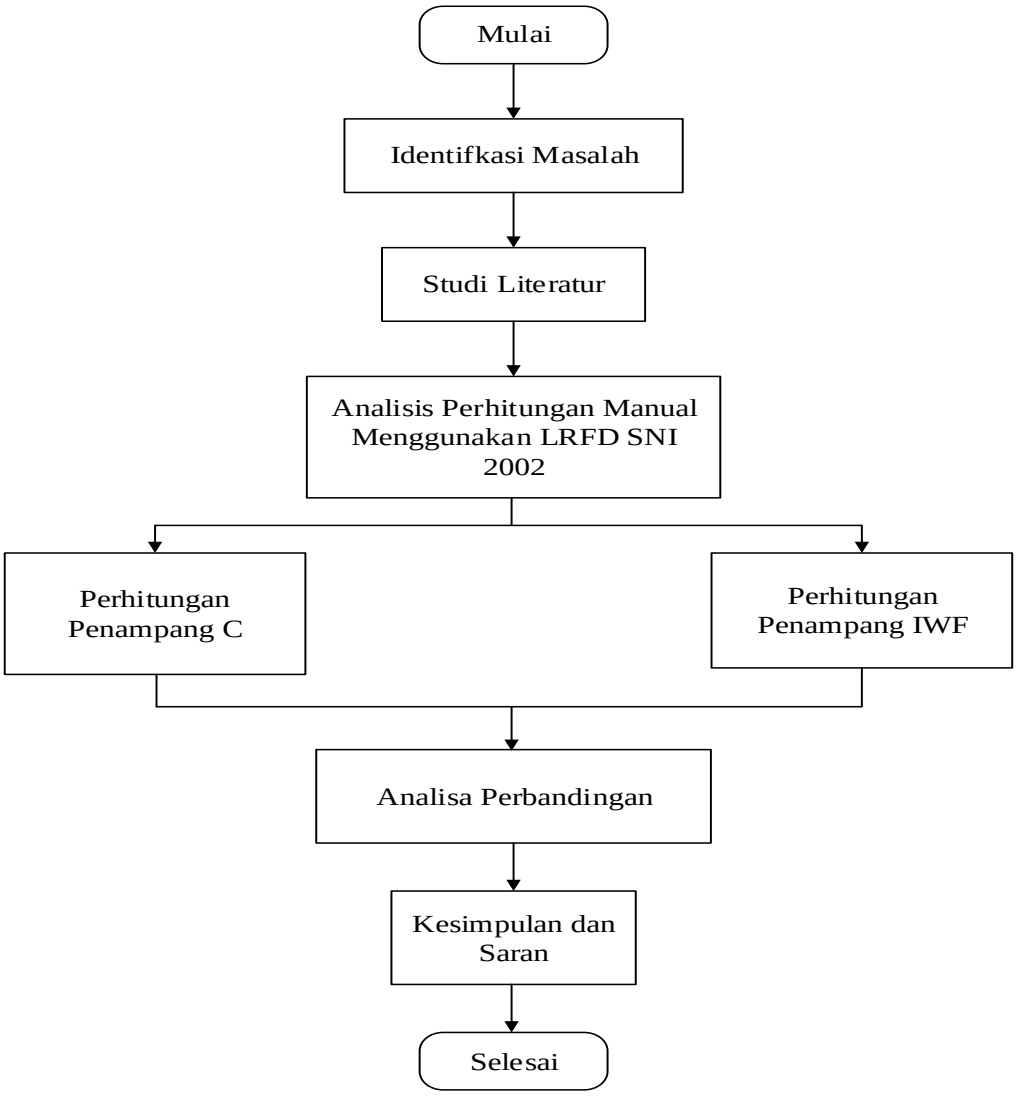
BAB III

METODE ANALISIS

3.1 Umum

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan-tahapan metode penelitian. Penelitian yang digunakan dalam skripsi merupakan studi literatur SNI 03-1729-2002. Metode dalam penyelesaian skripsi ini dituangkan pada alur skema dibawah ini :



Gambar 3-1 Bagan Alur Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah

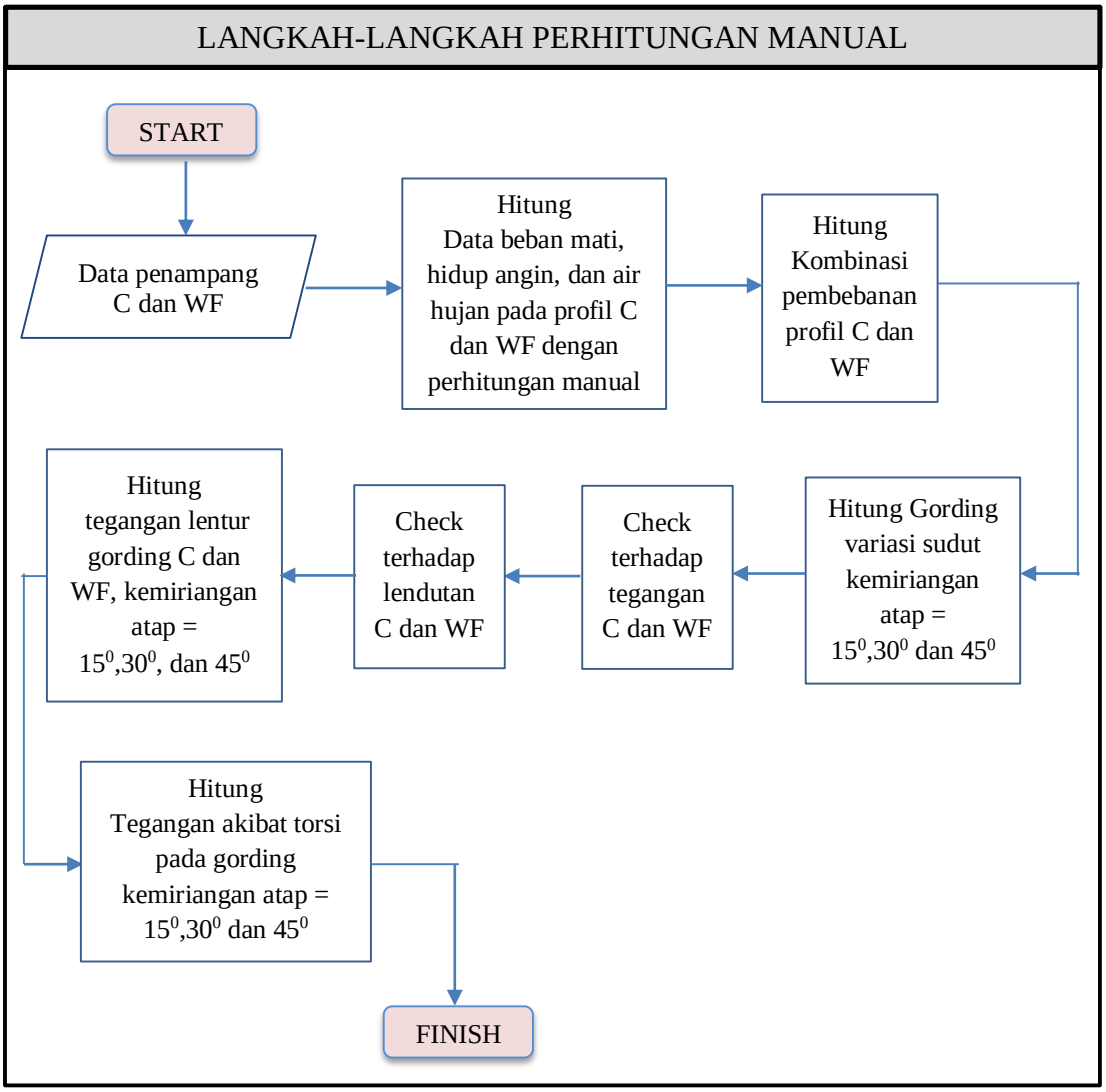
Pada tahap ini dijelaskan mengenai masalah yang akan dibahas dalam penelitian, yaitu pembebanan pada gording profil Channel dan WF yang tidak melalui titik berat penampang. Pembebanan yang tidak melalui titik pusat penampang akan menyebabkan batang terpuntir (torsi). efek torsi ini juga harus diperhitungkan sehingga tegangan yang terjadi dapat diketahui. Dengan mengetahui tegangan maka efek maka tingkat keefektifan profil yang digunakan akan semakin baik.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Pada tahapan ini dimulai dengan pengumpulan referensi perhitungan terhadap baja hot rolled, serta meninjau perilaku baja hot rolled baik berupa kurva tegangan regangan, property penampang dari baja, kelebihan dan kekurangan baja hot rolled apabila dipergunakan didalam struktur, serta metode perhitungan yang akan digunakan dalam penelitian.

3.4 Analisis Perhitungan Manual Menggunakan LRFD SNI 2002

Salah satu perhitungan yang dipergunakan untuk menganalisa tegangan lentur dan tegangan torsi yang timbul akibat beban yang tidak melalui titik berat. profil penampang dimodelkan kedalam balok sederhana, Profil penampang yang dihitung adalah penampang C dan IWF dengan perhitungan manual yang berpedoman pada peraturan SNI 03-1729-2002. Tahapan perhitungan dimulai dengan penentuan mutu baja serta material property yang akan di gunakan sebagai parameter dasar, dimana parameter ini akan mendasari perhitungan. Perhitungan dengan metode ini ditujukan untuk menelusuri riwayat perhitungan yang dipergunakan oleh metode manual, alur perhitunganya diperlihatkan pada flow chart berikut ini :



Gambar 3-2 Bagan Alur Perhitungan

❖ Catatan penjelasan :

1. Untuk langkah-langkah perhitungan yang pertama dimulai dengan 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).

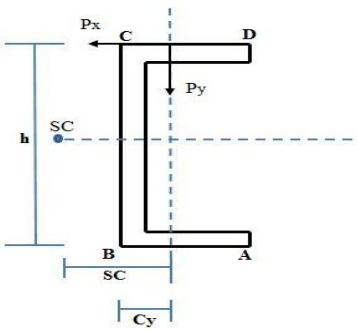
2. Yang kedua dilakukan perhitungan kombinasi pembebanan misalkan untuk sudut 15^0, kombinasi pembebenan berdasarkan pada SNI-2002 yaitu sebagai berikut :
    a. 1,4 D
    b. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La atau H)
    c. 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (L atau 0,8 W)
    d. 1,2 D + 1,3 W + ɣL L + 0,5 (La atau H)
    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.

3. Yang ketiga check tegangan yang terjadi, misalkan untuk sudut 15^0, dengan persamaan sebagai berikut :

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

4. Yang keempat check terhadap lendutan yang terjadi dengan Z $\leq$ Zijin
5. Selanjutnya dilakukan penghitungan pembebanan berulang dari langkah 1-4 berdasarkan variasi sudut kemiringan yang berbeda pada profil C dan dilakukan juga perhitungan pembebanan untuk profil WF.
6. Yang ke 6 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 :

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

Setelah dilakukan perhitungan maka profil C akan mengalami tegangan lentur untuk sudut kemiringan 15^0.

7. Selanjutnya urutan nomor 6 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.

8. Untuk langkah ke 8 dilakukan perhitungan tegangan akibat torsi pada gording, dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

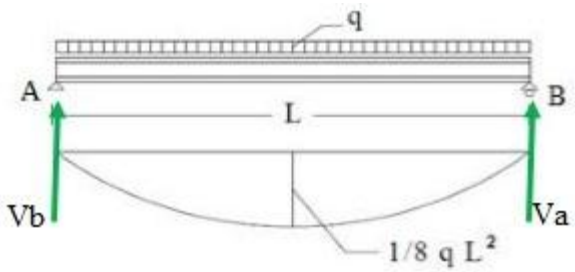
   Konstanta Warping $(Cw) = \frac{t_f.b^3.h^2}{12}$

9. Setelah modulus geser, konstanta torsi dan konstanta warping didapatkan maka untuk langkah ke 9 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).

10. Selanjutnya dilakukan perhitungan berulang pada langkah ke 8 sampai langkah ke 9 untuk profil C pada sudut kemiringan yang berbeda, dan pada profil WF berdasarkan variasi sudut kemiringan.

❖ Contoh perhitungan balok sederhana

Dik. Suatu balok dengan beban terdistribusi rata seperti gambar berikut :

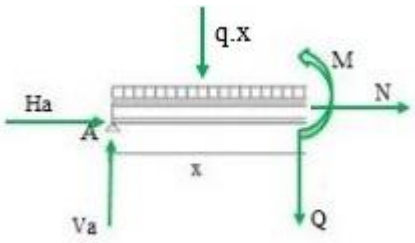


Maka :

Va = 1 / 2 . q . L

Vb = 1 / 2 . q . L

Tinjau freebody kiri :



$$\sum M = 0$$

-M +Q(0) +N(0) +Ha(0) +Va(x) -qx(1/2x) = 0

$-M + 1/2ql(x) - 1/2qx^2$

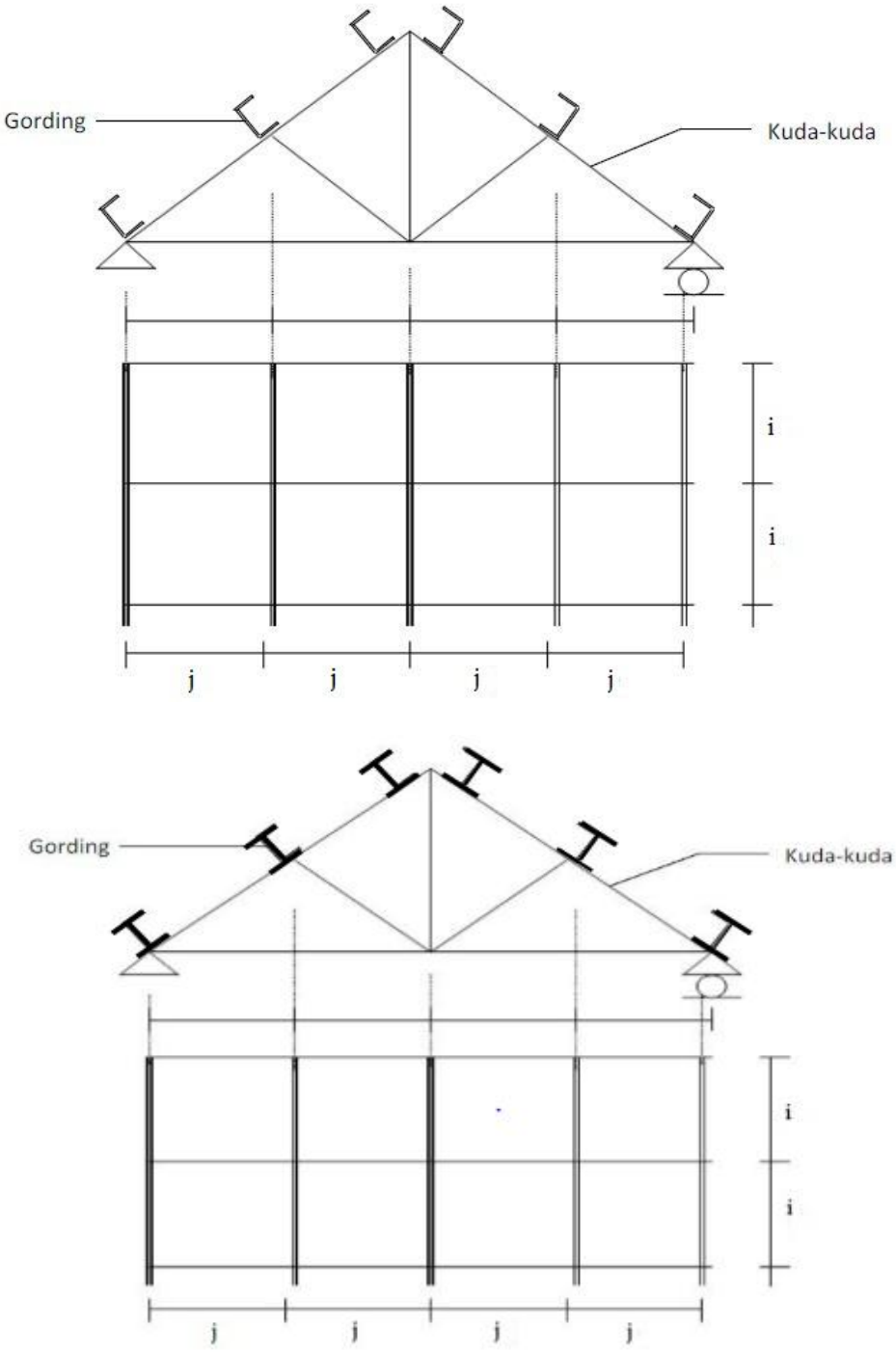
$M = 1/2ql(x) - 1/2qx^2$ atau $M = 1/8\ q\ L^2$

3.1.1 Metode Perhitungan Manual

Langkah pertama yang akan kita lakukan dalam melakukan perhitungan adalah melakukan perhitungan terhadap pembebanan pada gording C dan pembebanan pada gording WF.

3.1.2 Pembebanan Pada Gording C dan WF

Struktur atap seperti tergambar :



Gambar 3-3 Struktur Atap Profil C dan WF

Dimana :

i = jarak kuda-kuda (m)

j = jarak gording (m)

Pembebanan pada gording terdiri dari :

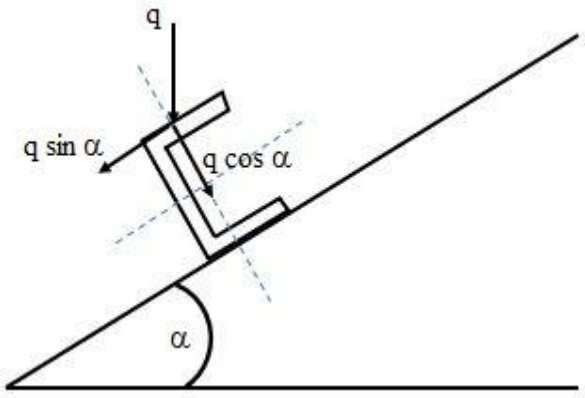
1. Beban Mati yang terdiri dari :
   - Beban atap
   - Berat sendiri gording
2. Beban Hidup
3. Beban Angin
4. Beban Air Hujan

3.1.2.1 Beban Mati

Mula-mula tentukan profil gording dari tabel baja dengan tipe kanal (C), kemudian tentukan berat atap, misalnya berat atap c kg/m2. Ganti berat atap dalam satuan kg/m2, menjadi kg/m. Jumlahkan dengan berat sendiri profil gording.

Beban atap = c kg/m2 x j m	= c kg/m	
Berat sendiri gording	= d kg/m	+
Beban Mati (qbs)	= e kg/m	

Pengaruh kemiringan kuda-kuda (α) :



$(q)_{(x)} = (q) \sin \alpha$

$(q)_{(y)} = (q) \cos \alpha$

$M_{(x)} = \frac{1}{8} (q) \cos \alpha \, L^2$

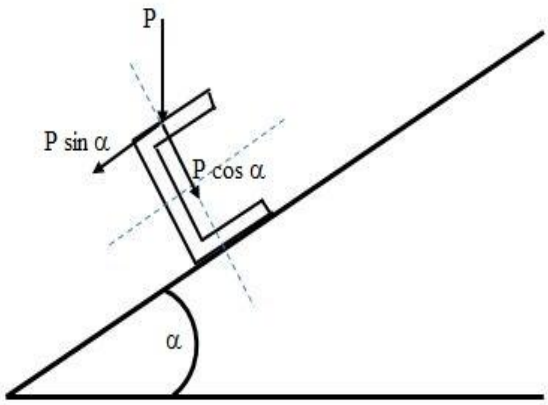
$M_{(y)} = \frac{1}{8} (q) \sin \alpha \, L^2$

Untuk persamaannya adalah didapatkan dari (Sumber: Agus Setiawan,2008).

3.1.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban terpusat yang bekerja di tengah-tengah bentang gording, beban ini di perhitungkan untuk pekerja yang bekerja di atas gording. Besarnya beban hidup diambil dari PPURG 1987, P = 100 kg

Pengaruh kemiringan kuda-kuda (α) :



$(P)_{(x)} = P \sin \alpha$

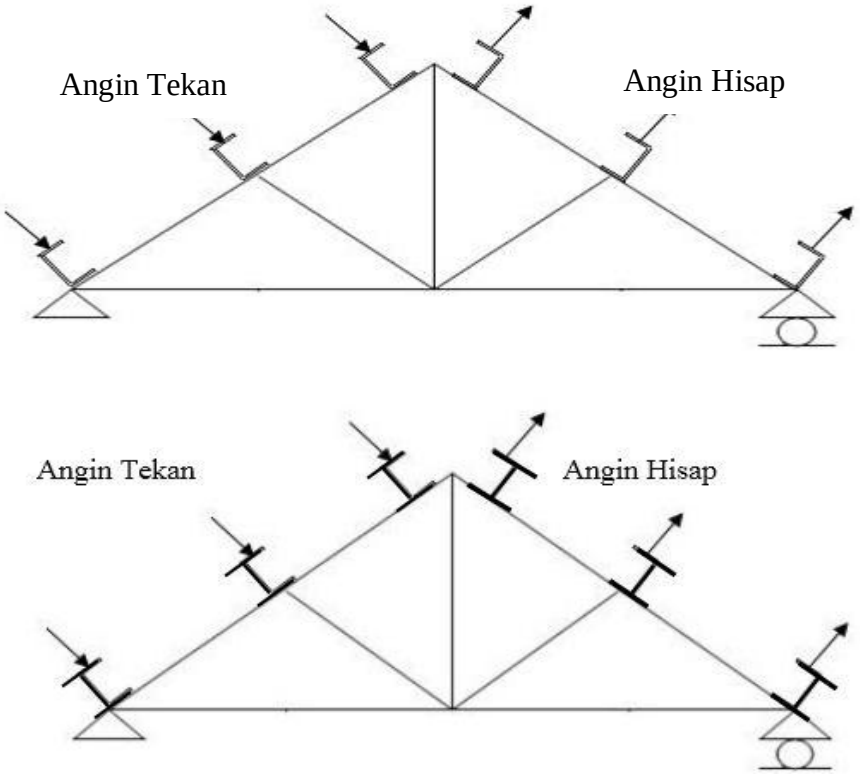
$(P)_{(y)} = P \cos \alpha$

$M_{(x)} = \frac{1}{4} (P) \cos \alpha \, L^2$

$M_{(y)} = \frac{1}{4} (P) \sin \alpha \, L^2$

Untuk persamaannya adalah didapatkan dari (Sumber: Agus Setiawan,2008).

3.1.2.3 Beban Angin



Gambar 3-4 Arah Angin Profil C dan WF

Beban Angin adalah beban yang bekerja pada struktur yang disebabkan oleh selisih dari tekanan udara (kg/m2). Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif (angin tekan) dan tekanan negatif (hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif yang dinyatakan dalam kg/m2 ini ditentukan dengan mengalikan tekanan angin dengan koefisien – koefisien angin. Tekanan angin harus diambil minimum 25 kg/m2, kecuali untuk daerah di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai. Pada daerah tersebut tekanan hisap diambil minimum 40 kg/m2. Pada tugas akhir ini, beban angin diambil 40 kg/m2.

Koefisien angin dengan sudut kemiringan α :

Angin Tekan : $\alpha < 65°$..... $(0{,}02\ \alpha - 0{,}4)$

$65° < \alpha < 90°$ .....+ 0,9

Angin Hisap, untuk semua α .....- 0,4

Misal :

tekanan angin = W kg/m2

Angin Tekan (wt) = Ct x W x j

Angin Hisap (wh) = Ch x W x j

Dimana :

Ct = koefisien angin tekan

Ch = koefisien angin hisap

j = jarak gording dalam meter

Karena beban angin bekerja tegak lurus sumbu x, maka hanya ada harga Mx :

Mx (tekan) = $\frac{1}{8}$ Ct Wt. j. L^2

Mx (hisap) = $\frac{1}{8}$ Ch Wt. j .L^2

3.1.2.4 Beban Air Hujan

Beban terbagi rata per m2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 – 0,8 α) kg/m2 (PPIUG 1983 pasal 3.2.2.a). Dimana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban air hujan tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m2 dan tidak perlu ditinjau bila α > 50o. Maka : Wair hujan = (40 - 0,8 α)

qair hujan = Wair hujan x jarak gording

sehingga momen yang terjadi :

Mmaks arah(x) = 1/8 . (q) . L2 = 1/8 (q) cos α i^2

Mmaks arah(y) = 1/8 . (q) . L2 = 1/8 (q) sin α i^2

3.1.2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan menurut SNI 2002, maka kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut :

1. 1,4 D

2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La atau H)
3. 1,2 D + 1,6 (La atau H) + (L atau 0,8 W)
4. 1,2 D + 1,3 W + ɣL L + 0,5 (La atau H)
5. 1,2 D ± 1,0 E + ɣL L
6. 0,9 D ± (1,3 W atau 1,0 E)

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung

La = Beban hidup di atap yang ditimbulkan perawatan oleh pekerja

H = Beban air hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

Dengan $\gamma_L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma_L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa.

3.1.3 Kontrol Terhadap Tegangan

Untuk mendapatkan momen lentur maksimum berdasarkan variasi kemiringan kuda-kuda atap pada 15°, 20°, 25° dan 30°, maka diperlukan perhitungan terhadap tegangan.

Perhitungan tegangan momen lentur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{M_x}{Z_x} + \frac{M_y}{Z_y}$$

Dimana :

Mx, My = Momen lentur arah x dan y

Zx, Zy = Modulus penampang arah x dan y

Selanjutnya check apakah momen lentur memenuhi persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

M_{ux}, M_{uy} = Momen lentur terfaktor terhadap sumbu x dan sumbu y.

ϕb = Factor reduksi tahanan lentur = 0,90

3.1.4 Kontrol Terhadap Lendutan

check apakah baja dengan dimensi profil yang telah ditentukan apakah aman dan mampu menerima beban bila digunakan sebagai gording dengan kemiringan atap yang akan di desain.

Dimana $Z \leq Z_{ijin}$

Dengan :

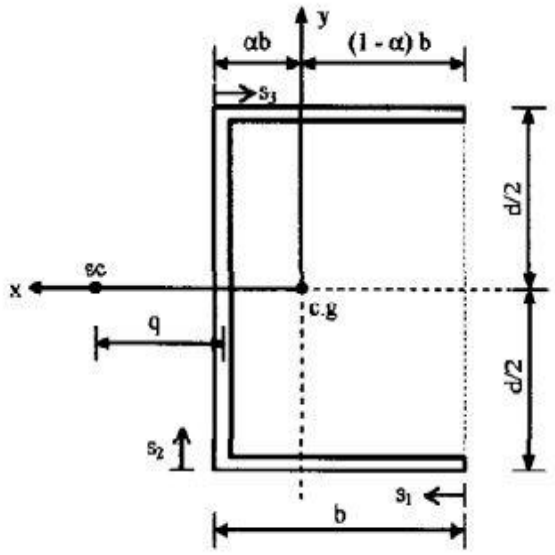
$Z = \sqrt{Zx^2 + Zy^2}$

dan

$Z_{ijin} = \frac{1}{240} \times L$

3.1.5 Menentukan Letak Pusat Geser Pofil

3.1.5.1 Pusat Geser Profil C



Gambar 3-5 Pusat Geser (SC) Profil C

(Sumber: Agus Setiawan,2008)

Pada profil C diatas letak kordinat pusat geser (*Shear Centre)* tergantung pada dimensi yang di inginkan**,** maka perlu dihitung lagi pusat gesernya dengan rumus yang telah di dapatkan dari SNI 2002 yaitu sebagai berikut :

$$SC\ (X_0, Y_0) = \left[\left(\frac{t_f . b^2 . h^2}{4 . I_x} + ab\right); 0\right]$$

Dimana :

SC = Pusat Geser (mm)

t_f = Tebal Plat (mm)

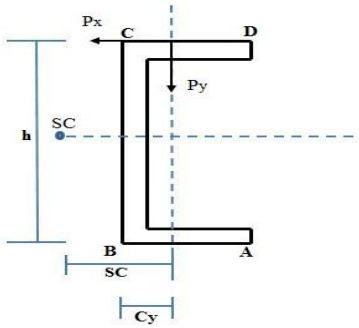
b = Lebar Penampang (mm)

h = Tinggi Penampang (mm)

I_x = Momen Inersia Arah X (cm^4)

3.1.6 Menentukan Tegangan Lentur Pada Gording

Setalah koordinat pusat geser diketahui maka selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan lentur pada masing-masing titik profil chanal yaitu titik A,B,C, dan D. seperti pada gambar berikut :



Gambar 3-6 Letak titik A,B,C dan D pada Profil C

Untuk perhitungan tegangan lentur pada masing-masing titik profil channel titik A,B,C, dan D maka memakai persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

σ = Tegangan Lentur (N/m^2)

3.1.7 Menentukan Tegangan Akibat Torsi Pada Gording

Pada tegangan ini akan dihitung masing-masing tegangan berdasarkan variasi sudut kemiringan kuda-kuda atap (α) = 15°, 20°, 25° dan 30°. Sehingga output yang akan dihasilkan yaitu tegangan maksimum untuk lentur dan tegangan maksimum akibat torsi pada gording.

Torsi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yakni torsi murni *(pure torsion/saint-venant's Torsion)* dan torsi terpilin *(warping torsion)*. Torsi murni mengasumsikan bahwa penampang melintang yang datar akan tetap datar setelah mengalami torsi dan hanya terjadi rotasi saja. Torsi terpilin timbul bila flens berpindah secara lateral selama terjadi torsi.

persamaan modulus geser :

G = $\frac{E}{2(1+\upsilon)}$

$\frac{E}{G} = \frac{2E(1+\mu)}{E}$ (untuk $\mu = 0{,}3$)

Dimana:

G = Modulus Geser

E = Modulus Elastisitas

Persamaan Konstanta Torsi sebagai berikut :

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

Dimana:

J = Konstanta Torsi (m^4)

t_f = Tebal Sayap (mm)

t_w = Tebal Badan (mm)

b = Lebar Penampang (mm)

h = Tinggi penampang (mm)

Persamaan Konstanta Warping sebagai berikut :

$$Cw = \frac{t_f.b^3.h^2}{12}$$

Dimana :

Cw = Konstanta Warping (m^6)

a) Torsi Murni (saint-Venant's Torsion)

$$\tau_s = G.J\frac{d\emptyset}{dz}$$

Dengan :

τ_s = Torsi Murni

G = Modulus Geser

J = Konstanta Torsi

b) Torsi Warping

Sebuah balok yang memikul torsi, maka bagian flens tekan akan melengkung ke sala satu sisi lateral. Sedang flens Tarik melengkung ke sisi lateral lainnya. Persamaan torsi warping yaitu sebagai berikut :

$$\tau_w = E.\frac{b^2.h.d^3.\emptyset}{16.dz^3}$$

Dimana :

τ_w = Torsi Warping (N/mm^2)

E = Modulus Elastisitas (N/mm^2) / MPa

b = Lebar Penampang (mm)

h = Tinggi penampang (mm)

3.5 Analisa Perbandingan

Setelah perhitungan manual telah selesai dilaksanakan maka kita akan melakukan perbandingan dari masing-masing output (tegangan lentur dan tegangan torsi) pada masing-masing profil C dan profil WF dan pada variasi kemiringan sudut 15^0, 30^0, dan 45^0. Perbandingan profil akan disajikan dalam bentuk tabel. Fungsi dari perbandingan ini adalah dapat menelusuri besarnya perbedaan hasil perhitungan pada masing-masing profil C dan WF dan untuk memberikan pertimbangan tentang pemilihan profil baja untuk elemen gording.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua proses diatas telah dilakukan maka bisa ditarik suatu kesimpulan yang didasarkan pada hasil perhitungan yang dilakukan. Baik berupa keamanan dari perhitungan untuk digunakan sebagai gording atap atau hal - hal lainya yang bisa kita simpulkan, selain diberikan kesimpulan pemberian saran juga bisa dilakukan apabila ada hal yang bisa kita temukan setelah melakukan semua tahapan metode analisis ini.