PEMILIHAN PROFIL BAJA HOT ROLLED AKIBAT PEMBEBANAN EKSENTRIS

THE SELECTION OF HOT ROLLED STEEL PROFILES DUE TO ECCENTRIC LOAD

Muhamad Nurul Alam[1], Y. Djoko Setiyarto[2]
[1] Universitas Komputer Indonesia, [2]Ketua 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, prilaku 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 $\alpha = 30^0$**.** Karena tegangan kerja masih berada dalam tegangan yang diizinkan, dan tegangan torsi lebih kecil dari $\alpha = 15^0$, begitu juga untuk tegangan lentur lebih kecil dari $\alpha = 45^0$.

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 $\alpha = 30^0$**.** Since the working voltage is still in the allowable voltage, and the torque voltage is smaller than $\alpha = 15^0$, so also for bending stresses smaller than $\alpha = 45^0$.

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 pengeras. 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. Penamabahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya, 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 atmosfir (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.

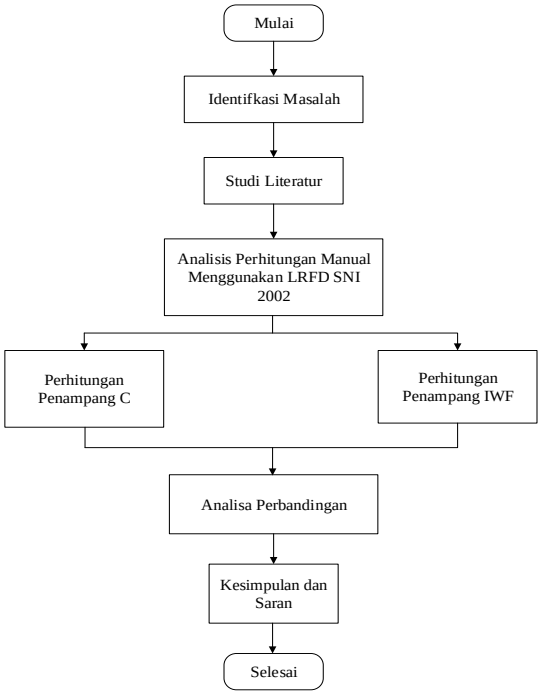
Atap merupakan bagian dari struktur bangunan yang befungsi sebagai penutup/pelindung bangunan dari panas terik matahari dan hujan sehingga memberikan kenyamanan bagi pengguna bangunan. Struktur atap pada umumnya terdiri dari tiga bagian utama yaitu : struktur penutup atap, gording dan rangka kuda-kuda. 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 :

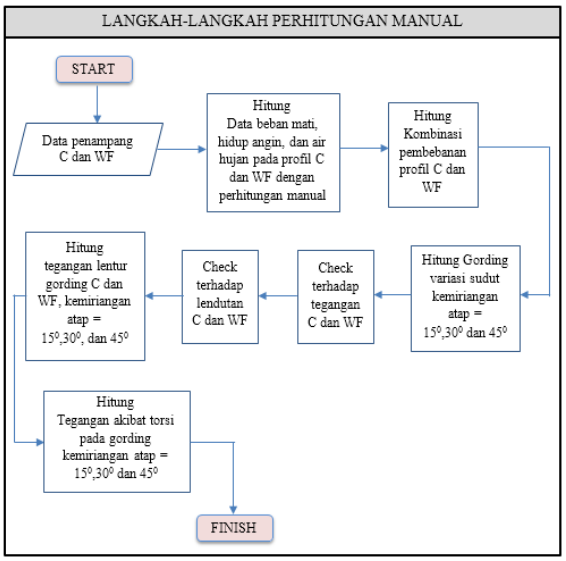
Sudut kemiringan atap (α)	= 15^0, 30^0, dan 45^0.
Berat sendiri gording profil C	= 11 kg/m.
Berat sendiri gording profil WF	= 15 kg/m.
E	= 200000 N/mm^2.
Poisson Ratio (U)	= 0,3.
Jarak antar gording (s)	= 1,5 m.
Jarak antar kuda-kuda utama (L)	= 6 m.
Penutup atap genteng, berat	= 10 kg/m^2.
Beban angin	= 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 Peritungan Manual

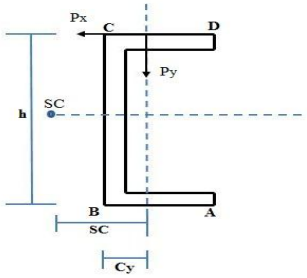
Untuk penjelasannya yaitu sebagai berikut:

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 15^0 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 $Mx_{(tekan)}$ dan $Mx_{(Hisap)}$. 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 15^0, kombinasi pembebenan 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 + ɣL L + 0,5 (La atau H)
   e. 1,2 D ± 1,0 E + ɣL 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 15^0, dengan persamaan sebagai berikut :
   $$\frac{M_{ux}}{\phi b.M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b.M_{ny}} \leq 1$$
5. Yang kelima check terhadap lendutan yang terjadi dengan Z $\leq$ Zijin
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 15^0, tegangan lentur yang ditinjau adalah pada titik A,B,C dan D. seperti gambar berikut :



   Dengan persamaan :
   $$\sigma = \frac{Mx.Iy - My.Ixy}{Ix.Iy - Ixy^2}.y + \frac{My.Ix - Mx.Ixy}{Ix.Iy - Ixy^2}.X$$
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 :

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

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

   Konstanta Warping (Cw) = $\frac{t_f.b^3.h^2}{12}$
10. Setelah modulus geser, konstanta torsi dan konstanta warping didapatkan maka untuk langkah ke 10 adalah melakukan perhitungan tegangan torsi, misalkan untuk sudut 15^0, maka yang akan didapatkan dari perhitungan tersebut adalah tegangan normal (lentur torsi), tegangan geser pada web (saint vennant), dan nilai tegangan geser pada flens (saint vennant, 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 cm^4; Iy= 671 cm^4; Zx= 924 cm^3 ; Zy= 89,5 cm^3 ; A= 85,71 cm^2

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 cm^4; Iy= 984 cm^4; Zx= 775 cm^3 ; Zy= 112 cm^3 ; A= 63,14 cm^2

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 α = 15^0, α = 30^0, dan α = 45^0, pada penampang C, yaitu ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi Tegangan Maximum Profil C

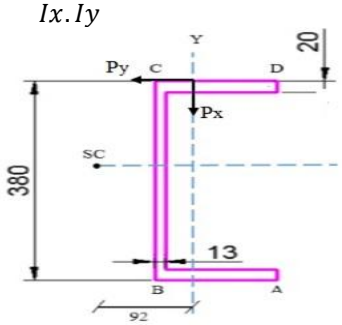
Sudut kemringan Atap α Gording C	Tegangan Maksimum untuk Variasi α						
	Px	Py	qx	qy	Mux	Muy	Tegangan Max
	(kg)	(kg)	(kg/m)	(kg/m)	(Kgm)	(kgm)	(kg/cm^2)
α = 15^0	25,88	96,59	6,73	25,12	345,864	84,954	132,35
α = 30^0	50	86,60	13	22,52	372,636	221,40	287,702
α = 45^0	70,71	70,71	18.39	18.39	376,983	360,01	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 :

$$\sigma_A = \frac{Mx.Iy.y + My.Ix.x}{Ix.Iy}$$



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, α=15⁰

α = 15 derjat		
Titik	Hasil	satuan
σA	15381699.48	N/m
σB	3379256.557	N/m
σC	-7914181.3	N/m
σD	-4088261.62	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan α=15⁰.

Tabel 3. Nilai Tegangan Lentur profil C, α=30⁰

α = 30 derjat		
Titik	Hasil	satuan
σA	34378662	N/m²
σB	3098900.2	N/m²
σC	-26333112	N/m²
σD	-4946650	N/m²

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan α=30⁰.

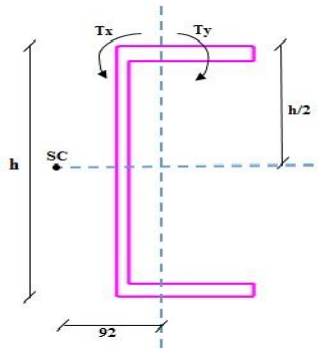
Tabel 4. Nilai Tegangan Lentur profil C, α=45⁰

α = 45 derjat		
Titik	Hasil	satuan
σA	53430239.35	N/m
σB	2567425.643	N/m
σC	-45290833.7	N/m
σD	-5571980.04	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan α=45⁰.

3. Tegangan Torsi

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



❖ untuk sudut α=15⁰ data-data beban yang bekerja yaitu :

Px=25,88 kg = 258,8 N, q_x = 6,73 kg/m = 67,3 N/m
Py=96,59 kg = 965,9 N, qy=25,12kg/m=251,2N/m

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi C, α=15⁰

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	$7{,}174x10^6\ N/m^2$
Tegangan Geser, Web		
• Saint Vennant, τ_s	$0{,}831x10^6\ N/m^2$	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Vennant, τ_s	$1{,}279x10^6\ N/m^2$	0
• Torsi Warping, τ_w	$1{,}14x10^{-3}\ N/m^2$	$10{,}64x10^6 N/m^2$
	$1{,}279x10^6\ N/m^2$	

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap α=30⁰ adalah $10{,}64x10^6\ N/m^2$.

❖ untuk sudut α=30⁰ data-data yang didapatkan yaitu :

Px = 50 kg = 500 N, q_x = 13 kg/m = 130 N/m
Py = 86,6kg = 866 N, qy = 22,52 kg/m = 225,2 N/m

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi C, α=30⁰

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	$7{,}198x10^6\ N/m^2$
Tegangan Geser, Web		
• Saint Vennant, τ_s	$0{,}321x10^6\ N/m^2$	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Vennant, τ_s	$0{,}493x10^6\ N/m^2$	0
• Torsi Warping, τ_w	$4{,}399x10^{-4}\ N/m^2$	$4{,}106x10^6 N/m^2$
	$0{,}272999x10^6\ N/m^2$	

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap α=30⁰ adalah $7{,}198x10^6\ N/m^2$.

❖ untuk sudut α=45^0 data-data yang didapatkan yaitu :

Px=70,71 kg =707,1 N, q_x =18.39 kg/m = 183,9 N/m
Py=70,71 kg =707,1 N, qy=18.39 kg/m = 183,9 N/m

Tabel 7. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi C, α=30^0

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	$0{,}662x10^6\ N/m^2$
Tegangan Geser, Web		
• Saint Vennant, τ_s	$0{,}295x10^6\ N/m^2$	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Vennant, τ_s	$0{,}454x10^6\ N/m^2$	0
• Torsi Warping, τ_w	$4{,}044x10^{-3}\ N/m^2$ / $0{,}454x10^6\ N/m^2$	$3{,}775x10^6\ N/m^2$

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap α=45^0 adalah $3{,}775x10^6\ N/m^2$.

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 Mux dan Muy, untuk rekapitulasi pembebanan antara sudut α = 15^0, α = 30^0, dan α = 45^0, pada penampang WF, yang ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 8. Rekapitulasi Tegangan Maximum Profil WF

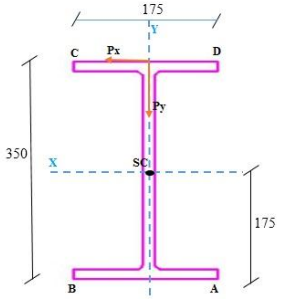
Sudut kemringan Atap (α) Gording WF	Tegangan Maksimum untuk Variasi α						
	Px	Py	qx	qy	Mux	Muy	Tegangan Max
	(kg)	(kg)	(kg/m)	(kg/m)	(Kgm)	(kgm)	(kg/cm^2)
α = 15^0	25,882	96,59	7,765	28,978	366,702	90,545	128,16
α = 30^0	50	86,603	15	25,981	391,342	228	254,06
α = 45^0	70,71	70,71	21,21	21,21	392,257	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 :

$$\sigma_A = \frac{Mx.Iy.y + My.Ix.x}{Ix.Iy}$$



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, α=15^0

α = 15 derajat		
Titik	Hasil	satuan
σA	385576.3676	N/m
σB	22108.12578	N/m
σC	-385576.368	N/m
σD	-749044.61	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan α=15^0.

Tabel 10. Nilai Tegangan Lentur profil WF, α=30^0

α = 30 derjat		
Titik	Hasil	satuan
σA	411484.6029	N/m
σB	-503759.299	N/m
σC	-1326728.51	N/m
σD	-411484.603	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan α=15^0.

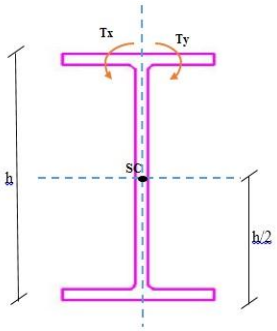
Tabel 11. Nilai Tegangan Lentur profil WF, α=45^0

α = 45 derjat		
Titik	Hasil	satuan
σA	412446.6985	N/m
σB	-1094036.74	N/m
σC	-1918930.13	N/m
σD	-412446.699	N/m

Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan tegangan lentur gording untuk titik A,B,C dan D pada kemiringan α=45^0.

3. Tegangan Torsi

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



➢ untuk sudut α=15^0 data-data beban yang bekerja yaitu :

Px = 25,882 kg q_x = 7,765 kg/m
= 258,8 N = 77,65 N/m
Py = 96,59 kg qy = 28,98 kg/m
= 965,9 N = 289,8 N/m

Tabel 12. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi WF, α=15^0

Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	36665 N/m^2
Tegangan Geser, Web		
• Saint Vennant, τ_s	997,924 N/m^2	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Vennant, τ_s	1853,29 N/m^2	0
• Torsi Warping, τ_w	$6{,}337x10^{-3}$ N/m^2	$1{,}462x10^6$ N/m^2
	3580,27 N/m^2	

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap α=15^0 adalah $1{,}462x10^6$ N/m^2.

➢ untuk sudut α=30^0 data-data beban yang bekerja yaitu :

Px = 50 kg q_x = 15 kg/m
= 500 N = 150 N/m
Py = 86,6kg qy = 35,981 kg/m
= 866 N = 359,8 N/m

Tabel 13. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi WF, α=30^0

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 Vennant, τ_s	597,22 N/m^2	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Vennant, τ_s	1109,12 N/m^2	0
• Torsi Warping, τ_w	$2{,}853x10^{-3}$ N/m^2	$0{,}658x10^6$ N/m^2
	1192,12 N/m^2	

Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap α=45^0 adalah $0{,}658x10^6$ N/m^2.

➢ untuk sudut α=45^0 data-data beban yang bekerja yaitu :

Px = 70,71 kg q_x = 21,21 kg/m
= 707,1 N = 212,1 N/m
Py = 70,71 kg qy = 21,21 kg/m
= 707,1 N = 212,1 N/m

Tabel 14. Hasil Perhitungan Tegangan Torsi WF, α=45^0

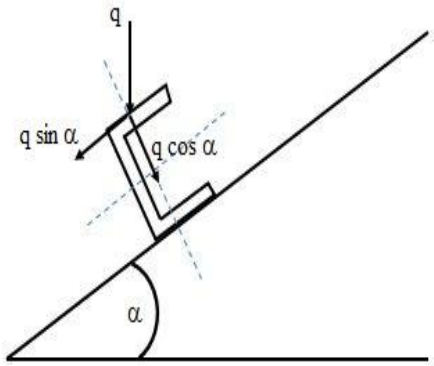
Jenis tegangan	Tumpuan (z=0)	Lapangan (Z=L/2)
Tegangan Normal		
• Lentur Torsi, σ_{bw}	0	7572,34 N/m^2
Tegangan Geser, Web		
• Saint Vennant, τ_s	535,86 N/m^2	0
Tegangan Geser, Flens		
• Saint Vennant, τ_s	995,16 N/m^2	0
• Torsi Warping, τ_w	$2{,}778x10^{-3}$ N/m^2	$0{,}641x10^6$ N/m^2
	995,16 N/m^2	

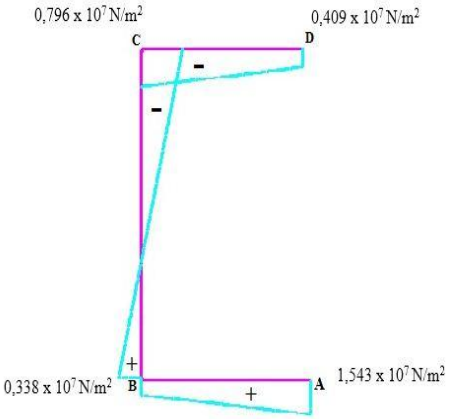
Dan untuk tegangan maksimum untuk kemiringan atap α=45^0 adalah $0{,}641x10^6$ N/m^2.

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 Tx dan Ty 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 :

α = 15^0			**α = 30^0**			**α = 45^0**			**satuan**
Tx	Ty	**Ttot.**	Tx	Ty	**Ttot.**	Tx	Ty	**Ttot.**	
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 α= 30^0**.** Karena tegangan kerja masih berada dalam tegangan yang diizinkan, dan tegangan torsi lebih kecil dari sudut α= 15^0, begitu juga tegangan lentur lebih kecil dari sudut α= 45^0. 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	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)
$\alpha = 15^0$	$20{,}40x10^7$	$1{,}323.10^7$	$1{,}543.10^7$	$1{,}064x10^7$	$204{,}0x10^6$	$1{,}286.10^6$	$0{,}385.10^6$	$1{,}462x10^6$
$\alpha = 30^0$	$20{,}40x10^7$	$2{,}877.10^7$	$3{,}437.10^7$	$0{,}7198x10^7$	$204{,}0x10^6$	$2{,}541.10^6$	$0{,}411.10^6$	$0{,}658x10^6$
$\alpha = 45^0$	$20{,}40x10^7$	$4{,}430.10^7$	$5{,}343.10^7$	$0{,}3377x10^7$	$204{,}0x10^6$	$3{,}646.10^6$	$0{,}412.10^6$	$0{,}641x10^6$

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)
$\alpha = 15^0$	$20{,}40x10^7$	$7{,}0045x10^7$	$5{,}355x10^7$	$10{,}852x10^7$	$20{,}40x10^7$	$7{,}0045x10^7$	$2{,}930x10^7$	$10{,}85x10^7$
$\alpha = 30^0$	$20{,}40x10^7$	$13{,}999x10^7$	$9{,}057x10^7$	$10{,}43x10^7$	$20{,}40x10^7$	$13{,}999x10^7$	$3{,}087x10^7$	$10{,}407x10^7$
$\alpha = 40^0$	$20{,}40x10^7$	$18{,}67x10^7$	$12{,}82\ x10^7$	$10{,}09x10^7$	$20{,}40x10^7$	$18{,}67x10^7$	$5{,}085\ x10^7$	$9{,}369x10^6$ 6
$\alpha = 45^0$	$20{,}40x10^7$	$20{,}84x10^7$	$13{,}08\ x10^7$	$9{,}899x10^7$	$20{,}40x10^7$	$20{,}84x10^7$	$5{,}455\ x10^7$	$9{,}2847x10^6$

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Bapak DR. Y. Djoko, Setiyarto, ST,. MT selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia dan pembimbing yang telah sabar memberikan bimbingan, saran, dan semangat untuk segera menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Ayahanda dan Ibundaku tercinta, adik-adikku serta seluruh keluarga besar yang telah banyak memberikan dukungan dan pengorbanan baik secara moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
3. Dr. Ir. Eddy Soeryanto Soegoto, selaku rektor Universitas Komputer Indonesia dan Prof. Dr. H. Denny Kurniadie, Ir., M.Sc., selaku dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia.
4. Bapak M. Donie Aulia, ST., MT., Muhammad Fathoni, ST., MT., dan Ibu Vitta Pratiwi, ST., MT., selaku dosen di Jurusan Teknik Sipil Universitas Komputer Indonsia serta ibu Alise selaku sekretaris jurusan Teknik Sipil.
5. Ibu Laras Laila Lestari, ST., MT., Msc., Linda Aisyah, ST., MT., dan Ibu Falderika, ST., MT., selaku Dosen Luar Biasa Teknik Sipil Universitas Komputer Indonesia.
6. pak Fajri Yusmar, ST, MT., Wilson Koven, ST., dan sahabat-sahabatku yang selalu menyemangati dan membantu dalam penulisan skripsi ini.
7. Rangga Wirachma dan Rizal Fahmi yang sudah baik hati dan bersedia meminjamkan Kos sannya untuk saya, agar bisa mengerjakan dan mempermudah pengerjaan skripsi ini.
8. Rizqi Fauzan Nurul Fajri yang bersedia menemani dan mengantar setiap dari seminar 1-2 dan juga pada siding Akhir Skripsi.
9. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, khususnya rekan-rekan angkatan 2013 yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis baik selama dalam mengikuti perkuliahan maupun dalam penulisan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

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 (BerdasarkanSNI 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] Willian 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.