

Evaluasi Perencanaan Struktur Kuda-kuda Baja Gedung Kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru *Evaluation of the Structural Design of Steel Roof Truss of Airport Cargo Buildings Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru*

Afti Suhajri & Sri Hartati Dewi
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl.Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru-28284

Abstrak

Penelitian ini dilakukan pada perencanaan struktur kuda-kuda baja gedung kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru. Kuda-kuda tersebut memiliki bentang yang cukup besar yaitu 21,6 m dengan jarak antar kuda-kuda 7,2 m. Bentangan yang besar akan memberikan pengaruh yang besar juga terhadap pembebanan yang akan dipikul oleh kuda-kuda dan lendutan yang akan terjadi. Penelitian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan profil tersebut dalam memikul beban-beban yang ada dan untuk mengetahui seberapa besar lendutan yang terjadi, apakah telah memenuhi persyaratan. Penggunaan bahan yang efisien akan berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan, sehingga akan dilakukan juga penelitian untuk mengetahui sejauh mana efisiensi dari profil tersebut. Pembebanan yang dipikul oleh kuda-kuda gedung kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru akan dihitung sesuai dengan ketentuan PPIUG 1983 dengan faktor beban sesuai dengan SNI 03-1729-2002. Metode yang digunakan dalam analisa gaya dalam dan lendutan pada kuda-kuda portal *gable* adalah metode matrik kekakuan langsung untuk sistem portal 2 dimensi. Untuk pengecekan terhadap profil baja dan sambungan digunakan SNI 03-1729-2002 yang mengacu pada metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa profil CNP 125.50.20.3,2 yang digunakan pada gording mempunyai kekuatan yang cukup dalam memikul beban-beban yang ada dengan sisa kekuatan sebesar 12,23%, tetapi lendutan yang terjadi masih terlalu besar melebihi lendutan izin yaitu 3,42 cm > 3 cm lendutan izin. Untuk profil WF 350.175.7.11 yang digunakan pada kuda-kuda cukup kuat dalam memikul beban-beban yang ada dengan sisa kekuatan profil sebesar 48,93% pada profil balok dan 60,55% pada profil kolom. Lendutan vertikal yang terjadi pada kuda-kuda adalah sebesar 0,55 cm < 9 cm lendutan izin, dan lendutan horizontal sebesar 0,03 cm < 0,2 cm lendutan izin. Profil yang digunakan di lapangan masih terlalu boros jika dibandingkan dengan profil alternatif dengan perbedaan berat sebesar 16,73%. Hasil analisa profil alternatif, profil WF 346.174.6.9 untuk balok *rafter* didapat sisa kekuatan sebesar 33,18%, dan profil WF 175.175.7,5.11 untuk kolom sebesar 20,66%, sehingga profil alternatif pun masih cukup kuat memikul beban-beban yang ada.

Kata-kata kunci : Beban, Efisiensi, Kekuatan, Kuda-kuda, Lendutan, Profil Baja

Abstract

This research was doing on the structural design of steel roof truss of Airport Cargo buildings Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru. The roof truss has a wide span, that is 21,6 m with a distance of 7,2 m between the roof truss. Wide span will give a considerable influence on the load to be received the roof truss and the deflection which will occur. Research was conducted to determine the extent of the strength of profile to shouldering the load of structure and to determine the deflection which will occur as a result of the load, is eligible or not. The efficient use of material will influence the costs to be incurred, so it will be tested to determine efficiency of the profile used. The load to be received by the roof truss of Airport Cargo buildings Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru will be analyzed in accordance with the provisions of PPIUG 1983 with a load factor according to SNI 03-1729-2002. The method

used to analyze of the forces and deflection on the roof truss of gable frame types is stiffness matrix method for plane frame system. To check the use of steel profiles and joint by using SNI 03-1729-2002 which refers to the LRFD (Load and Resistance Factor Design) method. From the results of this research conclude that CNP 125.50.20.3.2 is used on the gording has strength to shouldering the load of existing with the rest strength is 12,23%, but the deflection occurs still too large exceeding the limit, that is 3,42 cm > 3 cm the limit of allowable deflection. For WF 350.175.7.11 is used on the roof truss has strength to shouldering the load of existing with the rest strength is 48,93% on the rafter beam profile and 60,55% on the column profile. The vertical deflection occurs on the roof truss is 0,55 cm < 0,2 cm the limit of allowable deflection. The profile used in the design is still inefficient when compared to alternative profile with a difference of a weight is 16,73%. The result of the analysis of alternatives profile, the WF 346.174.6.9 on the rafter beam has the rest strength is 33,18%, and the WF 175.175.7.5.11 on the column has the rest strength is 20,66%, so the alternative profile still has strength for shouldering the load existing.

Key words : *Load, Efficiency, Strength, Roof trust, Deflection, Steel profile*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam melaksanakan suatu pembangunan, khususnya bangunan gedung, perhitungan terhadap konstruksi kuda-kuda perlu diperhatikan disamping konstruksi lainnya. Pentingnya perhitungan konstruksi kuda-kuda pada suatu bangunan gedung disebabkan karena kuda-kuda merupakan konstruksi utama penyangga atap. Perhitungan yang tepat akan mendapatkan struktur yang aman dan efisien dalam penggunaan material.

Kuda-kuda pada gedung kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru memiliki bentang yang lebar, yaitu 21,6 m dengan jarak antar kuda-kuda (bentang gording) yaitu 7,2 m. Rangka kuda-kuda yang digunakan adalah rangka kuda-kuda tipe portal *gable*. Portal *gable* tersebut menggunakan profil WF (*Wide Flange*) dan pada gording digunakan Profil kanal kait.

Suatu struktur yang aman harus memenuhi syarat-syarat teknisnya. Selain syarat kekuatan yang harus dipenuhi, syarat terhadap batas lendutan memegang peranan penting pada perencanaan bangunan bentang lebar. Pada portal *gable*, lendutan yang terjadi pada balok *rafter* akan mengakibatkan kepala kolom menerima gaya yang menyebabkan lendutan horizontal disamping pengaruh beban lateral seperti beban angin. Semakin besar lendutan pada Balok *rafter* tersebut, maka akan semakin besar juga lendutan horizontal yang terjadi. Menurut Setiawan (2008:89), dalam beberapa kasus masalah batas lendutan lebih menentukan dalam pemilihan profil daripada kekuatan profil. Profil yang cukup kuatpun bisa saja melendut melebihi batas lendutan izin.

Untuk mendapatkan struktur kuda-kuda dengan bentang lebar yang aman dan juga efisien, diperlukan ketelitian dalam memilih profil yang akan digunakan. Apabila terjadi ketidaksesuaian dalam perencanaan, maka dampaknya adalah pemborosan dalam penggunaan material. Dampak lainnya adalah profil yang digunakan tersebut tidak sesuai dengan persyaratan teknis.

LANDASAN TEORI

Desain LRFD Struktur Baja

Penelitian ini mengikuti persyaratan SNI 03-1729-2002 yang memegang konsep LRFD (*load and resistance factor design*). Suatu struktur dikatakan aman apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \dots\dots\dots 1$$

Keterangan:

ϕ = faktor keamanan untuk sisi kekuatan atau disebut faktor reduksi kekuatan (*resistence/ strength reduction factor*).

R_n = kuat nominal komponen struktu, diambil nilai terkecil dari beberapa skenario kegagalan (kondisi batas) yang mungkin terjadi.

γ_i = faktor keamanan untuk sisi beban atau sering disebut faktor pengali beban (*overload factor*).

Q_i = beban yang direncanakan untuk dipikul komponen struktur.

Faktor reduksi kekuatan (ϕ) digunakan untuk memperhitungkan kemungkinan ketidaksempurnaan dan penyimpangan kekuatan bahan serta perbedaan kekuatan dibandingkan dengan perhitungan kekuatan teoritis yang digunakan. Nilai ϕ diambil lebih kecil dari 1, sehingga kekuatan rencana sebuah komponen struktur ϕR_n akan bernilai lebih kecil dari pada kekuatan nominalnya. Besar nilai ϕ bervariasi menurut jenis komponen struktur dan kondisi batas yang diperhitungkan, seperti pada tabel 1.

Faktor beban (γ) digunakan untuk memperhitungkan kemungkinan meningkatnya beban dari nilai beban minimum yang disyaratkan. Nilai γ umumnya lebih besar dari 1,0 sehingga beban rencana yang akan dipikul struktur ditingkatkan menjadi $\gamma_i Q_i$. Nilai faktor beban yang digunakan akan bergantung pada kombinasi beban yang digunakan. Faktor beban menurut peraturan SNI 03-1729-2002, yaitu:

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 0,5 (L_a atau H)
3. 1,2 D + 1,6 (L_a atau H) + (0,8 W)
4. 1,2 D + 1,3 W + 0,5 (L_a atau H)

Keterangan:

D = beban mati diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi, tangga, dan peralatan menetap lainnya.

L_a = beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

H = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W = beban angin.

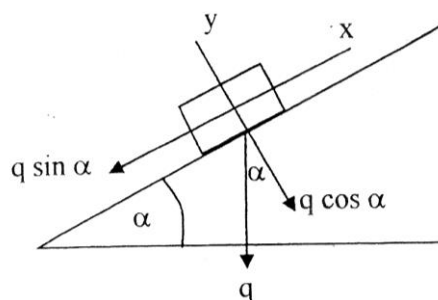
Tabel 1. Faktor Reduksi Kekuatan, ϕ (SNI 03-1729-2002:18)

Kuat Rencana Untuk	Faktor Reduksi (??)
Komponen struktur yang memikul lentur: balok lentur mumi, balok berinding penuh, perencanaan geser pada balok dan penguat	0,90
Komponen struktur yang memikul gaya tekan	0,85
Komponen struktur yang memikul gaya tarik untuk: Kondisi batas leleh Kondisi batas fraktur	0,90 0,75
Sambungan baut: Memikul geser, tarik, maupun kombinasi geser dan tarik	0,75
Sambungan las: Las tumpul penuh Las sudut, las pengisi, dan las tumpul sebagian	0,90 0,75

Gording dan Trekstang

Gording adalah suatu profil yang terletak diatas kuda-kuda dan saling berhubungan dari kuda-kuda satu ke kuda-kuda lainnya. Menurut Gunawan dan Margaret (2003:21), gording berfungsi sebagai sokongan lateral.

Dalam buku Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD karangan Agus Setiawan, gording dianalisa sebagai konstruksi dua perletakan sederhana yang menerima momen lentur akibat pembebanan, yaitu beban mati dan beban hidup bekerja secara vertikal, sehingga beban-beban tersebut harus diproyeksikan ke arah sumbu-x dan sumbu-y profil gording, sedangkan beban angin hanya bekerja pada arah sumbu-x penampang profil (gambar 1).



Gambar 1. Pembebanan pada Gording (Setiawan, 2008:105)

Kontrol momen yang terjadi pada gording harus memenuhi persamaan:

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0 \dots\dots\dots 2$$

Keterangan:

- M_{ux}, M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu-x dan sumbu-y, (N.mm)
- M_{nx}, M_{ny} = kuat nominal lentur penampang terhadap sumbu-x dan sumbu-y, (N.mm)
- ϕ_b = faktor reduksi kuat lentur (0,9)

Kontrol lendutan yang terjadi, SNI 03-1729-2002 membatasi lendutan maksimal untuk balok biasa yang memikul beban tetap, yaitu $L/240 > \Delta_{total} \dots\dots\dots 3$

Keterangan:

- L = panjang bentang gording, (cm)
- Δ_{total} = lendutan total akibat beban tetap pada gording, (cm)

Sumbu-y gording merupakan sumbu lemah, akibat beban arah sumbu-y maka gording melendut besar, untuk memperkecil lendutan arah-y maka dipasang trekstang. Trekstang biasanya berupa baja bulat yang menghubungkan gording satu dengan yang lainnya.

Analisa yang digunakan adalah analisa batang tarik, Menurut SNI 03-1729-2002 dinyatakan bahwa semua komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor sebesar T_u , maka harus memenuhi:

$$T_u \leq \phi \cdot T_n \dots\dots\dots 4$$

Keterangan:

- T_u = gaya tarik aksial terfaktor, (N)
- T_n = tahanan nominal dari penampang, (N)

ϕ = faktor tahanan (0,90)

Analisa Struktur

Pada penelitian ini, akan digunakan analisa struktur metode matrik kekakuan langsung untuk elemen *plane frame* (struktur portal 2 dimensi). Menurut Suhendro (2000:33), anggapan yang digunakan adalah:

1. Bahan struktur berperilaku elastis-linier, sehingga hukum hooke masih berlaku.
2. Batang-batang (elemen-elemen) struktur bersifat prismatis dan terbuat dari bahan yang homogen.
3. Interaksi antara pengaruh gaya aksial dan lentur diabaikan.
4. *Displacement* struktur dianggap kecil (relatif sangat kecil dibanding dimensi/bentang struktur yang dianalisis), sehingga persamaan keseimbangan dapat ditulis berdasarkan geometri struktur sebelum terdeformasi.

Metode ini didasarkan pada konsep kekakuan (*stiffness*). Pada metode ini, *displacement* (translasi dan rotasi) merupakan variabel utama yang tidak diketahui dan dicari terlebih dahulu, respon struktur lainnya yaitu reaksi tumpuan dan gaya-gaya dalam akan diselesaikan kemudian.

Perhitungan Kekuatan Profil Baja

Pada suatu komponen struktur terkadang efek gaya aksial maupun momen lentur tidak dapat diabaikan salah satunya, kombinasi dari gaya aksial dan momen lentur harus dipertimbangkan dalam proses disain komponen struktur tersebut. Komponen struktur tersebut sering disebut sebagai elemen balok-kolom (*beam-column*). Pada struktur-struktur statis tak tentu umumnya sering dijumpai elemen balok kolom ini.

Perencanaan komponen struktur balok kolom diatur dalam SNI 03-1729-2002, yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi \cdot N_n} \geq 0,2$$

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} \right] \leq 1,0 \dots\dots\dots 5$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi \cdot N_n} < 0,2$$

$$\frac{N_u}{2 \cdot \phi \cdot N_n} + \left[\frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} \right] \leq 1,0 \dots\dots\dots 6$$

Keterangan:

- N_u = gaya tekan aksial terfaktor, (N)
- N_n = kuat tekan nominal penampang, (N)
- ϕ = faktor reduksi kekuatan, (0,85)
- M_u = momen lentur terfaktor dengan memperhitungkan efek orde kedua, (N.mm)
- M_n = kuat lentur nominal penampang, (N.mm)
- ϕ_b = faktor reduksi kuat lentur, (0,9)

Momen lentur terfaktor yang didapat dihitung dengan menggunakan analisa orde kedua, yaitu dengan menggunakan cara analisa orde pertama dengan

memperhitungkan perbesaran momen. Perbesaran momen dianalisa untuk portal bergoyang. Besar momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai:

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \dots\dots\dots 7$$

Keterangan:

M_{ntu} = momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang tidak menimbulkan goyangan, (N)

δ_b = faktor perbesaran momen untuk komponen struktur tak bergoyang

M_{ltu} = momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang dapat menimbulkan goyangan, (N)

δ_s = faktor perbesaran momen untuk komponen struktur bergoyang.

Faktor perbesaran momen ditentukan sebagai berikut:

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - (N_u/N_{e1})} \dots\dots\dots 8$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - (\sum N_u / \sum N_{e2})} \dots\dots\dots 9$$

Keterangan:

C_m = faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan diagram momen ekivalen

1,0 untuk momen konstan (jika ada beban transversal)

0,6 – 0,4(M_1/M_2) jika tidak ada beban transversal

N_{e1} = gaya tekan menurut Euler dengan $k.L/r$ terhadap sumbu lentur, $k \leq 1,0$ (untuk komponen struktur tak bergoyang)

$\sum N_u$ = jumlah gaya aksial tekan terfaktor akibat beban grafitasi untuk seluruh kolom pada satu tingkat yang ditinjau, (N)

N_{e2} = sama dengan N_{e1} , namun $k \geq 1,0$ (komponen struktur bergoyang)

Selain memperhitungkan kekuatan profil baja berdasarkan kombinasi gaya aksial tekan dan momen lentur, juga berdasarkan kombinasi gaya geser dan momen lentur. Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka perencanaan penampang yang memikul kombinasi lentur dan geser harus memenuhi ketentuan SNI 03-1729-2002 berikut:

$$\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + 0,625 \cdot \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} \leq 1,375$$

Keterangan:

M_u = momen lentur terfaktor, (N.mm)

M_n = kuat lentur nominal balok, (N.mm)

ϕ = faktor reduksi kekuatan, (0,90)

V_u = gaya geser perlu, (N)

V_n = kuat geser nominal pelat badan, (N)

ϕ = faktor reduksi, (0,90)

Batas-batas Lendutan

Pembatasan ini dimaksud agar struktur memberikan kemampuan yang baik. Lendutan yang berlebih pada atap biasanya dikhawatirkan akan terjadinya

penggenangan air, sehingga beban struktur akan bertambah yang akan berakhir pada robohnya struktur tersebut (Bowles, 1985:174). Selain itu, lendutan yang berlebih juga dikhawatirkan dapat menimbulkan kerusakan pada elemen tak struktural yang berhubungan dengan sistem tersebut (Salmon, 1997:350). SNI 03-1729-2002 membatasi besarnya lendutan yang timbul, batasan lendutan maksimum dapat dilihat pada tabel 2.

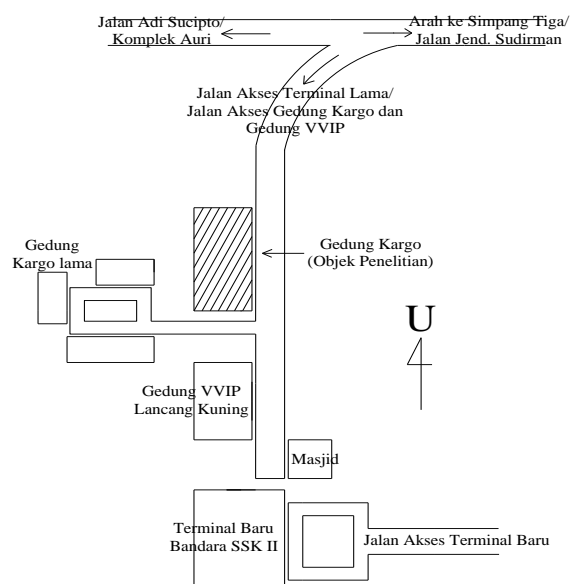
Tabel 2. Batas Lendutan Maksimum (SNI 03-1729-2002:15)

Komponen Struktur Dengan Beban Tidak Terfaktor	Beban Tetap (Beban Mati dan Beban Hidup)	Beban Sementara (Beban Angin)
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	$L/360$	-
Balok biasa	$L/240$	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	$h/500$	$h/200$
Kolom dengan analisis orde kedua	$h/300$	$h/200$

METODE PENELITIAN

Lokasi Objek Penelitian

Gedung kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru berada di dalam area pengembangan fasilitas pendukung Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru. Gedung tersebut berada di area Gedung Kargo lama. Lokasi objek penelitian dapat dilihat pada gambar 2.

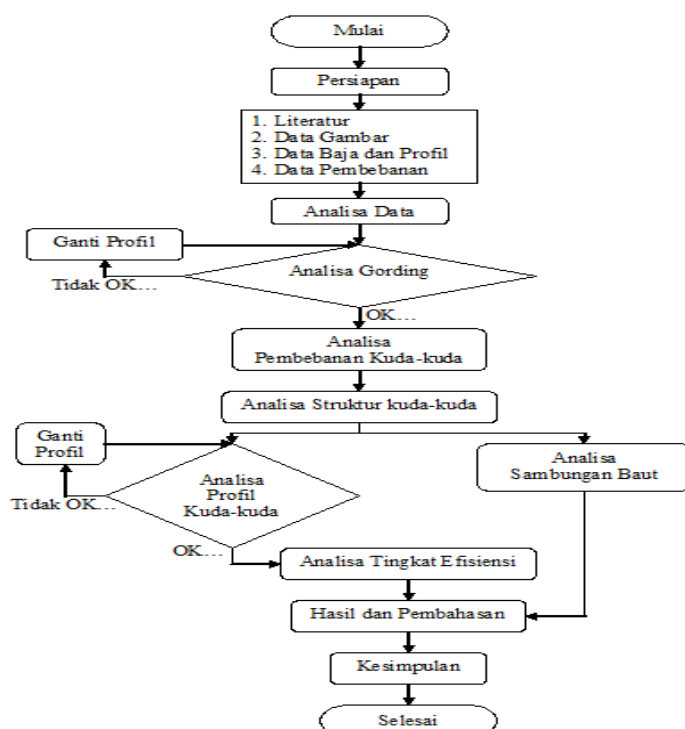


Gambar 2. Denah Lokasi Objek Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian lapangan (*field research*). Sebelum melaksanakan penelitian terhadap struktur kuda-kuda baja gedung kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru ini perlu dilakukan pengumpulan data-data yang berhubungan dengan objek penelitian.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data sekunder, yaitu data-data yang diperoleh dari pihak kontraktor, yaitu PT. Amarta Karya (Persero). Data-data yang diperoleh berupa data gambar yang mencakup tentang data teknis kuda-kuda dan data komponen struktur. Data-data pendukung lainnya diperoleh dari buku-buku referensi, penelitian terdahulu, ataupun dari pedoman dan peraturan yang sesuai dan berhubungan dengan penelitian ini.

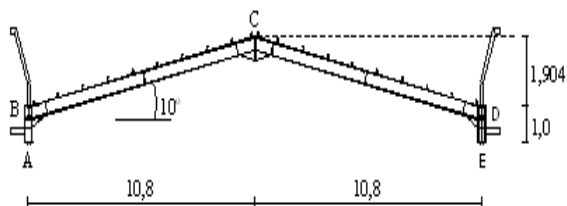


Gambar 3. Diagram Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kuda-kuda

Data kuda-kuda berupa data sekunder yang didapat dari kontraktor proyek yaitu PT. Amarta Karya (Persero). Kuda-kuda yang dianalisa adalah kuda-kuda pada tengah bentang gedung (gambar 4). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 4. Kuda-kuda Portal Gable

Tabel 3. Penjabaran Umum Kuda-kuda

No	Perjabaran Umum Konstruksi Kuda-kuda	Keterangan
1	Bentuk kuda-kuda/ atap	Portal <i>Gable</i> / atap pelana
2	Kemiringan atap	10°
3	Bentangan kuda-kuda	21,6 m
4	Tinggi kuda-kuda	1,904 m
5	Jarak kuda-kuda	7,2 m
6	Tinggi kolom	1,0 m
7	Panjang balok (<i>rafter</i>)	10,967 m
8	Profil kolom	WF 350.175.7.11 (BJ 37)
9	Profil balok (<i>rafter</i>)	WF 350.175.7.11 (BJ 37)
10	Profil gording	CNP 125.50.20.3,2 (BJ 37)
11	Jarak gording	1,2 m x 8 (bawah), 0,956 m x 1 (atas)
12	Bahan penutup atap	<i>Lysaght</i> kliplok <i>zincalume steel</i>
13	Berat bahan penutup atap	5,26 kg/m ²
14	Besi trekstang	Ø12
15	Jarak trekstang	2,4 m
16	Alat sambung	Baut mutu tinggi (HTB) A325
17	Jumlah baut	16Ø19 (titik C)

Beban yang Dipikul oleh Gording

Beban-beban yang dipikul oleh gording adalah beban mati berupa beban struktur yang bekerja merata sepanjang bentang gording, begitu juga beban angin, sedangkan beban hidup terpusat berasal dari seorang pekerja di tengah-tengah bentang gording, dan beban hidup merata berasal dari beban air hujan. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Beban yang Dipikul oleh Gording

Arah	Panjang Bentang (m)	Beban Mati (D) (kg/m)	Beban Hidup		Beban Angin (W)	
			(La) (kg)	(H) (kg/m)	Bagian Tekan (kg/m)	Bagian Hisap (kg/m)
			(kg)	(kg/m)	(kg/m)	(kg/m)
Sumbu-x	7,2	13,4783	98,4808	23,6354	-6	-12
Sumbu-y	2,4	2,3766	17,3648	4,1676	-	-

Beban angin hanya bekerja pada arah sumbu-x penampang gording, sedangkan beban mati dan beban hidup membentuk sudut (α) = 10°, sehingga diproyeksikan terhadap sumbu-x dan sumbu-y penampang gording. Pada arah sumbu-y dipasang trekstang yang membagi bentang gording menjadi 1/3L.

Beban yang Dipikul oleh Kuda-kuda

Beban hidup harus diambil yang memungkinkan menghasilkan beban terbesar dari dua kondisi, yaitu beban hidup berupa beban orang dan beban air hujan. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Beban yang dipikul oleh Kuda-kuda

Jenis Beban	Beban Mati (D)	Beban Hidup (H)	Beban Angin (W)	
			Bagian Tekan	Bagian Hisap
Merata (kg/m)	141,1726	144	-36	-72
Terpusat (kg)	350,7866	-	518,4	-230,4

Beban merata bekerja sepanjang balok *rafter* dan beban terpusat bekerja pada ujung atas kolom. Beban merata akibat beban mati dan beban air hujan bekerja vertikal berdasarkan arah gravitasi. Sedangkan beban merata angin bekerja tegak lurus bidang atap dengan arah kerjanya berlawanan dengan arah gravitasi. Pada bagian kiri dan kanan atap bebannya bernilai (-) dengan besaran yang berbeda, ini disebabkan oleh atap yang membentuk sudut 10° . Beban terpusat diakibatkan oleh adanya lisplang yang berfungsi untuk mempercantik exterior gedung. Akibat adanya lisplang berupa dinding vertikal ini, maka beban angin dinding akan dihitung sebagai beban terpusat pada titik lisplang ini menumpu, yaitu pada titik B dan titik D (gambar 4). Beban mati terpusat berasal dari berat sendiri rangka lisplang.

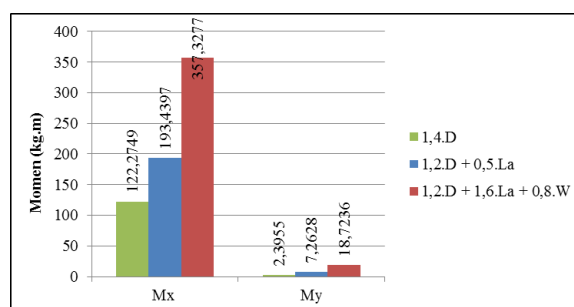
Momen yang Bekerja pada Gording

Gording dianalisa sebagai balok terlentur, yaitu komponen yang menerima momen lentur akibat pembebanan pada balok tersebut. Perhitungan momen pada gording menggunakan rumus untuk konstruksi dua perletakan (sendi-sendi). Hasil hitungan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Momen Lentur Pada Gording

Momen (kg.m)	Beban Mati (D)	Beban Hidup		Beban Angin (W)	
		(La)	(H)	Bagian Tekan	Bagian Hisap
M_x	87,3392	177,2654	153,1574	-38,88	-77,76
M_y	1,7111	10,4189	3,0007	-	-

Dari dua beban hidup yang ada, momen yang digunakan adalah akibat beban terpusat dari seorang pekerja (La). Hasil dari analisa momen lentur pada tabel 6 kemudian dikalikan dengan faktor beban dan dijumlahkan. Karena beban angin bernilai (-), maka faktor beban untuk beban angin digunakan yang terkecil, supaya pengurangan beban tidak terlalu besar. Hasil analisa dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 5. Kombinasi Momen Lentur pada Gording

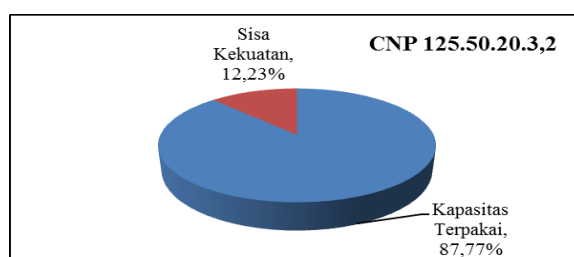
Pengecekan Kuat Lentur Profil Gording

Dari kombinasi momen yang dihitung, diambil nilai momen arah sumbu-*x* dan sumbu-*y* yang terbesar, yaitu berdasarkan kombinasi 3. Momen tersebut merupakan kuat lentur perlu (*M_u*). Untuk kuat lentur nominal penampang (*M_n*), dihitung dengan asumsi bahwa gording CNP 125.50.20.3,2 merupakan penampang kompak. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Pengecekan Terhadap Kuat Lentur Profil Gording

Sumbu	<i>M_u</i> (kN.m)	$\phi_b M_n$ (kN.m)	$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}/3}$	Syarat: Lentur < 1,0
<i>x</i>	3,5054	6,264	0,8777	OK.....
<i>y</i>	0,1837	1,7323		

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwa profil CNP 125.50.20.3,2 yang digunakan pada gording cukup kuat untuk memikul beban-beban yang bekerja pada gording tersebut. Kapasitas kekuatan profil yang terpakai untuk memikul beban-beban yang bekerja dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kapasitas Baja Profil pada Gording

Pengecekan Lendutan Gording

Lendutan yang terjadi pada gording dianalisa berdasarkan pembebanan tetap pada atap, yaitu akibat beban mati dan beban hidup. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Pengecekan Terhadap Lendutan Gording

Lendutan (cm)	Beban Mati (<i>D</i>)	Beban Hidup (<i>H</i>) (<i>L_a</i>)		$\sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$	Syarat: $\Delta_{total} < 3$
Δ_x	1,24	2,18	2,01	3,42	Tidak OK..
Δ_y	0,02	0,03	0,09		

Lendutan akibat beban hidup yang digunakan adalah akibat beban air hujan (*H*). Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa lendutan yang terjadi akibat beban tetap pada gording melebihi lendutan izin. Profil CNP 125.50.20.3,2 tidak memenuhi syarat kemampuan (*serviceability*) yang baik. Lendutan yang berlebih dikhawatirkan dapat menimbulkan kerusakan pada elemen tak struktural (Salmon, 1997:350). Untuk menghindari bahaya tersebut, Pada penelitian ini akan dicoba menganalisa dengan mengganti profil.

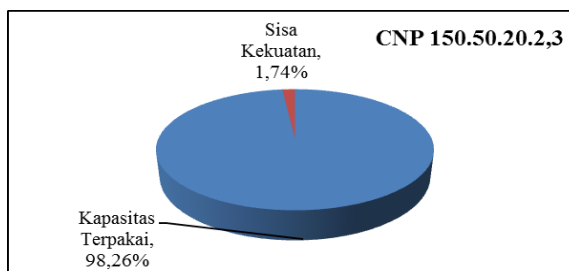
Analisa Profil Evaluasi Untuk Gording

Digunakan profil CNP 150.50.20.2,3. Untuk kuat lentur perlu (M_u) menggunakan hasil analisa gording sebelumnya, karena profil evaluasi lebih ringan sehingga tidak terjadi penambahan beban akibat penggantian profil. Profil ini dipilih berdasarkan analisa bahwa lendutan terbesar terjadi pada arah sumbu- x , sehingga membutuhkan nilai momen inersia arah- x (I_x) yang lebih besar, namun masih ditoleransi jika nilai modulus penampang lebih kecil, ini dikarenakan profil sebelumnya masih mempunyai sisa kekuatan sebesar 12,23%. Pengecekan tetap dilakukan terhadap momen lentur penampang dan lendutan profil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Profil Gording Lapangan dan Evaluasi

Pembanding	Profil Lapangan	Profil Evaluasi	Keterangan
Dimensi profil CNP	125.50.20.3,2	150.50.20.2,3	Profil Evaluasi Lebih ringan
Berat profil (kg/m)	6,13	4,96	19,09%
Momen nominal penampang (M_n) (kN.m)	$M_{nx} = 6,96$ $M_{ny} = 1,9248$	$M_{nx} = 6,72$ $M_{ny} = 1,5192$	Kedua profil cukup kuat memikul beban-beban yang ada
Syarat momen lentur $< 1,0$	0,8777 OK.....	0,9826 OK.....	
Syarat lendutan < 3 cm	3,42 Tidak OK...	2,94 OK.....	Profil Evaluasi memenuhi syarat

Dari tabel 9 dapat dilihat bahwa profil evaluasi cukup kuat memikul beban-beban yang ada sekaligus memenuhi syarat batas lendutan yang diizinkan. Kapasitas profil yang terpakai dalam memikul beban-beban yang ada pada profil evaluasi dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Kapasitas Baja Profil Evaluasi pada Gording

Pengecekan Batang Trekstang

Pada bentang gording dipasang trekstang sebanyak 2 buah dengan jarak yang sama. trekstang ini membantu gording dalam menahan beban-beban arah sumbu- y , sehingga trekstang menjadi tumpuan gording arah sumbu- y . Pengecekan diperlukan untuk mengetahui apakah batang tarik yang digunakan sebagai trekstang mampu memikul beban-beban yang disalurkan oleh gording. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 10.

Table 10. Pengecekan Batang Trekstang

Beban Mati (<i>D</i>) (kg)	Beban Hidup (<i>La</i>) (kg)	Kuat Tarik Perlu (<i>T_u</i>) (kN)	Kuat Tarik Nominal Batang ($\phi \cdot T_n$) (kN)	Syarat Batang Tarik $T_u < \phi \cdot T_n$ OK.....
51,3346	156,2832	3,0573	24,408	

Dari tabel 10, terlihat bahwa pembebanan yang disalurkan oleh gording arah sumbu-y mampu ditahan oleh batang trekstang.

Hasil Perhitungan Gaya Dalam pada Struktur Kuda-kuda

Hasil analisa matrik berupa gaya-gaya reaksi di tumpuan pada setiap elemen dari struktur kuda-kuda. Gaya-gaya reaksi dihitung berdasarkan kondisi pembebanan akibat beban mati, beban air hujan, dan beban angin. Tahap selanjutnya adalah menghitung kombinasi untuk setiap momen lentur, gaya vertikal, dan gaya horizontal yang telah didapatkan untuk setiap tumpuan dari elemen-elemen struktur kuda-kuda.

Gaya-gaya dalam dihitung dengan cara pelepasan satu-satu (*freebody*) tiap-tiap elemen dari struktur kuda-kuda. Kombinasi yang digunakan dalam analisa adalah kombinasi 3 ($1,2D + 1,6H + 0,8W$). Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 11.

Table 11. Gaya Dalam Pada Struktur Kuda-kuda

Bentang Elemen	Panjang Bentang (m)	Gaya Dalam	$x = 0$	$x = L$	$L_x = 0$
Kolom A-B	1,0	<i>M_x</i> (kg.m)	4847,625	-4743,875	-
		<i>L_x</i> (kg)	-9591,5	-9591,5	
		<i>N_x</i> (kg)	-4468,773	-4468,773	
Balok Rafter B-C	10,967	<i>M_x</i> (kg.m)	-4743,875	-2481,059	1932,019
		<i>L_x</i> (kg)	2207,376	-1794,702	
		<i>N_x</i> (kg)	-10549,802	-9788,437	
Balok Rafter C-D	10,967	<i>M_x</i> (kg.m)	-2481,059	-4474,197	1624,7004
		<i>L_x</i> (kg)	1661,374	-2024,866	
		<i>N_x</i> (kg)	-9811,946	-10573,312	
Kolom D-E	1,0	<i>M_x</i> (kg.m)	-4474,197	5771,188	-
		<i>L_x</i> (kg)	10245,38	10245,38	
		<i>N_x</i> (kg)	-4293,118	-4293,118	

Setelah didapat gaya dalam untuk setiap elemennya, maka bisa dibuat gambar bidang momen, lintang, dan normal. Gaya dalam maksimal yang dihasilkan dari *freebody* ini merupakan gaya yang akan digunakan sebagai gaya terfaktor atau gaya batas dalam analisa profil berdasarkan metode LRFD sesuai dengan peraturan SNI 03-1729-2002.

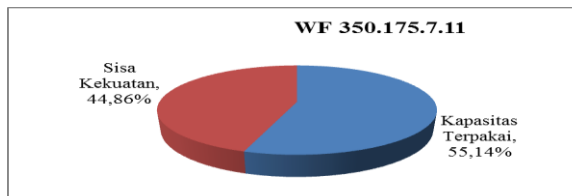
Pengecekan Kapasitas Kekuatan Profil pada Kuda-kuda

Kapasitas ini ditentukan dari dua kondisi, yaitu akibat kombinasi gaya aksial dan momen lentur, dan kombinasi gaya geser dan momen lentur. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 12.

Table 12. Pengecekan Kapasitas Kekuatan Profil Kuda-kuda

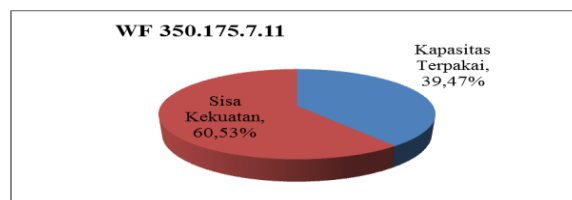
Elemen	<i>M_u</i> (kN.m)	<i>N_u</i> (kN)	<i>V_u</i> (kN)	$\phi \cdot M_n$ (kN.m)	$\phi \cdot N_n$ (kN)	$\phi \cdot V_n$ (kN)	Aksial Momen < 1,0	Geser Momen < 1,375
Balok Rafter	57,106	103,494	21,654	181,623	380,654	272,16	0,5514 OK...	0,3641 OK...
Kolom	56,649	42,116	100,507	181,623	1272,657	272,16	0,3285 OK...	0,5427 OK...

Dari tabel 12 dapat dilihat bahwa profil WF 350.175.7.11 yang digunakan pada kuda-kuda cukup kuat untuk memikul beban-beban yang bekerja pada kuda-kuda tersebut. Kapasitas kekuatan profil balok *rafter* yang terpakai untuk memikul beban-beban yang bekerja dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Kapasitas Baja Profil pada Balok Rafter

Untuk kapasitas kekuatan profil kolom yang terpakai dalam memikul beban-beban yang bekerja dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Kapasitas Baja Profil pada Kolom

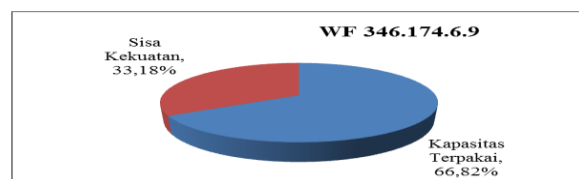
Pengecekan Kapasitas Kekuatan Profil Alternatif

Profil alternatif digunakan sebagai pembandingan untuk menguji apakah profil yang digunakan pada gedung kargo Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru sudah efisien dalam penggunaan material. Dari hasil analisa yang dilakukan, didapat profil alternatif adalah profil WF 346.174.6.9 untuk balok *rafter* dan profil WF 175.175.7,5.11 untuk kolom. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Pengecekan Kapasitas Kekuatan Profil Alternatif

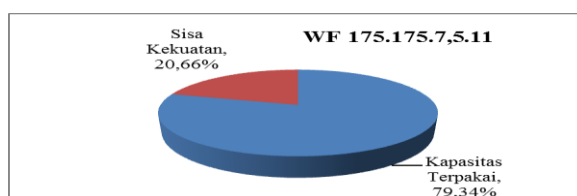
Elemen	M_u (kN.m)	N_u (kN)	V_u (kN)	$\phi \cdot M_n$ (kN.m)	$\phi \cdot N_n$ (kN)	$\phi \cdot V_n$ (kN)	Aksial Momen < 1,0	Geser Momen < 1.375
Balok Rafter	59,244	97,144	21,487	148,849	309,009	233,28	0,6682 OK...	0,456 OK...
Kolom	48,225	40,642	94,283	77,672	1045,625	125,39	0,6403 OK...	1,0909 OK...

Dari tabel 13, dapat dilihat bahwa profil alternatif cukup kuat untuk memikul beban-beban yang bekerja pada kuda-kuda. Kapasitas kekuatan profil balok *rafter* yang terpakai untuk memikul beban-beban yang bekerja dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Kapasitas Baja Profil Alternatif pada Balok Rafter

Untuk kapasitas kekuatan profil kolom yang terpakai dalam memikul beban-beban yang bekerja dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Kapasitas Baja Profil Alternatif pada Kolom

Pengecekan Lendutan pada Kuda-kuda

Analisa lendutan pada kuda-kuda dengan profil WF 350.175.7.11 didapatkan dari analisa struktur dengan metode matrik. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 14 untuk lendutan vertikal.

Tabel 14. Lendutan Vertikal pada Kuda-kuda

Bentang (cm)	Δ_{Izin} (cm)	$\Delta_{Vertikal}$ Dengan Profil Lapangan (cm)	$\Delta_{Vertikal}$ Dengan Profil Alternatif (cm)
2160	9,0	0,55 OK.....	0,99 OK.....

Untuk lendutan horizontal, hasilnya dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Lendutan Horizontal pada Kuda-kuda

Bentang (cm)	Δ_{Izin} (cm)	$\Delta_{Horizontal}$ Dengan Profil Lapangan (cm)	$\Delta_{Horizontal}$ Dengan Profil Alternatif (cm)
100	0,2	0,03 OK.....	0,10 OK.....

Dari tabel 14 dan tabel 15 dapat dilihat bahwa lendutan yang terjadi akibat beban tetap pada kuda-kuda tidak melebihi lendutan izin.

Perbandingan Profil pada Kuda-kuda

Perbandingan dilakukan terhadap berat profil yang digunakan pada perencanaan dengan profil alternatif. Hasil perbandingan untuk profil pada balok *rafter* dapat dilihat pada tabel 16

Tabel 16. Perbandingan Profil pada Balok Rafter

Pembanding	Profil Lapangan	Profil Alternatif	Keterangan
Dimensi profil	350.175.7.11	346.174.6.9	Profil Alternatif Lebih ringan 16,53%
Berat profil (kg/m)	49,6	41,4	
Kombinasi Aksial Momen < 1,0	0,5514	0,6682	Profil Cukup Kuat
Kombinasi Geser dan Lentur < 1,375	0,3641	0,456	
Lendutan Vertikal < 9	0,55	0,99	Profil Memenuhi Syarat Lendutan

Untuk hasil perbandingan profil yang digunakan pada kolom dapat dilihat pada tabel 17.

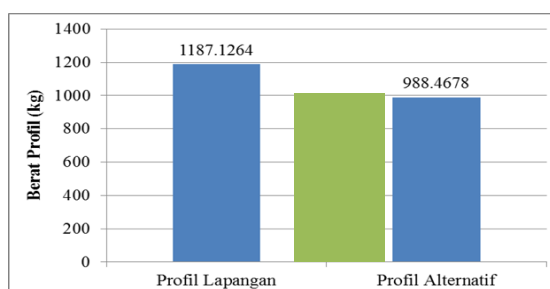
Tabel 17. Perbandingan Profil Pada Kolom

Pembanding	Profil Lapangan	Profil Alternatif	Keterangan
Dimensi profil	350.175.7.11	175.175.7,5.11	Profil Alternatif Lebih ringan 18,95%
Berat profil (kg/m)	49,6	40,2	
Kombinasi Aksial Momen < 1,0	0,3283	0,6403	Profil Cukup Kuat
Kombinasi Geser dan Lentur < 1,375	0,5427	1,0909	
Lendutan Horizontal < 0,2	0,03	0,10	Profil Memenuhi Syarat Lendutan

Dari tabel 16 dan tabel 17, dapat dilihat bahwa profil lapangan dan profil alternatif memenuhi persyaratan kekuatan dan persyaratan lendutan. Untuk perbandingan berat keseluruhan pada struktur kuda-kuda, dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 18. Perbandingan Berat Profil Kuda-kuda

Batang	Panjang Batang (m)	Berat Profil Lapangan (kg)	Berat Profil Alternatif (kg)
<i>Rafter</i>	10,967 x 2 = 21,934	1087,9264	908,0678
Kolom	1,0 x 2 = 2,0	99,2	80,4
Total		1187,1264	988,4678



Gambar 12. Perbandingan Berat Antara Profil Lapangan dan Alternatif

Profil bisa dikatakan efisien jika profil yang digunakan tidak lagi bisa diperkecil dimensinya, jika diperkecil maka profil tersebut tidak lagi mampu memikul beban-beban yang ada. Karena dalam disain struktur baja, dimensi profil baja yang digunakan harus mengacu pada ketersediaan profil di pasaran, terkadang kapasitas kekuatan profil belum mencapai maksimal, namun profil tidak lagi bisa diperkecil dimensinya karena profil yang tersedia sudah tidak memenuhi persyaratan. Dalam penelitian ini didapatkan bahwa profil yang digunakan di lapangan dimensinya masih bisa diperkecil, yaitu dari profil WF 350.175.7.11 yang digunakan pada balok *rafter* dan kolom bisa diperkecil dengan menggunakan profil WF 346.174.6.9 pada balok *rafter* dan profil WF175.175.7,5.11 pada kolom dengan selisih berat jika digunakan pada kuda-kuda bentang 21,6 m yang bersudut 10° dan tinggi kolom 1 m adalah 16,73%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan profil yang digunakan pada gording, dapat diketahui bahwa profil CNP 125.50.20.3,2 mempunyai kekuatan yang cukup

dalam memikul beban-beban yang ada dengan sisa kekuatan sebesar 12,23%. Untuk profil pada kuda-kuda, profil yang digunakan pada balok *rafter* maupun pada kolom, didapat hasil bahwa profil WF 350.175.7.11 mempunyai kekuatan yang cukup dalam memikul beban-beban yang ada pada kuda-kuda dengan sisa kekuatan profil sebesar 44,86% pada balok *rafter* dan 60,53% pada kolom.

2. Lendutan yang terjadi pada gording masih terlalu besar dan melebihi batas lendutan izin, lendutan yang terjadi pada gording adalah 3,42 cm > 3 cm lendutan izin. Profil yang memenuhi syarat untuk gording adalah profil CNP 150.50.20.2,3. Dari analisa, didapat hasil bahwa profil evaluasi selain masih memiliki sisa kekuatan sebesar 1,74%, lendutan yang terjadi masih dibawah batas lendutan izin, yaitu sebesar 2,94 cm < 3 cm lendutan izin. Lendutan yang terjadi pada kuda-kuda memenuhi batas lendutan izin, untuk lendutan vertikal yang terjadi pada kuda-kuda adalah sebesar 0,55 cm < 9 cm lendutan izin, dan lendutan horizontal sebesar 0,03 cm < 0,2 cm lendutan izin.
3. Profil WF 350.175.7.11 yang digunakan di lapangan masih belum efisien karena profil tersebut masih bisa diperkecil dimensinya yaitu dengan menggunakan profil alternatif WF 346.174.6.9 untuk balok *rafter* dan WF 175.175.7,5.11 untuk kolom. Perbedaan berat profil lapangan dengan profil alternatif tersebut adalah sebesar 16,73%.

Saran

1. Profil gording yang digunakan pada perencanaan tidak memenuhi syarat lendutan. Untuk mengurangi lendutan yang terjadi, maka bentangan gording harus diperkecil dengan cara memasang elemen struktural berupa *bracing* atau elemen struktural lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 1985, *Desain Baja Konstruksi (Structural Steel Design)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bustraan, 1982, *Daftar-daftar Untuk Konstruksi Baja*, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- Darmawan, L.W., 1993, *Konstruksi Baja I*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Daryanto, 2001, *Gambar Teknik Bangunan*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dewobroto, W., 2005, *Materi Kuliah Struktur Baja*, Fakultas Teknik Universitas Pelita Harapan, Tangerang.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Gunawan, R., 1987, *Tabel Profil Konstruksi Baja*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Gunawan, T., Margaret, S., 2003, *Diktat: Teori Soal dan Penyelesaian Konstruksi Baja II, Jilid 1*, Edisi Revisi, Delta Teknik Group, Jakarta.
- _____, 2003, *Diktat: Teori Soal dan Penyelesaian Konstruksi Baja I, Jilid 2*, Edisi Revisi, Delta Teknik Group, Jakarta.
- _____, 2005, *Diktat: Teori Soal dan Penyelesaian Konstruksi Baja I, Jilid 1*, Edisi Revisi, Delta Teknik Group, Jakarta.

- Salmon, C.G., dan Johnson, J.E., 1995, *Struktur Baja: Desain dan Perilaku, Jilid 2*, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- _____, 1997, *Struktur Baja: Desain dan Perilaku, jilid 1*, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Setiawan, A., 2008, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- _____, 2013, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Suhendro, B., 2000, *Metode Elemen Hingga dan Aplikasinya*, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Suhendro, B., 2005, *Analisa Struktur Metode Matrix*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Sunggono, kh., 1995, *Buku Teknik Sipil*, Penerbit Nova, Bandung.