

# EVALUASI INSTABILITAS RANGKA ATAP BAJA RINGAN SESUAI SNI 7971-2013

Widya Apriani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning, Jl. Yos Sudarso Km.8  
Rumbai, Kota Pekanbaru, 282900, Indonesia

\*E-mail : [widyaapriani@unilak.ac.id](mailto:widyaapriani@unilak.ac.id)

## ABSTRAK

Kegagalan struktur rangka atap bangunan dapat mengakibatkan kerugian yang besar bagi pemilik bangunan serta mengancam keamanan dan keselamatan pemakai bangunan. Keruntuhan dapat disebabkan oleh faktor perencanaan dan pelaksanaan. Pada tahun 2016 terjadi kegagalan struktur rangka atap pada Gedung X di Pekanbaru yang mengakibatkan hampir keseluruhan rangka atap bangunan rubuh. Berdasarkan pengamatan visual terjadi kegagalan pada sambungan dan tekuk di beberapa batang. melalui observasi secara langsung, Skema keruntuhan rangka atap jenis howe girder yaitu terjadi pada sebagian di bentang pendukung dan keruntuhan keseluruhan pada bentang utama. Penelitian dilakukan dengan analisis numerik untuk mengetahui instabilitas elemen rangka batang menggunakan suatu program komputer yang sesuai dengan SNI 7971-2013. Analisis dilakukan untuk pola keruntuhan struktur rangka atap. Analisis meliputi gaya dalam pada saat struktur mengalami kegagalan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa elemen rangka atap baja canai dingin pada gedung x masih belum memenuhi kriteria perencanaan SNI 7971-2013. Elemen tekan tidak stabil setelah diaplikasikan beban kombinasi.

Kata Kunci : Keruntuhan, Rangka atap, Baja canai dingin, SNI 7971-2013

## ABSTRACT

*Failure of the roof frame structure can cause to large losses for the owner of the building and threaten the security and safety of building users. Collapse can be caused by planning and implementation factors. In 2016 there was a failure of roof frame structure at Building X in Pekanbaru which resulted in almost the entire roof frame collapsed. Based on visual observation there is failure at connection and buckling in some stems. Through direct observation, Scheme of roof collapse of howe girder type of roof that occurs in part in the supporting span and overall collapse in the main span. The study was conducted by analysis of numerical analysis to determine the instability of truss elements using a computer program in accordance with SNI 7971-2013. The analysis was performed for the collapse pattern of roof truss structure. The analysis includes the aksial force when the structure fails. The result of the evaluation showed that the cold rolled steel roof truss element in building x still did not meet the criteria of SNI 7971-2013 planning. Unstable press element after applied load which has been combined.*

Keywords : Failure, roof frame structur, cold formed steel , SNI 7971-2013

## PENDAHULUAN

Struktur atap baja ringan merupakan struktur alternative pengganti baja konvensional yang lebih ekonomis dan mudah diperoleh (Nur, K. 2012). Namun struktur baja ringan mempunyai permasalahan yaitu merupakan salah satu konstruksi yang rawan terjadi kegagalan struktur. Kegagalan struktur rangka tentu saja mengakibatkan kerugian

yang besar bagi pemilik bangunan serta mengancam keamanan dan keselamatan pemakai bangunan.

Keruntuhan stuktur dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya faktor perencanaan dan pelaksanaan (Amalia R, 2012). Menurut Kurniawan (2008), kegagalan perencanaan disebabkan oleh perencanaan yang tidak sesuai spesifikasi desain dan standar yang digunakan yaitu SNI 7971-2013. Spesifikasi desain yang berpengaruh seperti faktor

panjang bentang kuda-kuda, tinggi kuda-kuda, sudut kemiringan, jenis genteng, beban angin dan beban orang bekerja, water heater, lebar ring balok, dan lain-lain. Keruntuhan stuktur dapat disebabkan pula kesalahan pelaksanaan yaitu kecelakaan alat, pelaksanaan atau metode pelaksanaan tidak sesuai dengan perencanaan, atau dengan sengaja mengubah spesifikasi untuk mendapatkan keuntungan yang besar.

Berdasarkan pengamatan visual terjadi kegagalan pada sambungan dan tekuk di beberapa batang. Melalui observasi secara langsung, Skema keruntuhan rangka atap jenis howe girder yaitu terjadi pada sebagian di bentang pendukung dan keruntuhan keseluruhan pada bentang utama (Gambar 1).



**Gambar 1. Keruntuhan pada rangka atap gedung x Pekanbaru**

Penelitian dilakukan dengan program komputer metode elemen hingga (SAP 2000) untuk mengetahui instabilitas elemen rangka batang. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi instabilitas rangka atap baja ringan menggunakan suatu program komputer yang disesuaikan dengan SNI 7971-2013. Analisis numerik dilakukan untuk mendapatkan pola keruntuhan struktur rangka atap. Analisis meliputi *displacement* dan gaya dalam pada saat struktur mengalami kegagalan.

## BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Pemodelan keruntuhan yang akan dimasukkan dalam *software* program SAP 2000 akan dilakukan dengan cara memberikan pembebanan secara kontinu kepada struktur rangka atap yang sudah dimodelkan sebelumnya dengan menggunakan peraturan SNI 7971-2013 (Ariyavinanta, E., 2015). Kemudian hasil yang diperoleh dari kedua pemodelan akan dianalisis terhadap tipe keruntuhan pada rangka atap tersebut (Rahmat, S., B. 2010).

Data teknis ini berupa denah struktur bangunan, spesifikasi material yang digunakan, detail profil

elemen-elemen struktur rangka, dan pembebanan yang diterima oleh struktur rangka atap.

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu baja ringan merupakan tipe struktur baja cold formed steel (CFS). Baja CFS merupakan komponen yang tipis ringan, mudah untuk diproduksi dan murah dibandingkan baja *hot rolled*. Baja ringan memiliki tegangan Leleh 550 MPa, modulus elastisitas  $2,1 \times 10^5$  MPa dan modulus geser:  $8 \times 10^4$  MPa.

### a. Metode dalam mendesain batang tarik

Desain tarik berdasarkan SNI 7971- 2012 terdiri atas:

$$N_u \leq \phi_t N_t \quad (A.1)$$

keterangan:

$\phi_t$  = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur tarik,  $N_t$  = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tarik.

### b. Metode dalam mendesain batang tekan

Menurut Badan Standarisasi Nasional SNI 7971-2013, desain batang tekan erdiri atas:

$$N^* \leq \phi_c N_s \quad (A.2)$$

$$N^* \leq \phi_c N_c \quad (A.3)$$

keterangan:

$\phi_c$  = faktor reduksi kapasitas untuk komponen struktur dalam tekan,  $N_s$  = kapasitas penampang nominal dari komponen struktur dalam tekan,  $N_c$  = kapasitas komponen struktur nominal dari komponen struktur dalam tekan.

### c. Kombinasi Pembebanan

Sebelum menganalisis suatu struktur, perlu digunakan nilai kombinasi pembebanan menurut SNI. Adapun beberapa kombinasi pembebanan yang disyaratkan oleh SNI 1727-2013 pasal 2.4.1 yakni :

1. D
2. D+L
3. D + 0,6  $W_{kanan}$
4. 0,6 D + 0,6  $W_{kanan}$
5. D + 0,6  $W_{kiri}$
6. 0,6 D + 0,6  $W_{kiri}$

Keterangan :

- D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk

- dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap
- L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain
  - W adalah beban angin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan evailuasi ini meliputi redesain menggunakan peraturan SNI 1729-2013 diperoleh kekuatan elemen struktur yang dapat menunjukkan kegagalan yang terjadi pada struktur rangka atap. Penampang yang mengalami kegagalan adalah sebagai berikut:

(1) Kapasitas Tarik profil C 100.75.75 dengan tebal 75 mm

Diketahui:

Ag	= 117 mm <sup>2</sup>
n lubang	= 4
Kt	= 0.85
diameter lubang, df	= 5,5 mm
fy	= 550 MPa
tebal, t	= 0,8 mm
fu = 1.17 *fy	= 643.5Mpa

Perhitungan luas efektif:

$$A_n = Ag - (n_{\text{lubang}} \cdot d_f \cdot t) = 99,4 \text{ mm}^2$$

Kapasitas Tarik pada profil

$$P_n = A_g \cdot f_y = 6.435 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0.85 \cdot k_t \cdot A_n \cdot f_u = 46,214 \text{ kN}$$

Pemeriksaan kapasitas Tarik

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$(P_u = 34,038 \text{ kN}) \leq (\phi P_n = 46,214 \text{ kN})$$

(2) Pemeriksaan Kapasitas Batang Tekan

Diketahui:

N <sub>u</sub>	= 3.94 kN
I <sub>ey</sub>	= 1440 mm <sup>4</sup>
f <sub>y</sub>	= 550 MPa
E	= 2.10 <sup>5</sup> MPa
r <sub>y</sub>	= 19.84 mm
t	= 0.75 mm
I <sub>w</sub>	= 9.10 <sup>15</sup> mm <sup>4</sup>
G <sub>x</sub>	= 80000 MPa
A <sub>x</sub>	= 117 mm <sup>2</sup>
J <sub>x</sub>	= 37.34
k	= 4
r <sub>o1</sub>	= 59.34 mm
I <sub>ez</sub>	= 1440 mm <sup>4</sup>

$$v = 0,3$$

$$f_u = 643.5 \text{ Mpa}$$

$$\phi_c = 0.85$$

Penyelesaian :

Perhitungan gaya tekuk elastis

Untuk bentang (1) panjang lp= 1,697 m.

Tegangan tekuk elastis dalam komponen tekan sumbu y

$$f_{ox} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{I_{ey}}{r_y}\right)^2} = 374,704 \text{ MPa}$$

Tegangan tekuk elastis dalam kompoenen tekan sumbu z :

$$f_{oz} = \frac{G_x J_x}{A_x r_{o1}^2} \left(1 + \frac{\pi^2 E I_w}{G_x J_x I_{ez}}\right)$$

$$= 2,995 \times 10^{25} \text{ MPa} \text{ (SNI pasal 3.3.3.2.12)}$$

Kapasitas tekuk elastis diambil terkecil dari:

$$f_{ox} = 374,704 \text{ Mpa}$$

$$f_{oz} = 2,995 \times 10^{25} \text{ Mpa}$$

$$\beta := 0.3254$$

$$f_{oc} = \frac{f_{oz} f_{ox}}{(f_{oz} + f_{ox})} = 374,704 \text{ MPa}$$

Tegangan tekuk elastis : f<sub>oc</sub> = 374,704Mpa

Rasio Kelangsingan tegangan :

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{f_y}{f_{oc}}} = 1,212 > 1,5 \dots \text{(SNI pasal 3.4.1.5)}$$

maka, perhitungan kritis:

$$f_n = 0,658^{\lambda_c^2}$$

$$f_y = 297,543 \text{ MPa} \dots \text{(SNI pasal 3.4.1.b)}$$

Perhitungan efektifitas sayap

$$b_1 = 40 \text{ mm} - 2(R_x + t) = 38,5 \text{ mm}$$

Perhitungan tekuk elastis

$$f_{cr} = \frac{k \pi^2 E}{12(1 - v^2)} \left(\frac{t}{b_1}\right)^2 = 274,39 \text{ MPa}$$

Rasio kelasngsingan tegangan:

$$\lambda = \sqrt{\frac{f_u}{f_{cr}}} = 1,531 \text{ (SNI pasal 2.2.1.2.4)}$$

Perhitungan faktor lebar efektif:

$$\rho = \frac{1 - 0,22}{\lambda} = 0,559$$

$$\rho \leq 1 \text{ (SNI pasal 2.2.1.2.3)}$$

Perhitungan lebar efektif desain:

$$b_e = \rho \cdot b_1 = 21,529 \text{ mm}$$

Perhitungan efektivitas dari badan :  
 $b_2=75\text{mm} - 2(R_x+t) = 73,5\text{mm}$

Perhitungan tegangan tekuk elastis:

$$f_{cr2} = \frac{k\tau^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left(\frac{t}{b_2}\right)^2 = 75,286\text{MPa}$$

Rasio Kelangsingan tegangan :

$$\lambda = \sqrt{\frac{f_u}{f_{cr2}}} = 2,924 \quad \lambda > 0,673$$

Perhitungan lebar efektif desain:

$$b_{e2} = \rho \cdot b_2 = 23,248 \text{ mm}$$

Perhitungan luas efektif

Asumsi : Sekrup,  $n_s = 2$

diameter,  $d_f = 5,5 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_e &= (A_x - n_s \cdot d_f \cdot t) - [(b_1 \cdot t) \\ &= (b_e \cdot t) + 2[(75\text{mm} \cdot t) \\ &= (52,43\text{mm} \cdot t)] = 62,167 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan komponen struktur nominal tekan

$$N_c = A_e \cdot f_n = 1,85 \times 10^4 \text{ N}$$

Jadi komponen struktur nominal tekan adalah  $1,85 \times 10^4 \text{ N}$

Perhitungan penampang nominal tekan:

$$\begin{aligned} N_s &= A_e \cdot f_y \\ &= 3,419 \times 10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

Pemeriksaan kapasitas aksial terhadap gaya aksial:  
untuk  $l_x = 1,697 \text{ m}$

$$N_u < \phi_c N_c$$

$$\phi_c N_c = 1,572 \times 10^4 \text{ N} \dots \dots \dots \text{ok}$$

$$N_u < \phi_c N_s$$

$$\phi_c N_s = 2,906 \times 10^4 \text{ N} \dots \dots \dots \text{ok}$$

Jadi kapasitas batang tekan tersebut sudah memenuhi syarat.

## (2) Analisis Keruntuhan Struktur Rangka Atap dengan SAP 2000

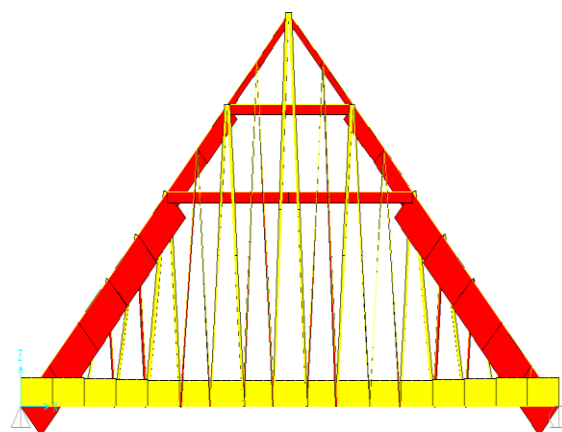
Analisis keruntuhan struktur rangka atap dilakukan dengan mengaplikasikan berbagai beban pada struktur rangka atap sesuai SNI 7971-2013. Hasil yang diperoleh berupa besarnya gaya batang yang bekerja pada elemen rangka batang sehingga

diketahui elemen yang paling berpengaruh pada kestabilan struktur.

### A. Gaya Batang akibat beban sendiri pada masa konstruksi

Pengecekan model konstruksi dilakukan untuk mengetahui apakah pada saat struktur dipasang sanggup memikul beban berat sendiri elemen baja ringan. Berdasarkan perhitungan beban berat sendiri struktur adalah sebesar  $8300 \text{ kg/m}^3$ . Untuk mengetahui kemampuan elemen tarik dan tekan dalam menahan beban maka kapasitas batang ( $P_n$ ) harus lebih besar dari beban terfaktor ( $P_u$ ).

Berikut ini adalah gambar diagram gaya batang akibat beban sendiri selama masa konstruksi. Gaya dalam yang bekerja pada elemen tarik dan tekan adalah gaya aksial tarik dan tekan. Pada Gambar 2 diperlihatkan jenis gaya batang sesuai dengan warna kontur. Warna merah menandakan batang mengalami tekan dan warna kuning memperlihatkan batang mengalami tarik.



Gambar 2. Kontur Gaya Dalam Akibat Beban Sendiri

Pemeriksaan Gaya dalam tarik selanjutnya dilakukan dan hasil rekapitulasi kapasitas batang tarik ditampilkan dalam Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1. batang yang mengalami gaya aksial terbesar adalah batang nomor 1 sebesar  $1,112 \text{ kN}$ . sedangkan kapasitas penampang batang tariknya adalah sebesar  $64,35 \text{ kN}$ . Sehingga dapat di simpulkan batang tarik tersebut masih memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban akibat berat sendiri. Pemeriksaan Gaya dalam dan hasil rekapitulasi kapasitas batang tekan ditampilkan dalam Tabel 2.

Dari hasil evaluasi yang terlihat pada Tabel 2. Diketahui struktur masih mampu memikul beban akibat berat sendiri pada masa konstruksi. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa *stress ratio* cukup kecil, yang berarti kestabilan struktur pada masa konstruksi dapat terjamin.

**Tabel 1. Rekapitulasi kapasitas batang tarik**

Frame	An	Pu	Pn = Ag.fy	0,9Pn	Pu< 0.9P n
Text	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(kN)	(kN)	
1	117	1.112	64.35	46.214	ok
2	117	1.099	64.35	46.214	ok
3	117	1.068	64.35	46.214	ok
4	117	1.028	64.35	46.214	ok
5	117	0.992	64.35	46.214	ok
6	117	1.012	64.35	46.214	ok
7	117	1.002	64.35	46.214	ok
8	117	1.016	64.35	46.214	ok
9	117	1.005	64.35	46.214	ok
10	117	1.016	64.35	46.214	ok
11	117	1.001	64.35	46.214	ok
12	117	1.006	64.35	46.214	ok
13	117	0.991	64.35	46.214	ok
14	117	1.028	64.35	46.214	ok
15	117	1.068	64.35	46.214	ok
16	117	1.099	64.35	46.214	ok
17	117	1.112	64.35	46.214	ok
37	117	0.036	64.35	46.214	ok
39	117	0.106	64.35	46.214	ok
41	117	0.177	64.35	46.214	ok
43	117	0.22	64.35	46.214	ok
44	117	0.169	64.35	46.214	ok

47	117	0.138	64.35	46.214	ok
48	117	0.184	64.35	46.214	ok
51	117	0.199	64.35	46.214	ok
52	117	0.185	64.35	46.214	ok
55	117	0.185	64.35	46.214	ok
56	117	0.107	64.35	46.214	ok
59	117	0.141	64.35	46.214	ok
60	117	0.22	64.35	46.214	ok
62	117	0.177	64.35	46.214	ok
64	117	0.106	64.35	46.214	ok

**Tabel 2. Rekapitulasi kapasitas batang tekan**

Nomor Elemen	Panjang batang, ley (m)	Pembebanan Berat Sendiri Pu (kN/m)	Nc	Ns	ok/n ot ok
18	1.5790	-1.586	15.25	31.92	ok
19	1.6969	-1.577	13.6	31.92	ok
20	1.6969	-1.555	13.6	31.92	ok
21	1.6969	-1.511	13.6	31.92	ok
22	1.697	-1.424	13.6	31.92	ok
23	1.6971	-0.787	13.6	31.92	ok
24	1.6968	-0.802	13.6	31.92	ok
25	1.6970	-0.293	13.6	31.92	ok
26	1.8546	-0.296	11.51	31.92	ok
27	1.9315	-0.274	10.56	31.92	ok
28	1.6970	-0.28	13.6	31.92	ok
29	1.7455	-0.767	12.95	31.92	ok
30	1.6497	-0.794	13.6	31.92	ok
31	1.6971	-1.413	13.6	31.92	ok
32	1.6969	-1.5	13.6	31.92	ok
33	1.6970	-1.544	13.6	31.92	ok
34	1.6969	-1.566	13.6	31.92	ok
35	1.5789	-1.576	15.25	31.92	ok
36	1.1332	-0.004271	21.82	31.92	ok
38	2.3394	-0.036	6.312	31.92	ok
39	3.6605	0.075	0.602	31.92	ok
40	3.5469	-0.091	0.768	31.9	ok



#### Gambar 4. Hasil desain (rasio) batang akibat kombinasi pembebanan

### KESIMPULAN

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa elemen rangka atap baja canai dingin pada gedung x masih belum memenuhi kriteria perencanaan SNI 7971-2013. Elemen tekan tidak stabil setelah diaplikasikan beban yang telah dikombinasikan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kemenristek Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui skim Penelitian Dosen Pemula tahun 2017.

### DAFTAR PUSTAKA

Amalia, R., 2012. *Studi eksperimental dan analisis rangka atap tipe howe menggunakan profil baja ringan*. Tugas Akhir Program S1 Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan.

Ariyavinanta, E., 2015. *Pengembangan Spreadsheet untuk Perhitungan Kapasitas Baja Canai Dingin dengan Pengaku Berdasarkan SNI 7971:2013*. Tugas Akhir Program S1

Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Canai Dingin*. SNI 03-7971-2013, Bandung.

J.Rhodes., 2013. *Cold Formed Steel Structure*. Cambridge University Press, Cambridge.

Kurniawan, 2008. *Analisis Baja Ringan dengan Baja Konvensional*. Tugas Akhir Program S1 Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Bandung.

Nur, K., 2012. *Analisis Stabilitas Elemen Baja Ringan Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Baja Konvensional Pada Rangka Batang (Studi Kasus Rangka Atap Gedung Fakultas Teknik UNG)*. Laporan Penelitian BNPB Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo.

Rahmat, S., B. 2010. *Stabilitas Kuda-Kuda Baja Ringan Star Truss Type C (studi kasus : Pengujian kuda-kuda Baja Ringan Bentang 6 m)*. Tugas Akhir Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sulaeman, dkk., 2013. Artikel: *Analisa Beban Ultimit Struktur Rangka Atap Sentris Dan Non Sentris Menggunakan Profil Baja Ringan*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Palembang.