

PEMILIHAN PROFIL BAJA HOT ROLLED AKIBAT PEMBEBANAN EKSENTRIS

THE SELECTION OF HOT ROLLED STEEL PROFILES DUE TO ECCENTRIC LOAD

Muhamad Nurul Alam¹, Y. Djoko Setiyarto²

¹Universitas Komputer Indonesia, ²Ketua Program Studi Teknik Sipil UNIKOM

Jl. Dipatiukur 110 – 116 Bandung, Jawa Barat

E-mail: mnurulalam01@gmail.com

Abstrak – Pembebanan pada bidang yang tidak melalui pusat geser (*Eksentris*) akan mengakibatkan batang terpuntir (*Torsi*). Tegangan puntir akibat torsi terdiri dari tegangan lentur dan geser. Perhitungan elemen struktur yang dilakukan dalam suatu analisis membutuhkan sebuah referensi. Referensi yang dibutuhkan adalah pedoman yang bisa dijadikan acuan dalam melakukan perhitungan, seperti misalnya SNI 03-1729-2002. Dalam penulisan ini, penulis menggunakan program bantu berupa *software Microsoft Excel* untuk membantu melakukan analisis perhitungan. Penampang gording yang dihitung adalah dengan 4 penampang, supaya hasil yang didapatkan (*output*) diperoleh bisa terbukti. Dari hasil analisis didapatkan bahwa, perilaku penampang yang dipasang dalam kondisi miring menghasilkan distribusi tegangan dengan bagian bawahnya mengalami tertarik (+) dan bagian atas mengalami tekan (-). Dari segi kekuatan maka penampang yang paling bagus untuk menahan beban tegangan torsi dan tegangan lentur adalah penampang WF dengan sudut $\alpha = 30^\circ$. Karena tegangan kerja masih berada dalam tegangan yang diizinkan, dan tegangan torsi lebih kecil dari $\alpha = 15^\circ$, begitu juga untuk tegangan lentur lebih kecil dari $\alpha = 45^\circ$.

Kata kunci : Pembebanan Eksentris, Tegangan Torsi, Distribusi Tegangan.

Abstract – Loading in the non-shear (Eccentric) field will result in a crooked rod (Torque). The torque voltage is composed of bending and shear stresses. Structural elements measure is performed in an analysis required references. The reference is required as guide which can be used in measurement, e.g SNI 03-1729-2002. In this writing, The author uses microsoft excel program to help perform calculation analysis. The gording cross section is calculated with 4 sections, so that the results obtained (output) obtained can be proven. From the analysis results obtained that, cross-sectional behavior that is installed in sloping condition generate voltage distribution with the bottom interested (+) and the top is depressed (-). In terms of strength then the best cross-section to withstand the burden of the torsional stress and the bending stress is cross-section of WF with angle $\alpha = 30^\circ$. Since the working voltage is still in the allowable voltage, and the torque voltage is smaller than $\alpha = 15^\circ$, so also for bending stresses smaller than $\alpha = 45^\circ$.

Keywords: concrete debris, compressive strength, coarse aggregate

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan SNI 03-1729-2002, baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2 % hingga 2.1 % berat sesuai *grade*-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan, krom, vanadium, dan tungsten. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarikannya,

namun disisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*).

Ada 2 macam bentuk profil baja yang didasarkan cara pembuatannya, yaitu:

1. *Hot Rolled Shape*: Disini profil baja dibentuk dengan cara blok-blok baja yang panas diproses melalui rol-rol dalam pabrik.
2. *Cold Formed Shape*: profil semacam ini dibentuk dari pelat-pelat yang sudah jadi, menjadi profil baja dalam temperature atmosfer (dalam keadaan dingin, ingat mengenai strain aging).

Bentuk elemen baja sangat dipengaruhi oleh proses yang digunakan untuk membentuk baja tersebut. Sebagian besar baja dibentuk oleh proses

hot-rolling (penggilingan dengan pemanasan) atau *cold-forming* (pembentukan dengan pendinginan).

Gording adalah bagian dari atap yang berfungsi untuk memindahkan beban penutup atap yang berupa bidang ke bentuk garis. Gording membagi bentangan atap dalam jarak-jarak yang lebih kecil pada proyeksi *horisontal*. Gording meneruskan beban dari penutup atap atau berat sendiri atap, orang, beban angin, beban air hujan. Gording berada di atas kuda-kuda, dan tegak lurus dengan arah kuda-kuda.

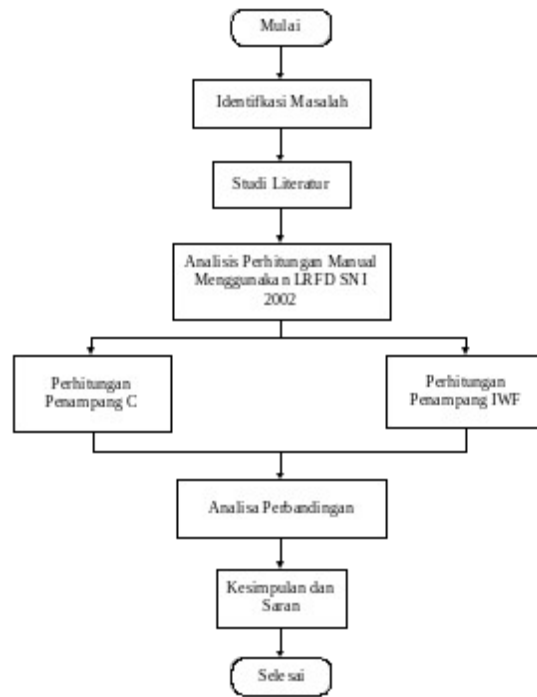
Atap merupakan bagian dari struktur bangunan yang berfungsi sebagai penutup/pelindung bangunan dari panas terik matahari dan hujan sehingga memberikan kenyamanan bagi pengguna bangunan. Struktur atap pada umumnya terdiri dari tiga bagian utama yaitu : struktur penutup atap, gording dan rangka kuda-kuda. Beban-beban atap akan diteruskan ke dalam fondasi melalui kolom dan/atau balok. Dalam tugas akhir ini hanya akan dibahas mengenai perencanaan gording saja.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, yang digunakan sebagai objek kajian adalah struktur atap. Ada beberapa struktur yang perlu dibahas di dalam perencanaan atap namun pada analisis ini saya mengambil salah satu objek kajian yang akan dibahas yaitu pemilihan profil baja ot rolled yang akan digunakan sebagai gording dengan profil baja tipe C dan tipe WF, yang mempunyai property penampang sebagai berikut :

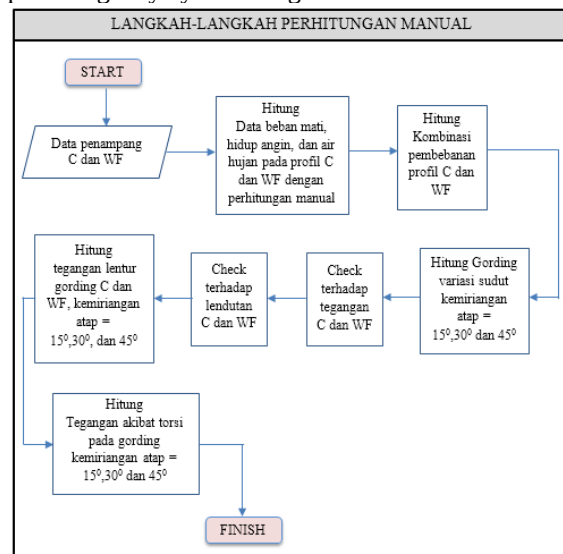
Sudut kemiringan atap (α)	= 15 ⁰ , 30 ⁰ , dan 45 ⁰ .
Berat sendiri gording profil C	= 11 kg/m.
Berat sendiri gording profil WF	= 15 kg/m.
E	= 200000 N/mm ² .
Poisson Ratio (U)	= 0,3.
Jarak antar gording (s)	= 1,5 m.
Jarak antar kuda-kuda utama (L)	= 6 m.
Penutup atap genteng, berat	= 10 kg/m ² .
Beban angin	= 40 kg/m ² .
Beban hidup (pekerja)	= 100 kg.
Tegangan leleh minimum (Fy)	= 2400 kg/cm ² .
Tegangan putus minimum (Fu)	= 3700 kg/cm ² .

Dan untuk metode dalam penyelesaian skripsi ini dituangkan pada alur skema dibawah ini :



Gambar 1 Bagan Alur Penelitian

Penelitian yang digunakan dalam skripsi merupakan studi literatur SNI 03-1729-2002. Penelitian ini dilakukan dengan cara analisis manual dan dengan bantuan *software Microsoft Excel*, tahapan-tahapan perhitungannya yaitu sebagai berikut :



Gambar 2. Langkah-langkah Perhitungan Manual

Untuk penjelasannya yaitu sebagai berikut:

1. Cari data-data penampang untuk profil C dan profil WF. Data penampang tersebut didapat dari tabel profil baja Gunung Garuda.
2. melakukan perhitungan pembebanan gording berdasarkan variasi kemiringan atap yang akan ditinjau, misalkan untuk gording profil C pada sudut 15⁰ maka kita hitung pembebanan sbb :
 - beban mati perhitungan yang dimaksud akan mencari nilai (qx), (qy), (Mx), dan (My).

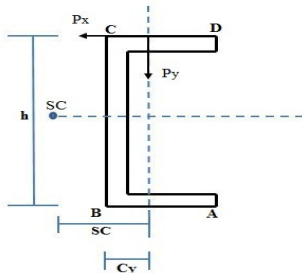
- Beban hidup perhitungan yang dimaksud untuk mencari nilai (Px), (Py), (Mx), dan (My).
 - Beban angin perhitungan yang dimaksud untuk mencari nilai $M_{x(\text{tekan})}$ dan $M_{x(\text{Hisap})}$. Selanjutnya dipilih nilai yang paling besar.
 - Beban air hujan perhitungan yang dimaksud untuk mencari nilai W (air hujan), q (air hujan), (Mx), dan (My).
3. Selanjutnya dilakukan perhitungan kombinasi pembebanan misalkan untuk sudut 15° , kombinasi pembebanan berdasarkan pada SNI-2002 yaitu sebagai berikut :
 - a. 1,4 D
 - b. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La atau H)
 - c. 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (L atau 0,8 W)
 - d. 1,2 D + 1,3 W + γ L L + 0,5 (La atau H)
 - e. 1,2 D ± 1,0 E + γ L L
 - f. 0,9 D ± (1,3 W atau 1,0 E)

Selanjutnya dipilih kombinasi mana yang paling besar dengan cara memasukkan hasil dari beban mati, beban hidup, beban angin dan beban air hujan yang telah dihitung.

4. Yang keempat check tegangan yang terjadi, misalkan untuk sudut 15° , dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{M_{ux}}{\phi b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b \cdot M_{ny}} \leq 1$$

5. Yang kelima check terhadap lendutan yang terjadi dengan $Z \leq Z_{ijin}$
6. Selanjutnya dilakukan penghitungan pembebanan berulang dari langkah 2-5 berdasarkan variasi sudut kemiringan yang berbeda pada profil C dan pada profil WF
7. Yang ke 7 dilakukan perhitungan tegangan lentur misalkan tegangan lentur profil C untuk sudut 15° , tegangan lentur yang ditinjau adalah pada titik A,B,C dan D. seperti gambar berikut :



Dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{M_x \cdot I_y - M_y \cdot I_{xy}}{I_x \cdot I_y - I_{xy}^2} \cdot y + \frac{M_y \cdot I_x - M_x \cdot I_{xy}}{I_x \cdot I_y - I_{xy}^2} \cdot x$$

8. Selanjutnya urutan nomor 7 dilakukan perhitungan berulang terhadap profil C untuk sudut yang berbeda. Dan untuk profil WF juga dilakukan perhitungan yang sama berdasarkan variasi sudut kemiringan yang akan analisis.

9. Untuk langkah ke 9 dilakukan perhitungan tegangan akibat torsi pada gording, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Modulus geser (G)} = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

$$\text{Konstanta Torsi (} J \text{)} = \frac{1}{3} [2 \cdot b \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3]$$

$$\text{Konstanta Warping (} C_w \text{)} = \frac{t_f \cdot b^3 \cdot h^2}{12}$$

10. Setelah modulus geser, konstanta torsi dan konstanta warping didapatkan maka untuk langkah ke 10 adalah melakukan perhitungan tegangan torsi, misalkan untuk sudut 15° , maka yang akan didapatkan dari perhitungan tersebut adalah tegangan normal (lentur torsi), tegangan geser pada web (saint venant), dan nilai tegangan geser pada flens (saint venant, dan torsi warping).
11. Selanjutnya dilakukan perhitungan berulang pada langkah ke 9 sampai langkah ke 10 untuk profil C pada sudut kemiringan yang berbeda, dan pada profil WF berdasarkan variasi sudut kemiringan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan data hasil analisis dimensi gording sesuai alur yang dirancang. Profil gording yang digunakan adalah tipe C 380.100.13.20 mm dengan spesifikasi: H= 380 mm; B= 100 mm; tw= 13 mm; tf= 20 mm; Ix= 17600 cm⁴; Iy= 671 cm⁴; Zx= 924 cm³; Zy= 89,5 cm³; A= 85,71 cm². Dan dengan penampang tipe WF 350.175.7.11 mm, dengan spesifikasi : H= 350 mm; B= 175 mm; tw= 7 mm; tf= 11 mm; Ix= 13600 cm⁴; Iy= 984 cm⁴; Zx= 775 cm³; Zy= 112 cm³; A= 63,14 cm². Analisis pembebanan dilakukan terhadap 4 beban, yaitu : beban mati, beban hidup, beban angin dan beban air hujan.

A. Penampang C

1. Pembebanan

Langkah pertama yaitu mencari data-data pembebanan yang selanjutnya akan dimasukkan kedalam kombinasi pembebanan yang akan menghasilkan Mux dan Muy, untuk rekapitulasi pembebanan antara sudut $\alpha = 15^\circ$, $\alpha = 30^\circ$, dan $\alpha = 45^\circ$, pada penampang C, yaitu ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi Tegangan Maximum Profil C

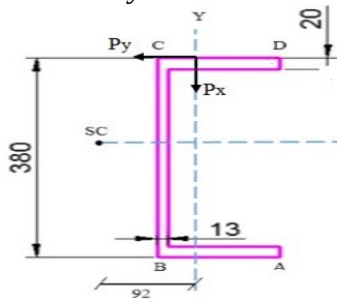
Sudut kemiringan Atap α	Tegangan Maksimum untuk Variasi α						Tegangan Max
	Px	Py	qx	qy	Mux	Muy	
Gording C	(kg)	(kg)	(kg/m)	(kg/m)	(Kgm)	(kgm)	(kg/cm ²)
$\alpha = 15^\circ$	25,88	96,59	6,73	25,12	345,864	84,954	132,35
$\alpha = 30^\circ$	50	86,60	13	22,52	372,636	221,40	287,702
$\alpha = 45^\circ$	70,71	70,71	18,39	18,39	376,983	360,01	443,048

Tabel diatas adalah hasil output perhitungan untuk masing-masing sudut kemiringan atap yang ditinjau.

2. Tegangan Lentur

Setelah kombinasi pembebanan maka dilakukan perhitungan tegangan lentur untuk masing-masing kemiringan atap dengan kemiringan yang telah ditentukan, dengan rumus :

$$\sigma_A = \frac{M_x \cdot I_y \cdot y + M_y \cdot I_x \cdot x}{I_x \cdot I_y}$$



Gambar 3. Letak Titik A,B,C dan D pada Profil Channel

Maka didapatkan output perhitungan Tegangan Lentur yang perhitungannya dibantu dengan Excel yaitu sebagai berikut :

Tabel 2 Nilai Tegangan Lentur profil C, $\alpha=15^\circ$

$\alpha = 15$ derajat		
Titik	Hasil	satuan
σ_A	15381699.48	N/m
σ_B	3379256.557	N/m
σ_C	-7914181.3	N/m
σ_D	-4088261.62	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan $\alpha=15^\circ$.

Tabel 3. Nilai Tegangan Lentur profil C, $\alpha=30^\circ$

$\alpha = 30$ derajat		
Titik	Hasil	satuan
σ_A	34378662	N/m ²
σ_B	3098900.2	N/m ²
σ_C	-26333112	N/m ²
σ_D	-4946650	N/m ²

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan $\alpha=30^\circ$.

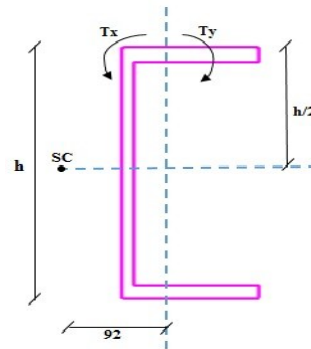
Tabel 4. Nilai Tegangan Lentur profil C, $\alpha=45^\circ$

$\alpha = 45$ derajat		
Titik	Hasil	satuan
σ_A	53430239.35	N/m
σ_B	2567425.643	N/m
σ_C	-45290833.7	N/m
σ_D	-5571980.04	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan $\alpha=45^\circ$.

3. Tegangan Torsi

Pada perhitungan tegangan torsi ini membutuhkan data-data pembebanan yang telah dihitung sebelumnya.



❖ untuk sudut $\alpha=15^\circ$ data-data beban yang bekerja yaitu :

$$P_x = 25,88 \text{ kg} = 258,8 \text{ N}, \quad q_x = 6,73 \text{ kg/m} = 67,3 \text{ N/m}$$

$$P_y = 96,59 \text{ kg} = 965,9 \text{ N}, \quad q_y = 25,12 \text{ kg/m} = 251,2 \text{ N/m}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi C, $\alpha=15^\circ$

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bt}	0	$7,174 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Tegangan Geser, Web		
• Saint Venant, τ_s	$0,831 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Venant, τ_s	$1,279 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	0
• Torsi Warping, τ_w	$1,14 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$	$10,64 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
	$1,279 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap $\alpha=30^\circ$ adalah $10,64 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

❖ untuk sudut $\alpha=30^\circ$ data-data yang didapatkan yaitu :

$$P_x = 50 \text{ kg} = 500 \text{ N}, \quad q_x = 13 \text{ kg/m} = 130 \text{ N/m}$$

$P_y = 86,6 \text{ kg} = 866 \text{ N}$, $q_y = 22,52 \text{ kg/m} = 225,2 \text{ N/m}$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi C, $\alpha=30^\circ$

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bt}	0	$7,198 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Tegangan Geser, Web		
• Saint Venant, τ_s	$0,321 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Venant, τ_s	$0,493 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	0
• Torsi Warping, τ_w	$4,399 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$	$4,106 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
	$0,272999 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap $\alpha=30^\circ$ adalah $7,198 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

❖ untuk sudut $\alpha=45^\circ$ data-data yang didapatkan yaitu :

$P_x=70,71 \text{ kg} = 707,1 \text{ N}$, $q_x=18,39 \text{ kg/m} = 183,9 \text{ N/m}$

$P_y=70,71 \text{ kg} = 707,1 \text{ N}$, $q_y=18,39 \text{ kg/m} = 183,9 \text{ N/m}$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi C, $\alpha=30^\circ$

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bt}	0	$0,662 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Tegangan Geser, Web		
• Saint Venant, τ_s	$0,295 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Venant, τ_s	$0,454 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	0
• Torsi Warping, τ_w	$4,044 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$	$3,775 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
	$0,454 \times 10^6 \text{ N/m}^2$	

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap $\alpha=45^\circ$ adalah $3,775 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

B. Penampang WF

1. Pembebanan

Langkah pertama yaitu sama dengan penampang C yaitu mencari data-data pembebanan yang selanjutnya akan dimasukkan kedalam kombinasi pembebanan yang akan menghasilkan M_{ux} dan M_{uy} , untuk rekapitulasi pembebanan antara sudut $\alpha = 15^\circ$, $\alpha = 30^\circ$, dan $\alpha = 45^\circ$, pada penampang WF, yang ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 8. Rekapitulasi Tegangan Maximum Profil WF

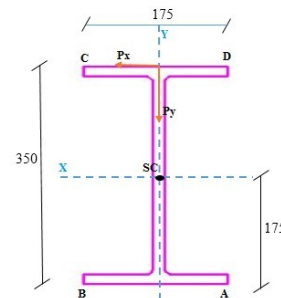
Sudut kemiringan Atap (α) Gording WF	Tegangan Maksimum untuk Variasi α						
	P_x	P_y	q_x	q_y	M_{ux}	M_{uy}	Tegangan Max
	(kg)	(kg)	(kg/m)	(kg/m)	(Kgm)	(kgm)	(kg/cm ²)
$\alpha = 15^\circ$	25,882	96,59	7,765	28,978	366,702	90,545	128,16
$\alpha = 30^\circ$	50	86,603	15	25,981	391,342	228	254,06
$\alpha = 45^\circ$	70,71	70,71	21,21	21,21	392,257	375,286	364,68

Tabel diatas adalah hasil output perhitungan untuk masing-masing sudut kemiringan atap yang ditinjau.

2. Tegangan Lentur

Setelah kombinasi pembebanan maka dilakukan perhitungan tegangan lentur untuk masing-masing kemiringan atap dengan kemiringan yang telah ditentukan, dengan rumus :

$$\sigma_A = \frac{M_x \cdot I_y \cdot y + M_y \cdot I_x \cdot x}{I_x \cdot I_y}$$



Gambar 4. Letak Titik A,B,C dan D pada Profil WF
Maka didapatkan output perhitungan Tegangan Lentur yang perhitungannya dibantu dengan Excel yaitu sebagai berikut :

Tabel 9. Nilai Tegangan Lentur profil WF, $\alpha=15^\circ$

$\alpha = 15$ derajat		
Titik	Hasil	satuan
σ_A	385576.3676	N/m
σ_B	22108.12578	N/m
σ_C	-385576.368	N/m
σ_D	-749044.61	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan $\alpha=15^\circ$.

Tabel 10. Nilai Tegangan Lentur profil WF, $\alpha=30^\circ$

$\alpha = 30$ derajat		
Titik	Hasil	satuan
σ_A	411484.6029	N/m
σ_B	-503759.299	N/m
σ_C	-1326728.51	N/m
σ_D	-411484.603	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan $\alpha=15^\circ$.

Tabel 11. Nilai Tegangan Lentur profil WF, $\alpha=45^\circ$

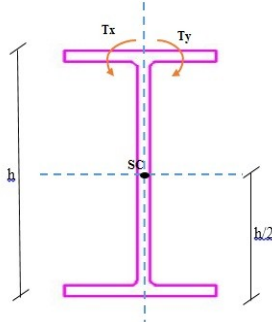
$\alpha = 45$ derajat		
Titik	Hasil	satuan
σ_A	412446.6985	N/m
σ_B	-1094036.74	N/m
σ_C	-1918930.13	N/m

σ_D	-412446.699	N/m
------------	-------------	-----

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan $\alpha=45^\circ$.

3. Tegangan Torsi

Pada perhitungan tegangan torsi ini membutuhkan data-data pembebanan yang telah dihitung sebelumnya.



➤ untuk sudut $\alpha=15^\circ$ data-data beban yang bekerja yaitu :

$$\begin{aligned} P_x &= 25,882 \text{ kg} & q_x &= 7,765 \text{ kg/m} \\ &= 258,8 \text{ N} & &= 77,65 \text{ N/m} \\ P_y &= 96,59 \text{ kg} & q_y &= 28,98 \text{ kg/m} \\ &= 965,9 \text{ N} & &= 289,8 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Tabel 12. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi WF, $\alpha=15^\circ$

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	36665 N/m ²
Tegangan Geser, Web		
• Saint Venant, τ_s	997,924 N/m ²	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Venant, τ_s	1853,29 N/m ²	0
• Torsi Warping, τ_w	$6,337 \times 10^{-3}$ N/m ² 3580,27 N/m ²	$1,462 \times 10^6$ N/m ²

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap $\alpha=15^\circ$ adalah $1,462 \times 10^6$ N/m².

➤ untuk sudut $\alpha=30^\circ$ data-data beban yang bekerja yaitu :

$$\begin{aligned} P_x &= 50 \text{ kg} & q_x &= 15 \text{ kg/m} \\ &= 500 \text{ N} & &= 150 \text{ N/m} \\ P_y &= 86,6 \text{ kg} & q_y &= 35,981 \text{ kg/m} \\ &= 866 \text{ N} & &= 359,8 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Tabel 13. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi WF, $\alpha=30^\circ$

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	21942,6 N/m ²
Tegangan Geser, Web		
• Saint Venant, τ_s	597,22 N/m ²	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Venant, τ_s	1109,12 N/m ²	0
• Torsi Warping, τ_w	$2,853 \times 10^{-3}$ N/m ² 1192,12 N/m ²	$0,658 \times 10^6$ N/m ²

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap $\alpha=45^\circ$ adalah $0,658 \times 10^6$ N/m².

➤ untuk sudut $\alpha=45^\circ$ data-data beban yang bekerja yaitu :

$$\begin{aligned} P_x &= 70,71 \text{ kg} & q_x &= 21,21 \text{ kg/m} \\ &= 707,1 \text{ N} & &= 212,1 \text{ N/m} \\ P_y &= 70,71 \text{ kg} & q_y &= 21,21 \text{ kg/m} \\ &= 707,1 \text{ N} & &= 212,1 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi WF, $\alpha=45^\circ$

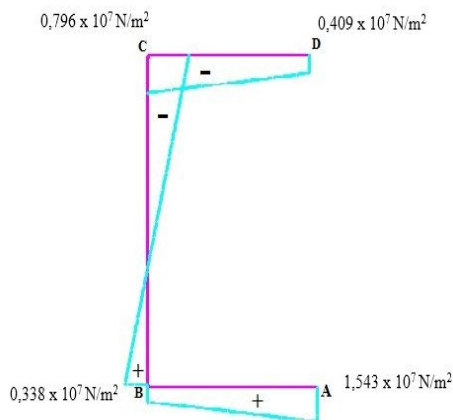
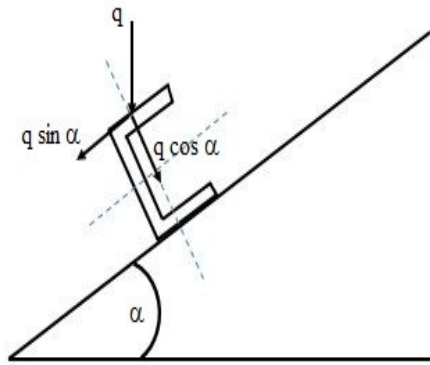
Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	7572,34 N/m ²
Tegangan Geser, Web		
• Saint Venant, τ_s	535,86 N/m ²	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Venant, τ_s	995,16 N/m ²	0
• Torsi Warping, τ_w	$2,778 \times 10^{-3}$ N/m ² 995,16 N/m ²	$0,641 \times 10^6$ N/m ²

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap $\alpha=45^\circ$ adalah $0,641 \times 10^6$ N/m².

IV. KESIMPULAN

Dari seluruh pembahasan yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya tentang struktur gording berpenampang C dan berpenampang WF yang tidak melalui titik berat profil penampangnya dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Prilaku penampang yang dipasang dalam kondisi miring menghasilkan distribusi tegangan dengan bagian bawahnya mengalami tertarik (+) dan bagian atas mengalami tekan (-). Berikut adalah gambar dari distribusi tegangan:



2. Dari variasi sudut kemiringan atap (α), terlihat bahwa semakin besar sudut α maka gaya yang bekerja ke arah sumbu x semakin besar, sedangkan gaya yang bekerja ke arah sumbu y semakin kecil. Tegangan yang terjadi juga semakin besar. Ini dikarenakan semakin besarnya momen ultimat untuk arah x dan momen ultimat untuk arah Y dalam setiap pertambahan besar sudut kemiringan atap. Akibat gaya ke sumbu x semakin besar, selisih momen torsi total antara T_x dan T_y semakin kecil untuk pertambahan sudut yang semakin besar sehingga tegangan akibat torsi yang didapat semakin kecil pula. Berikut adalah hasil perhitungan selisih momen torsi total :

$\alpha = 15^\circ$			$\alpha = 30^\circ$			$\alpha = 45^\circ$			satuan
T_x	T_y	$T_{tot.}$	T_x	T_y	$T_{tot.}$	T_x	T_y	$T_{tot.}$	
170,30	63,56	106,74	171,5	69,58	101,92	465,10	373,66	91,44	Nm

3. Dari segi kekuatan maka penampang yang paling bagus untuk menahan beban tegangan torsi dan tegangan lentur adalah penampang WF dengan sudut $\alpha = 30^\circ$. Karena tegangan kerja masih berada dalam tegangan yang diizinkan, dan tegangan torsi lebih kecil dari sudut $\alpha = 15^\circ$, begitu juga tegangan lentur lebih kecil dari sudut $\alpha = 45^\circ$. Hasil perhitungan tegangan pada penampang C dengan ukuran yang paling maksimal yaitu 380x100x13x20 mm, dan untuk profil WF dengan ukuran penampang 350x175x7x11 mm. Yaitu ditampilkan dalam tabel dibawah ini :

Sudut	Tegangan Akibat Pembebanan untuk Variasi α						
	C				WF		
	Tegangan Izin	Tegangan Kerja	Tegangan Lentur	Tegangan Torsi	Tegangan Izin	Tegangan Kerja	Tegangan Lentur
	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)
$\alpha = 15^\circ$	$20,40 \times 10^7$	$1,323 \cdot 10^7$	$1,543 \cdot 10^7$	$1,064 \times 10^7$	$204,0 \times 10^6$	$1,286 \cdot 10^6$	$0,385 \cdot 10^6$
$\alpha = 30^\circ$	$20,40 \times 10^7$	$2,877 \cdot 10^7$	$3,437 \cdot 10^7$	$0,7198 \times 10^7$	$204,0 \times 10^6$	$2,541 \cdot 10^6$	$0,411 \cdot 10^6$
$\alpha = 45^\circ$	$20,40 \times 10^7$	$4,430 \cdot 10^7$	$5,343 \cdot 10^7$	$0,3377 \times 10^7$	$204,0 \times 10^6$	$3,646 \cdot 10^6$	$0,412 \cdot 10^6$

Untuk lebih meyakinkan maka peneliti menganalisis lagi dua penampang yang berbeda dari penampang yang diatas, yaitu dengan ukuran penampang 200x70x7x10, dan untuk profil WF 150x100x6x9 mm dalam berat penampang yang sama, yaitu beratnya adalah 21,1 kg/m. Untuk perhitungannya sama dengan sebelumnya, maka hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Sudut	Tegangan Akibat Pembebanan untuk Variasi α							
	C				WF			
	Tegangan Izin	Tegangan Kerja	Tegangan Lentur	Tegangan Torsi	Tegangan Izin	Tegangan Kerja	Tegangan Lentur	Tegangan Torsi
	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)
$\alpha = 15^\circ$	$20,40 \times 10^7$	$7,0045 \times 10^7$	$5,355 \times 10^7$	$10,852 \times 10^7$	$20,40 \times 10^7$	$7,0045 \times 10^7$	$2,930 \times 10^7$	$10,85 \times 10^7$
$\alpha = 30^\circ$	$20,40 \times 10^7$	$13,999 \times 10^7$	$9,057 \times 10^7$	$10,43 \times 10^7$	$20,40 \times 10^7$	$13,999 \times 10^7$	$3,087 \times 10^7$	$10,407 \times 10^7$
$\alpha = 40^\circ$	$20,40 \times 10^7$	$18,67 \times 10^7$	$12,82 \times 10^7$	$10,09 \times 10^7$	$20,40 \times 10^7$	$18,67 \times 10^7$	$5,085 \times 10^7$	$9,369 \times 10^7$
$\alpha = 45^\circ$	$20,40 \times 10^7$	$20,84 \times 10^7$	$13,08 \times 10^7$	$9,899 \times 10^7$	$20,40 \times 10^7$	$20,84 \times 10^7$	$5,455 \times 10^7$	$9,2847 \times 10^7$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunung Garuda. PT (2013), "PT. Gunung Garuda, Steel Is Our Business, Product catalogue" 2013.
- [2] Agus Setiawan (2008), "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)", Penerbit Airlangga, Jakarta, 2008
- [3] Gere James M, Timoschenko Stephen P (1997), "Mekanika Bahan", jild 1 edisi keempat, Airlangga, 2000.
- [4] Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, "Struktur Baja, Design dan Perilaku", Jilid 1, Penerbit Airlangga, Jakarta, 1990.
- [5] Supriatna Nandan (2010), "MK Struktur Baja 1", Universitas pendidikan Indonesia (UPI), 2010.
- [6] William T. Segui, "Steel Design", Thomson, 2007.
- [7] Salmon, C.G and Jhonshon, J.E (1990). "Steel Structures Design ad Behaviour, 3rd edition". Harper Collins Publishers, Inc., Singapore.
- [8] William T Segui, (2007), "Steel Design, Fifth Edition". Christopher M. Shortt, Publishers Inc., USA

- [9] Ir. Oentoeng (1999), "Konstruksi Baja". Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [10] SNI 03-1729-2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baa Untuk Bangunan gedung.