Jurnal Karkasa
Vol. 9 No. 2 2023, e-ISSN: 2721-9534

PENGARUH BENTUK GEOMETRI BATANG TERHADAP STABILITAS STRUKTUR RANGKA BATANG

Yusverison Andika[1], Suriano Buyung[2]
[1,2]Politeknik Saint Paul Sorong
Email : andikayusverison@gmail.com

Abstrak

Kuda-kuda dengan bentuk rangka batang sudah banyak digunakan dalam konstruksi saat ini. Bentuk rangka batang sangat dipengaruhi oleh banyaknya batang penyusun serta bentuk geometriknya. Rangka batang Tipe *howe* dan *pratt* paling umum digunakan sebagai bentuk kuda-kuda. Perbedaan kedua bentuk rangka batang tersebut terletak pada arah batang diagonalnya. Selain batang diagonal kedua bentuk rangka batang tersebut tetap menggunakan batang vertikal. Untuk mendesain struktur rangka kuda-kuda, pertama yang harus dilakukan membuat desain awal dari bentuk struktur yang akan direncanakan. Dalam penelitian ini perhitungan menggunakan software STAADPro untuk mengaplikasikan desain model awal ini ke dalam permodelan struktur dua dimensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk geometri batang mempengaruhi besarnya gaya batang dan jenis gayanya serta perubahan batang vertikal menjadi diagonal pada rangka tipe *Pratt* menjadikan stabilitas struktur menjadi lebih baik karena perpindahan titik buhul menjadi lebih kecil. Dari ketiga model yang telah dibahas rangka batang tipe *Howe* merupakan struktur rangka batang yang paling baik karena paling kecil perpindahan titik buhulnya.
Kata Kunci : *Howe*, *Pratt,* Batang Tarik, Batang Tekan, Titik buhul

1. PENDAHULUAN

Saat ini, kuda-kuda rangka atap baja menjadi sangat populer di industri konstruksi. Karena sifat bahan baja yang menguntungkan dalam industri konstruksi, kuda rangka atap baja sering digunakan. Sebagai bahan konstruksi, bahan baja memiliki banyak keunggulan. Ini termasuk kekuatan yang tinggi, keseragaman dimensi penampang, daktilitas yang tinggi, modulus elastisitas yang sama untuk tarik dan tekan, dan dapat digunakan dalam bentangan yang relatif besar serta cukup kuat untuk konstruksi terlindung. Untuk mencegah biaya yang berlebihan selama perangkaian kuda-kuda, jumlah material baja yang dibutuhkan untuk membuat struktur kuda-kuda harus diperhitungkan dengan cermat dan bijaksana. Semakin kecil jumlah material yang dibutuhkan untuk membuat struktur kuda-kuda, semakin hemat biaya.

Dengan banyaknya bentuk rangka kuda yang tersedia di industri konstruksi, perencana harus memilih rangka kuda yang paling hemat biaya untuk bahan dan operasi di lapangan. Pemilihan rangka kuda harus dilakukan dengan hati-hati dan tepat, dan rangka kuda harus sesuai dengan bahan yang akan digunakan, yaitu baja. Bentuk rangka batang sangat dipengaruhi oleh banyaknya batang penyusun serta bentuk geometriknya. Rangka batang Tipe howe dan pratt paling umum digunakan sebagai bentuk kuda-kuda. Disisi lain kedua tipe tersebut diatas memiliki bentuk yang mirip dengan perbedaan terletak pada arah batang diagonalnya. Selain batang diagonal kedua bentuk rangka batang tersebut tetap menggunakan batang vertikal. Dalam penelitian ini akan dilakukan perubahan bentuk geometri batang vertikal menjadi batang diagonal, apakah perubahan tersebut berpengaruh terhadap kestabilan struktur atau tidak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem struktural yang terdiri dari elemen-elemen yang saling berhubungan yang membentuk jaringan atau bingkai disebut rangka batang. Rangka batang terbuat dari berbagai bahan, seperti kayu, baja, aluminium, dan sebagainya, dan berfungsi untuk memikul beban dan menjaga struktur bangunan stabil. Dalam struktur rangka batang, titik simpul atau buhul dapat berupa sambungan las, baut, atau sambungan struktural lainnya. Titik simpul dianggap sebagai sendi di mana gaya luar bekerja melalui mereka. Truss yang efektif harus memiliki kekakuan dan stabilitas yang cukup untuk menahan beban yang bekerja pada struktur, termasuk angin atau gempa bumi. Biasanya, rangka batang segitiga terdiri dari batang lurus seperti balok, kolom, dan diagonal yang terhubung pada titik sambungan yang disebut buhul atau simpul. Karena segitiga adalah bentuk yang stabil dan tidak mudah berubah, maka bentuk segitiga tetap akan memberikan bentuk yang stabil dan kokoh. Ini adalah prinsip dasar penggunaan rangka batang untuk gedung karena bentuk kaku yang lebih besar dapat dibuat dengan memperbesar segitiga. Sekali lagi, beban eksternal menyebabkan tekan mumi atau tarik murni pada

setiap batang. Dalam rangka batang yang hanya memikul beban vertikal, setiap batang biasanya menunjukkan gaya tarik atau tekan, dan batang tepi bawah biasanya menunjukkan gaya tarik. Hal ini menyebabkan pola berganti ganti gaya tarik dan tekan.

2.1. Konfigurasi Rangka Batang

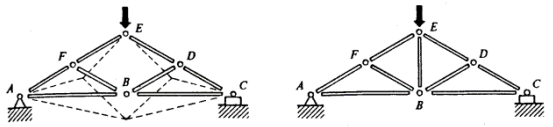
Rangka batang adalah susunan elemen linear yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga sehingga apabila diberi beban eksternal, satu atau lebih batangnya tidak berubah bentuknya menjadi rangka yang tidak dapat berubah bentuk. Setiap komponen tersebut secara khusus dianggap terhubung pada titik hubungan sendi karena struktur batang sedemikian rupa sehingga semua beban dan reaksi hanya terjadi pada titik hubungan tersebut.

2.2. Gaya Pada Rangka Batang

Persamaan dasar keseimbangan dapat digunakan untuk mengetahui perilaku gaya setiap batang pada rangka batang. Untuk konfigurasi batang sederhana, sifat gayanya (tarik atau tekan) dapat diketahui ketika batang tersebut memikul beban. Hal ini dapat dilakukan dengan menunjukkan bentuk deformasi yang mungkin dari struktur yang akan terlihat ketika batang yang hendak diketahui sifat gayanya dibayangkan tidak ada. Dengan demikian, sifat gaya tarik atau tekan.

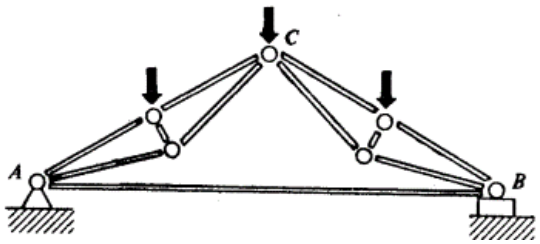
2.3. Stabilitas

Langkah pertama dalam analisis rangka batang selalu menentukan apakah konfigurasi rangka batang stabil. Dengan melihat apakah setiap titik selalu memiliki hubungan yang tetap terhadap titik hubung lain, maka kita dapat mengetahui apakah suatu rangka stabil atau tidak karena tekanan dari luar. Secara umum, rangka batang dengan susunan bentuk dasar segitiga adalah struktur yang stabil. Pola susunan batang yang tidak segitiga biasanya lebih perlu diperhatikan.



Gambar 1. Konfigurasi batang stabil dan tidak stabil (Schodek, 1999)

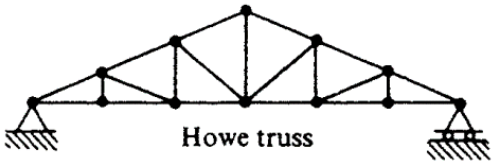
Pada gambar 1 diatas sebelah kiri terdapat bentuk yang tidak segitiga sehingga konfigurasi menjadi tidak stabil tidak, sedangkan pada bagian kanan semua bentuk segitiga sehingga konfigurasi menjadi stabil. Namun ada kalanya terdapat bentuk yang bukan segitiga akan tetapi konfigurasinya stabil seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Kestabilan terjadi karena titik simpul terdiri dari 3 batang atau lebih



Gambar 2. Rangka stabil dengan pola bukan segitiga (Schodek, 1999)_

2.4. Rangka batang Howe

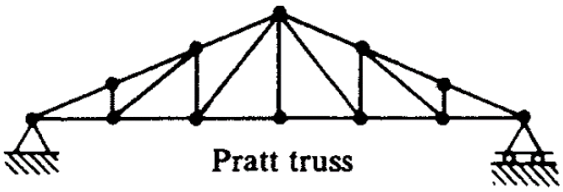
Dalam abad ke-19, rangka batang Howe, yang diciptakan oleh William Howe, digunakan secara luas dalam pembangunan bangunan, terutama untuk jembatan, gudang, dan struktur industri. Struktur ini terdiri dari balok dan tiang yang saling terhubung dalam bentuk huruf "M". Struktur ini dikembangkan dan dikenal karena mampu mendukung beban vertikal dengan baik.



Gambar 3. Kuda kuda Rangka Tipe *Howe* (Yuan-yu Hsieh, 1985)

2.5 Rangka batang *PRATT*

Dua insinyur kereta api dari Boston, Caleb Pratt dan putranya, Thomas Willis Pratt, membuat paten untuk rangka Pratt pada tahun 1844. Untuk mentransfer gaya beban vertikal dan horizontal ke tiang atau fondasi, rangka batang Pratt terdiri dari batang atas (chord atas), batang bawah (chord bawah), dan batang diagonal yang terhubung dalam pola segitiga membentuk huruf "W".



Gambar 4. Kuda kuda Rangka Tipe *Pratt* (Yuan-yu Hsieh, 1985)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada tahap perencanaan struktur kuda-kuda ini dilakukan beberapa tahapan. Berikut adalah tahapan dalam desain perencanaan struktur kuda-kuda :

1. Pemodelan Analisis Struktur

Untuk mendesain struktur rangka kuda-kuda, pertama-tama dibuat desain prototipe dari bentuk struktur yang akan direncanakan dengan metode coba-coba. Kemudian, penulis mengaplikasikan desain model awal ini ke dalam permodelan struktur dua dimensi dengan software STAADPro.

2. Perhitungan Pembebanan Elemen Struktur

Perhitungan pembebanan struktur didasarkan pada SNI 1727-2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan serta SNI 1729 2020 tentang Spesifikasi untuk bangunan Gedung baja struktural

3. Input Beban dan Kombinasi Pembebanan pada Program STAADPro

Setelah menentukan semua beban, nilainya dapat dimasukkan ke dalam struktur yang telah dimodelkan. Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI 1729-2020, yaitu:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6 Lr + 0,5W
3. 1,2D + 1,0W + 0,5 Lr

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data perencanaan

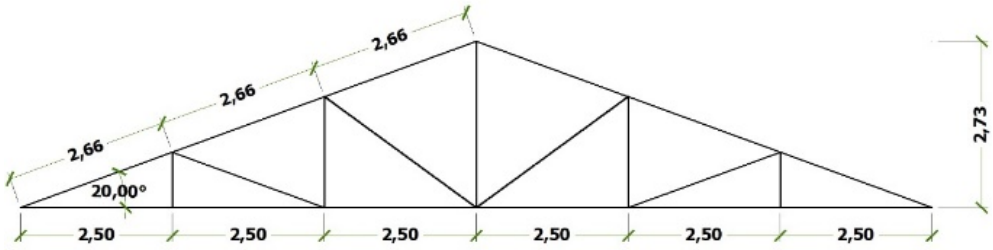
Data perencanaan yang akan dimasukkan dalam perhitungan sebagai berikut :

- Jarak antar gording 1 m
- Profil gording *light lip channels* 150.50.20.3.2
- Jarak antar kuda-kuda 4 m
- bentangan kuda-kuda 15 m
- Sudut kemiringan 20^0
- Penutup atap menggunakan Spandek dengan berat 2.98 Kg/m^2
- Berat Plafon dan penggantung 18 Kg/m^2
- Profil Rangka batang menggunakan baja Siku 40.40.6
- Tegangan leleh minimum (fy) = 2400 Kg/cm2
- Tegangan putus minimum (fu) = 3700 Kg/cm^2
- Beban hidup diambil 100 Kg

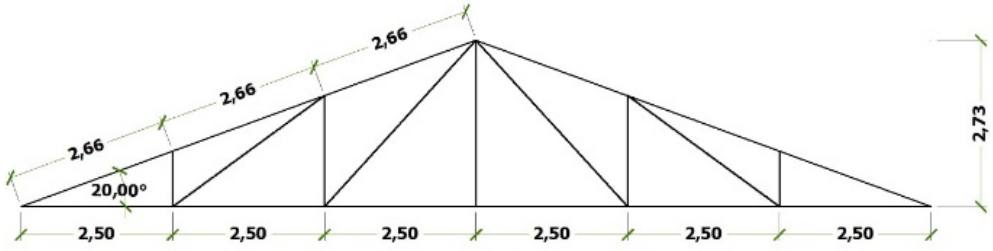
Dari data tersebut diatas didapat pembebanan sebagai berikut :

- Beban buhul atas 42.58 Kg
- Beban buhul bawah 180 Kg
- Beban angin tekan 41.157 Kg
- Beban angin Hisap 78.573 Kg

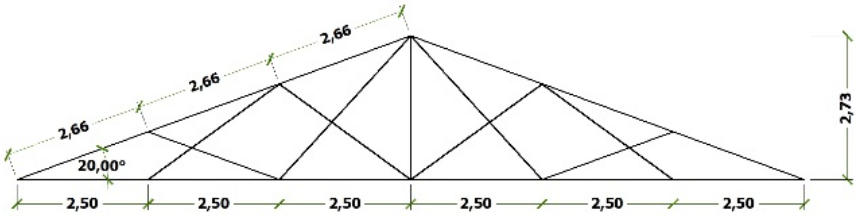
Bentuk geometri kuda-kuda yang akan di analisis terlihat seperti gambar 4,5 dan 6.



Gambar 5. Rangka Tipe *Howe* (Model 1)



Gambar 6. Rangka Tipe *Pratt* (Model 2)



Gambar 7. Rangka Modifikasi (Model 3)

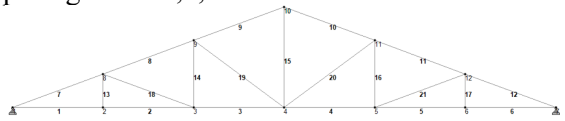
4.2. Data perencanaan

Dari hasil perhitungan gaya batang dengan program StaadPro untuk ketiga model dapat dilihat pada tabel 1

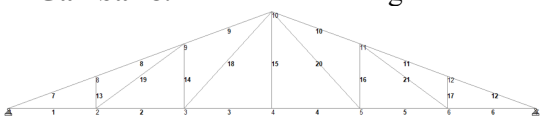
Tabel 1. Gaya Batang

No. Batang	Model 1 (Kg)	Model 2 (Kg)	Model 3 (Kg)
1	545.81 (Tarik)	1235.61 (Tarik)	773.00 (Tarik)
2	546.04 (Tarik)	161.97 (Tekan)	475.73 (Tarik)
3	799.94 (Tekan)	1069.34 (Tekan)	979.63 (Tekan)
4	799.97 (Tekan)	1069.30 (Tekan)	979.62 (Tekan)
5	545.90 (Tarik)	161.92 (Tekan)	475.96 (Tarik)
6	546.04 (Tarik)	1235.94 (Tarik)	773.21 (Tarik)
7	6204.53 (Tekan)	6204.47 (Tekan)	6204.56 (Tekan)
8	4967.01 (Tekan)	6203.37 (Tekan)	5283.42 (Tekan)
9	3768.44 (Tekan)	4959.08 (Tekan)	4259.31 (Tekan)
10	3768.37 (Tekan)	4958.79 (Tekan)	4259.26 (Tekan)
11	4967.09 (Tekan)	6202.89 (Tekan)	5283.32 (Tekan)
12	6204.85 (Tekan)	6204.74 (Tekan)	6204.72 (Tekan)
13	252.12 (Tarik)	629.35 (Tekan)	-
14	639.01 (Tarik)	1032.71 (Tekan)	-
15	1764.93 (Tarik)	252.02 (Tarik)	1096.84 (Tarik)
16	638.78 (Tarik)	1032.38 (Tekan)	-
17	252.08 (Tarik)	629.09 (Tekan)	-
18	1236.58 (Tekan)	1693.20 (Tarik)	719.58 (Tarik)
19	1414.46 (Tekan)	1437.01 (Tarik)	428.31 (Tarik)
20	1414.28 (Tekan)	1692.81 (Tarik)	719.51 (Tarik)
21	1236.14 (Tekan)	1436.46 (Tarik)	428.28 (Tarik)
22	-	-	919.80 (Tekan)
23	-	-	813.33 (Tekan)
24	-	-	813.20 (Tekan)
25	-	-	920.01 (Tekan)

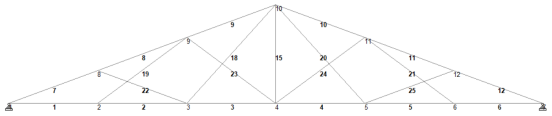
Untuk mengetahui posisi batang dapat dilihat pada gambar 8,9,dan 10



Gambar 8. Penomoran Batang Model 1



Gambar 9. Penomoran Batang Model 2



Gambar 10. Penomoran Batang Model 3

Dari data gaya batang pada tabel 1 dapat dilihat bahwa perbedaan bentuk geometri batang menyebabkan perbedaan besaran gaya batang dan jenis gaya batangnya (gaya tarik/tekan).

4.3. Rasio Gaya batang terhadap gaya nominal

Dari hasil perhitungan rasio gaya batang terhadap gaya nominal batang dengan program StaadPro untuk ketiga model dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rasio gaya batang terhadap gaya nominal

No. Batang	Rasio (Actual/Allowable)		
	Model 1	Model 2	Model 3
1	0.009	0.018	0.012
2	0.007	0.002	0.006
3	0.011	0.014	0.013
4	0.011	0.014	0.013
5	0.007	0.002	0.006
6	0.008	0.017	0.011
7	0.419	0.419	0.419
8	0.412	0.428	0.416
9	0.394	0.411	0.401
10	0.394	0.410	0.401
11	0.412	0.428	0.416
12	0.420	0.420	0.420
13	0.003	0.009	
14	0.008	0.014	
15	0.023	0.003	0.014
16	0.008	0.014	
17	0.003	0.009	
18	0.017	0.021	0.009
19	0.019	0.018	0.005
20	0.019	0.022	0.009
21	0.017	0.018	0.005
22			0.013
23			0.011
24			0.011
25			0.012

Dari tabel diatas penggunaan profil siku 40.40.6 aman dengan untuk semua model karena besaran rasionya dibawah 1.

4.4. Perpindahan titik buhul

Dari hasil perhitungan perpindahan titik buhul dengan program StaadPro untuk ketiga model dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perpindahan Titik Buhul

No. Titik Buhul	Model 1		Model 2		Model 3	
	Sb. X (mm)	Sb.y (mm)	Sb. X (mm)	Sb.y (mm)	Sb. X (mm)	Sb.y (mm)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.04	2.30	0.08	3.40	0.05	2.73
3	0.07	2.94	0.09	3.69	0.08	3.25
4	0.05	3.03	0.03	3.38	0.05	3.15
5	0.07	2.94	0.09	3.69	0.08	3.25
6	0.04	2.30	0.08	3.40	0.05	2.73
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.39	2.30	0.80	3.41	0.44	2.44
9	0.26	2.91	0.47	3.74	0.25	2.95
10	0.02	2.91	0.05	3.37	0.03	3.07
11	0.26	2.91	0.47	3.74	0.25	2.95
12	0.39	2.30	0.80	3.41	0.44	2.44

Perubahan batang vertikal menjadi batang diagonal pada model 2 seperti yang terlihat pada model 3 memperkecil perpindahan titik buhul sehingga dapat dikatakan bahwa stabilitas struktur rangka batang menjadi lebih baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data maka dapat disimpulkan:

a. Bentuk geometri batang mempengaruhi besarnya gaya batang dan jenis gayanya
b. Dari ketiga model yang sudah dibahas model 1 (rangka tipe *howe*) mempunyai stabilitas struktur yang lebih baik karena memiliki perpindahan titiknya buhul yang lebih kecil dibandingkan 2 model lainnya
c. Mengubah batang vertikal menjadi batang diagonal pada model 2 menjadikan struktur lebih baik karena mengurangi perpindahan titik buhul

6. DAFTAR PUSTAKA

BSN. (2020). Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta.

BSN. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta.

Setiawan, A. (2008). Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Jakarta: Erlangga.

Schodek, D. L. (1991). Struktur. Bandung: Erlangga.

Holmes, J. (2002). *Design Wind Speed for the Asia-Pasific Region.* Sydney: Standard Australia International Ltd.

ASCE/SEI. (2013). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (Vols. 7-10)*. Virginia: American Society of Civil Engineers.

Segui, W. T. (2013). *Steel Design*. Boston: Nelson Education Ltd.