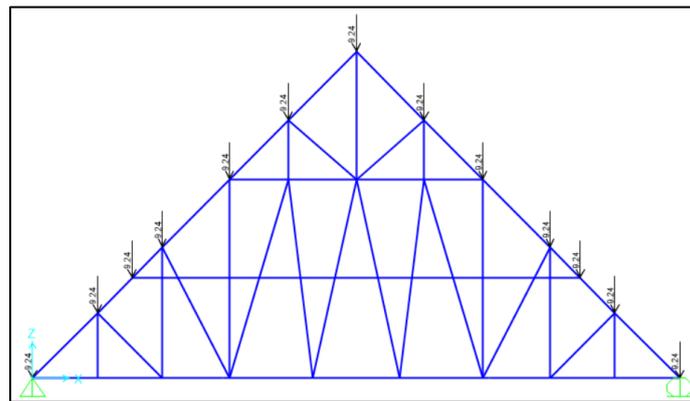
2.3 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

Pembebanan yang mempengaruhi rangka kuda-kuda atap didistribusikan pada setiap join batang tekan luar. Beban – beban tersebut didistribusikan menjadi 6 kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 [3]. Kriteria rangka kuda-kuda baja canai dingin eksisting adalah sebagai berikut:

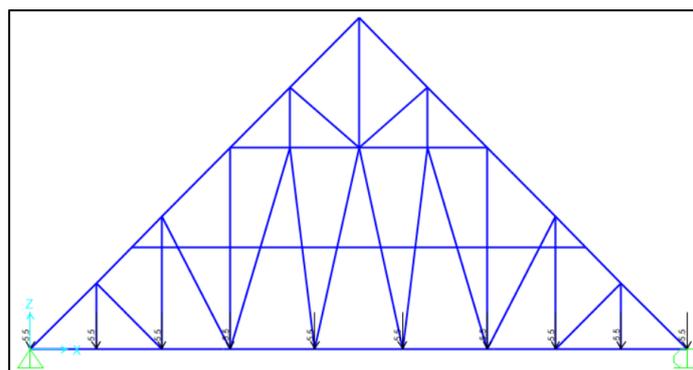
- a. Jarak antar gording = 0,7 m.
- b. Jarak antar kuda-kuda = 1,2 m.
- c. Jumlah kuda-kuda atap = 18 buah.

Distribusi pembebanan akibat beban mati sebesar 9,24 kg terhadap rangka kuda-kuda atap tersaji pada **Gambar 4**. Distribusi pembebanan akibat beban mati plafon sebesar 5,5 kg/m²

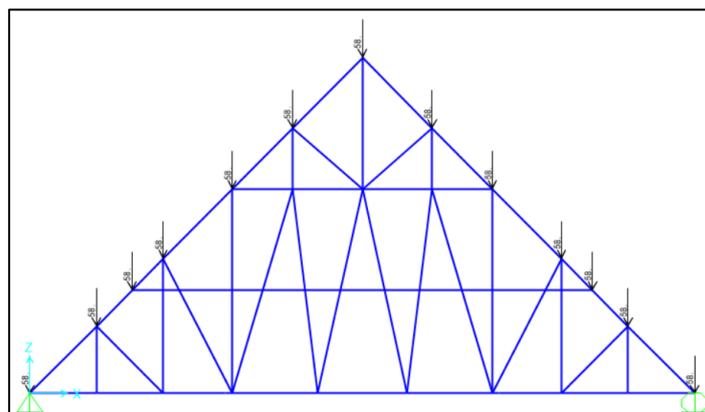
terhadap rangka kuda-kuda atap tersaji pada **Gambar 5**. Distribusi pembebanan akibat beban hidup sebesar 58 kg/m^2 terhadap rangka kuda-kuda atap tersaji pada **Gambar 6**. Pembebanan rangka kuda-kuda atap terhadap beban hidup atap tidak direncanakan untuk dibebani orang untuk hunian. Distribusi pembebanan akibat beban air hujan sebesar $16,46 \text{ kg}$ terhadap rangka kuda-kuda atap tersaji pada **Gambar 7**. Distribusi pembebanan akibat beban angin hisap sebesar $0,138 \text{ kg}$ dan beban angin tiup sebesar $0,285$ terhadap rangka kuda-kuda atap tersaji pada **Gambar 8**.



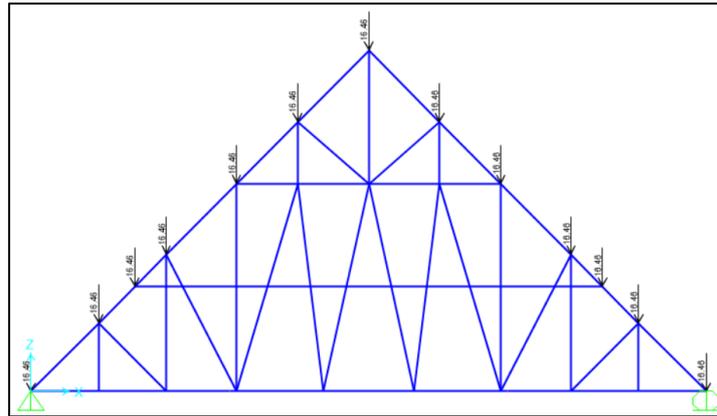
Gambar 4. Pembebanan akibat beban mati



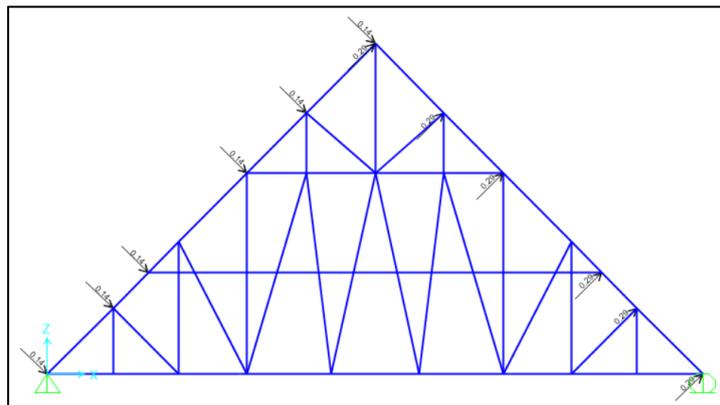
Gambar 5. Pembebanan akibat beban mati plafon



Gambar 6. Pembebanan akibat beban hidup



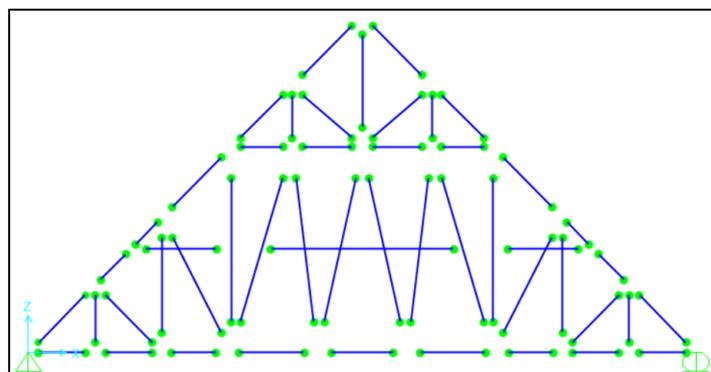
Gambar 7. Pembebanan akibat beban air hujan



Gambar 8. Pembebanan akibat beban angin

2.4 Pendefinisian Jenis Perletakan dan *Release Partial Fixity*

Rangka kuda-kuda atap baja canai dingin yang dimodelkan menggunakan perletakan sendi rol sebagai tumpuannya. Perletakan sendi pada rangka kuda-kuda atap berfungsi untuk menahan gaya vertikal dan gaya horisontal agar konstruksi tidak dapat bergerak bebas. Rangka kuda-kuda atap baja canai dingin rentan mengalami lentur dikarenakan sambungan baut pada batang memiliki celah. Celah tersebut yang dapat mengakibatkan reaksi gaya tekan semakin besar, sehingga tumpuan rol dapat menjadi solusi untuk memberi ruang gerak lentur pada rangka kuda-kuda atap. Rangka kuda-kuda atap menerapkan *frame release* pada seluruh batangnya, hal ini dikarenakan batang tidak menerima gaya momen melainkan menahan gaya tarik dan tekan batang. Penerapan *frame release* dan jenis tumpuan sendi dan rol pada rangka kuda-kuda atap tersaji pada **Gambar 9** berikut.



Gambar 9. Jenis tumpuan dan penerapan *frame release* pada rangka kuda-kuda atap

2.5 Analisis Struktur

Analisis struktur pada pemodelan rangka kuda-kuda atap baja canai dingin bertujuan untuk mengetahui kekuatan penampang terhadap beban maksimum yang akan dipikul oleh struktur menggunakan peraturan pembebanan terbaru yaitu SNI 1727:2020 [5]. Analisis struktur dari segi rasio kapasitas penampang dan lendutan adalah sebagai berikut.

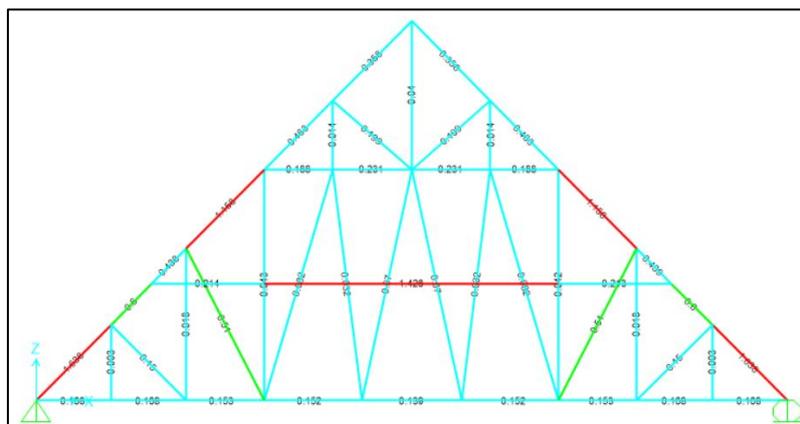
1. Rasio kapasitas penampang bayang tarik dan batang tekan
Rasio kapasitas penampang batang tarik dan batang tekan dapat dilihat pada **Gambar 10** dan **Tabel 1**. Nilai gaya tekan dan tarik terbesar dari rangka kuda-kuda atap baja canai dingin tersaji pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Rasio Kapasitas Batang Tarik dan Batang Tekan Rangka Kuda-Kuda Baja Canai Dingin

| Batang | Nilai Rasio |
|--------------------|--------------------|
| 1 & 11 | 1,638 |
| 2 & 12 | 0,600 |
| 3 | 0,438 |
| 13 | 0,439 |
| 62 & 63 | 1,158 |
| 6 & 17 | 0,463 |
| 7 & 18 | 0,358 |
| 19, 21, 27, dan 28 | 0,168 |
| 22 & 26 | 0,153 |
| 23 & 25 | 0,152 |
| 4 | 0,139 |
| 29 & 38 | 0,003 |
| 31 & 39 | 0,150 |
| 30 & 37 | 0,018 |
| 57 & 48 | 0,510 |
| 56 | 0,043 |
| 47 | 0,042 |
| 53 & 34 | 0,082 |
| 52 & 35 | 0,032 |
| 50 & 51 | 0,070 |
| 58 | 0,214 |
| 61 | 0,213 |
| 59 | 1,426 |
| 40 & 55 | 0,188 |
| 41 & 54 | 0,231 |
| 42 & 44 | 0,014 |
| 43 | 0,040 |
| 45 & 46 | 0,199 |

Tabel 2. Rekapitulasi Gaya Terfaktor Batang Tarik dan Batang Tekan Rangka Kuda-Kuda Baja Canai Dingin

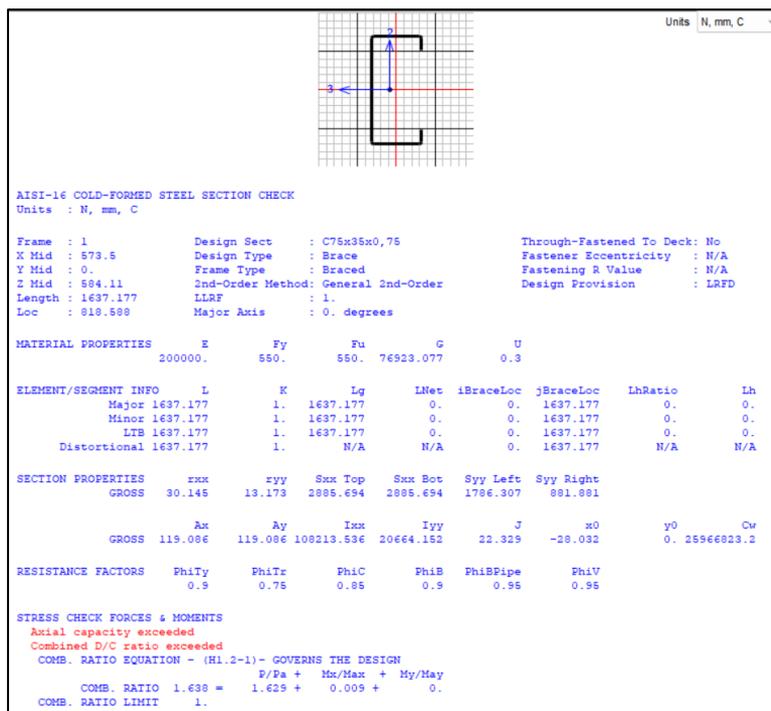
| Batang | Kombinasi | P _{tekan} [N] | P _{tarik} [N] |
|--------------------|-----------|------------------------|------------------------|
| 1 & 11 | 2 | -10.230 | - |
| 2 & 12 | 2 | -9.341 | - |
| 3 & 13 | 2 | -7.747 | - |
| 62 & 63 | 2 | -6.823 | - |
| 6 & 17 | 2 | -3.378 | - |
| 7 & 18 | 2 | -2.051 | - |
| 19, 21, 27, dan 28 | 2 | - | 7.158 |
| 22 & 26 | 2 | - | 6.539 |
| 23 & 25 | 2 | - | 6.539 |
| 4 | 2 | - | 5.833 |
| 29 & 38 | 1 | - | 134,93 |
| 31 & 39 | 2 | -896 | - |
| 30 & 37 | 2 | - | 789 |
| 57 & 48 | 2 | -1.462 | - |
| 56 & 47 | 2 | - | 1.310 |
| 53 & 34 | 2 | - | 331 |
| 52 & 35 | 2 | - | 247 |
| 50 & 51 | 1 & 2 | -70,920 | 84,130 |
| 58 | 2 | -1116 | - |
| 61 | 2 | -1.115,790 | - |
| 59 | 2 | -1.109,850 | - |
| 40 & 55 | 2 | -2.415 | - |
| 41 & 54 | 2 | -2.358 | - |
| 42 & 44 | 2 | - | 616 |
| 43 | 2 | - | 1.770,810 |
| 45 & 46 | 2 | -1.252,660 | - |



Gambar 10. Rasio kapasitas penampang batang tarik dan batang tekan

Berdasarkan hasil pemodelan dan rekapitulasi, diperoleh batang 1, 11, 59, 62, dan 63 memiliki rasio kapasitas penampang melebihi 1, dengan rasio terbesar dipikul oleh batang 1 dan 11 sebesar 1,638. Hal tersebut dikarenakan kapasitas penampang baja canai dingin berukuran C75×35×0,75 ternyata tidak mampu untuk memikul kombinasi beban luar dengan acuan peraturan SNI 1727:2020 [5] (detail kegagalan dapat dilihat pada **Gambar 11**). Solusi yang dapat ditawarkan pada kasus ini adalah dengan pembesaran dimensi penampang baja canai dingin atau menambahkan baja canai dingin sebagai pengaku diagonal pada batang yang melebihi rasio kapasitas.

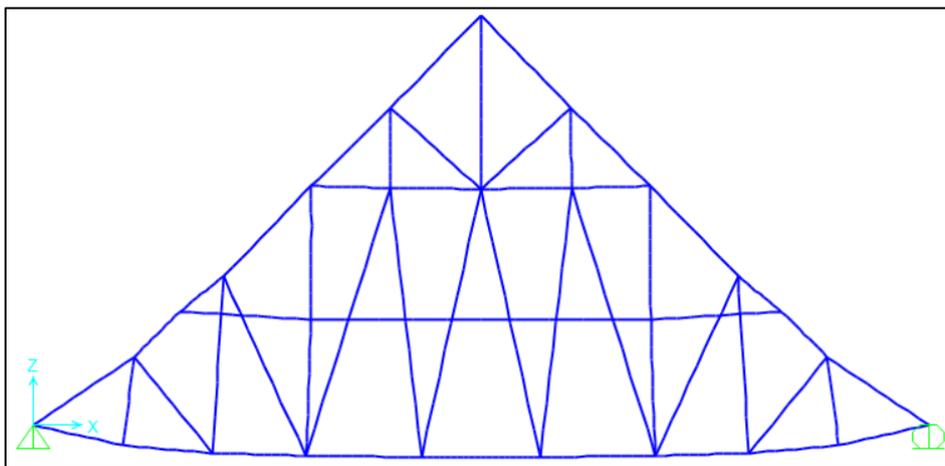
Evaluasi Struktur Rangka Kuda-Kuda Atap Baja Canai Dingin Wisma Perhutani Jakarta Selatan Berdasarkan SNI 7971:2013



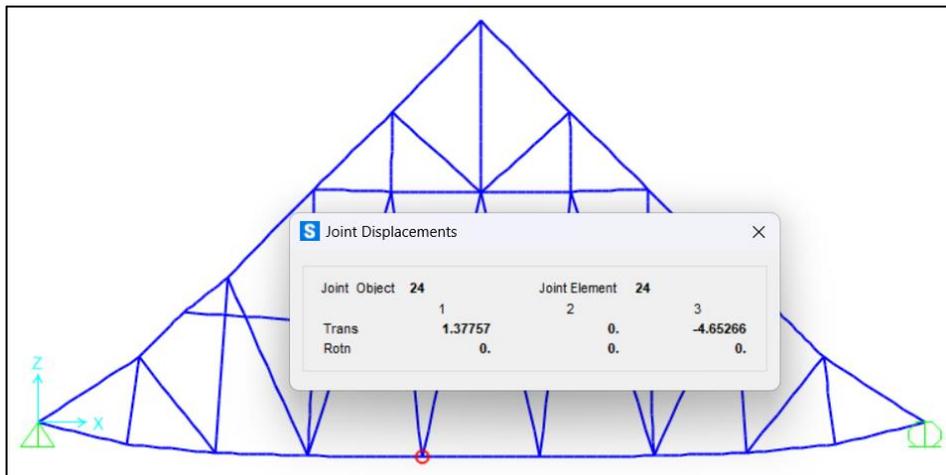
Gambar 11. Detail kegagalan batang dengan nilai rasio terbesar

2. Lentutan

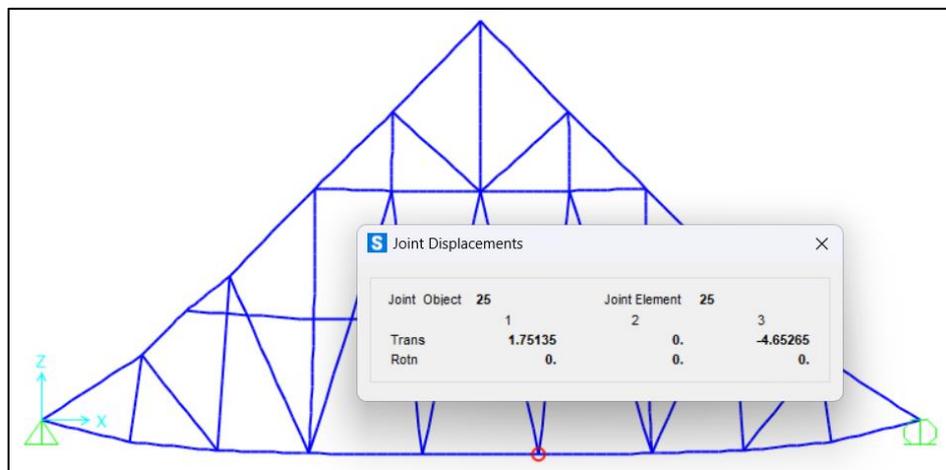
Nilai lentutan dan bentuk deformasi rangka kuda-kuda baja canai dingin mengacu kepada kombinasi yang menghasilkan nilai gaya tekan dan gaya tarik terbesar yaitu kombinasi 2. Nilai lentutan terbesar yang terjadi pada rangka kuda-kuda atap baja canai dingin tersaji pada **Gambar 12** hingga **Gambar 14** berikut.



Gambar 12. Bentuk deformasi rangka kuda-kuda canai dingin



Gambar 13. Nilai lendutan batang no. 24 rangka kuda-kuda baja canai dingin dalam satuan mm



Gambar 14. Nilai lendutan batang no. 24 rangka kuda-kuda baja canai dingin dalam satuan mm

Nilai lendutan terbesar berada pada batang tarik bawah rangka kuda-kuda dengan nilai lendutan sebesar 4,653 mm. Berdasarkan pemodelan dan perhitungan, diperoleh bahwa nilai lendutan maksimum yang terjadi masih memenuhi syarat defleksi ($L/240$) sebesar 47,75 mm. Rangka kuda-kuda belum mencapai batas lendutan izin, sehingga dapat dikatakan bahwa struktur rangka kuda-kuda atap cukup kaku untuk menahan beban luar vertikal dan horisontal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pemodelan dan pembahasan pada penelitian ini, didapatkan bahwa rangka kuda-kuda baja canai dingin memiliki 5 (lima) batang tekan yang melebihi rasio kapasitas penampang. Hal tersebut mengindikasikan bahwa struktur rangka kuda-kuda atap eksisting ternyata belum mampu untuk menahan beban luar yang mengacu peraturan SNI 1727:2020. Adapun upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tersebut, di antaranya dengan pembesaran dimensi penampang profil C baja canai dingin, pengaplikasian pengaku diagonal pada batang dengan nilai rasio kritis, ataupun mengganti profil rangka kuda-kuda atap baja canai

dingin dengan material konstruksi lainnya seperti kayu rekasaya seperti glulam dari kayu cepat tumbuh jenis Akasia Mangium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldiansyah, M. R. (2019). Kajian Teknis Waktu dan Biaya pada Perbandingan Struktur Atap Kayu dan Struktur Atap Baja Ringan. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 118-129.
- [2] Apriani, W. L. (2017). Analisis Sambungan Sekrup pada Konstruksi Atap Baja Ringan Menurut SNI 7971:2013. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 49-57.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7971:2013 tentang Struktur Baja Canai Dingin*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8399:2017 tentang Profil Rangka Baja Ringan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [6] Bowles, J. E. (1985). *Disain Baja Konstruksi*. Jakarta: Erlangga.
- [7] Crista, N. H. (2023). Evaluasi Struktur Kuda-kuda Baja Konvensional Menara USM Universitas Semarang Berdasarkan Perbandingan SNI 1729-2015 dengan SNI 1729-2020. *Teknika*, 18(1), 23-36.
- [8] Desmaliana, E. P. (2020). Analisis Perancangan Jembatan Rangka Batang Canai Dingin Pejalan Kaki Tipe Lower Deck berdasarkan Eurocode 3 dan SNI 7971:2013. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 12-21.
- [9] Desmaliana, E., Herbudiman, B., Ulfayani, A. M. & Gunawan, F. A. S. (2019). Study of cold formed steel beam column joint to resist lateral load. *International Conference on Advances in Civil and Environmental Engineering (ICAnCEE 2018)*. 276, p. 01040. Bali: MATEC Web Conferences.
- [10] Diredja, N. V. (2021). Kajian Analisis Perbandingan Rangka Atap Kuda-Kuda Menggunakan Kayu LVL dan Baja Ringan. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), 172-180.
- [11] Husnah, D. N. (2019). Analisis Struktur Rangka Baja Ringan dan Baja Berat dengan Aplikasi BricsCAD. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 87-96.
- [12] Padhlurohman, F. &. (2020). Analisis Kapasitas Balok Baja Ringan Menahan Tekuk Torsi Lateral. *Jurnal Konstruksi*, 18(2), 83-92.
- [13] Rahayu, S. A. (2015). Analisis Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan dengan Rangka Atap Kayu terhadap Mutu, Biaya dan Waktu. *Fropil*, 3(2), 116-130.
- [14] Royani, M. (2011). *Konstruksi Atap, Teknik Desain Arsitektur. Unpublished Thesis*. . Semarang: Universitas Diponegoro.
- [15] Ruus, K. H. (2017). Pengaruh Bentuk Badan Profil Baja Ringan terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Sipil Statik*, 5(5), 251-262.
- [16] Sanjaya, A. &. (2018). Studi Eksperimental Batang Tekan Baja Canai Dingin Diperkaku Sebagian. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(1), 19-24.
- [17] Sucipta, A. S. (2013). Analisa Pola Keruntuhan Konstruksi Rangka Atap dengan Menggunakan Profil Baja Ringan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), 13-21.
- [18] Wiguna, A. &. (2015). Analisis Kekuatan Baja Canai Dingin (Cold Formed Steel) Sebagai Alternatif Untuk Elemen Struktur Balok Rumah Sederhana yang Merespon Gempa. *Jurnal Konstruksi*, 13(1), 1-20.
- [19] Yu, W. W. (2000). *Cold-Formed Steel Design 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.