

## ANALISA PORTAL GABLE FRAME DENGAN PEMAKAIAN BALOK CASTELLA DIBANDING WF UNTUK BANGUNAN HANGGAR

Mahesa Bayu Permana<sup>1</sup>, Ester Priskasari<sup>2</sup>, Mohamad Erfan<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

<sup>2)3)</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

### ABSTRAK

Perkembangan konstruksi modern sudah sangat pesat, terutama konstruksi baja, baik dari segi metode perencanaan yang diterapkan, maupun pembuatan pabrikasi material yang bermutu dan berkualitas tinggi. Salah satunya adalah balok castella dimana dilakukan modifikasi dari bentuk asli yang bertujuan menjadikan bentuk yang lebih tinggi memiliki daya kekuatan yang lebih besar namun ringan serta memiliki nilai ekonomis, dan bertujuan untuk estetika pula. Dalam penelitian ini akan membandingkan dua profil baja untuk kebutuhan balok pada gable frame yaitu profil baja WF dan baja castella, kedua tipe balok akan ditinjau dulu agar mendapat hasil yang maksimal menggunakan metode LRFD dengan analisa pembebanan yang telah dihitung dianalisa dengan program bantu STAAD Pro Vi8 untuk mendapatkan nilai-nilai momen, gaya lintang, dan gaya normal. Sehingga menghasilkan perhitungan struktur dan gambar perencanaan. Dari hasil perhitungan dengan pembebanan yang sama didapatkan dimensi profil WF 700.600.18.34. Didapatkan dimensi profil Castella 900.600.18.34 yang berasal dari H beam 600.600.18.34. Kebutuhan baut untuk sambungan dari kedua profil hampir sama. Berat struktur balok menggunakan WF 700600.18.34 sebesar : 25303,0658 kg .Sedangkan menggunakan Castella 900.600.18.34 berat struktur sebesar :24440,8532 kg. Terdapat selisih berat struktur sebesar 862,2126 kg.

**Kata kunci:** gable frame, baja castella, perbandingan baja castella dan wf

### ABSTRACT

*The development of modern construction has been very rapid, especially steel construction, both in terms of the planning methods applied, as well as the manufacture of quality and high-quality material manufacturing. One of them is the castella beam which is modified from the original shape which aims to make the higher shape have greater strength but is lighter and has economic value, and aims for aesthetics as well. In this study will compare the two steel profiles for gable frame requirements namely WF steel and castella steel profiles, the two beam types will be reviewed first in order to get maximum results using the LRFD method with the loading analysis that has been calculated analyzed with the STAAD Pro Vi8 assist program for get the values of moments, latitude, and normal forces. Resulting in structural calculations and planning drawings. From the results of calculations with the same loading obtained WF profile dimensions 700,600.18.34. The dimensions of the Castella 900,600.18.34 profile are obtained from the H beam 600,600.18.34. The bolt requirements for the connections of the two profiles are almost the same. The weight of the beam structure using WF 700600.18.34 is: 25303.0658 kg. While using Castella 900.600.18.34 the structure weight is: 24440.8532 kg. There is a difference in structure weight of 862.2126 kg.*

**Keywords:** gable frame, castella steel, castella and wf steel ratio

### PENDAHULUAN

Perkembangan struktur modern sudah sangat pesat terutama struktur baja baik dari segi metode perencanaan yang diterapkan, pembuatan pabrikasi material yang bermutu dan berkualitas tinggi, memodifikasi dari bentuk asli yang bertujuan menjadikan bentuk yang lebih memiliki daya kekuatan yang lebih besar namun ringan serta memiliki nilai ekonomis. Perkembangan ini juga tidak lepas dari kemajuan ilmu pengetahuan yang juga menghasilkan teori atau pun metode yang baru sehingga terciptanya sebuah inovasi perencanaan yang lebih maju, dan akan masih terus berkembang,

hal ini sangat menguntungkan sekali dari segi nilai ekonomis dengan pengurangan bagian pada dimensi penampang yang akan memberikan penghematan pada berat konstruksi, akan tetapi tidak mengurangi kekuatan dari penampang itu sendiri. Perencanaan seperti ini akan lebih memiliki nilai khusus, struktur akan terlihat lebih ramping dengan kekuatan yang sama atau bahkan lebih kuat, lebih ringan, ekonomis, dan mempunyai nilai estetika.

Contoh pemodifikasian profil baja adalah balok castella, dimana profil dipotong berbentuk zig-zag pada bagian badan profil dan kemudian bagian bawah dari belahan tersebut dibalik dan disatukan

kembali antara bagian atas dan bawah dengan cara digeser sedikit kemudian dilas. Gagasan Metode Castella ini pertama kali dikemukakan oleh H.E.Horton dari Chicago dan Iron Work sekitar tahun 1910.

Balok Castella merupakan metode modifikasi dari suatu profil baja dengan tujuan mendapatkan peningkatan kekuatan yang lebih besar mencapai 1,5 kali dengan peninggian badan profil baja dan menjadikannya lebih ringan dibandingkan profil WF dengan ukuran yang sama. Namun disisi lain dengan semakin tingginya balok maka kelangsingannya semakin meningkat sehingga akan menurunkan tegangan kritisnya, atau akan menghasilkan tegangan kritis yang lebih kecil dari pada tegangan lelehnya ( $f_{cr} < f_y$ ). Jika  $f_{cr} < f_y$  maka profilnya akan menjadi lebih cepat rusak (premature calleb).

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tahapan mendesain sebuah struktur baja dibutuhkan perencanaan yang mengacu pada literatur dan mengikuti peraturan yang berlaku untuk mendapatkan sebuah struktur yang aman dan kemudahan dalam konstruksi. Berikut peraturan sesuai dengan SNI 1729-2015.

#### a. Untuk Desain Balok dan Kolom

1. Cek Penampang Kompak, Tidak Kompak , atau langsing

$$\lambda = b/2t_f \quad (\text{untuk sayap})$$

dimana:

b : panjang flens

$t_f$  : tebal flens

$$\lambda = h/t_w \quad (\text{untuk badan/web})$$

dimana:

h : tinggi badan/web

$t_w$  : tebal web

2. Komponen Struktur Menahan Tekanan Aksial.

$$\lambda = b/2t_f \leq 0,64 \times \sqrt{\frac{k_c \cdot E}{f_y}}$$

dimana:

$$k_c : 4/\sqrt{h/t_w}$$

E : modulus elastisitas baja

$f_y$ : tegangan leleh (MPa)

3. Komponen Struktur Menahan Lentur.

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

4. Kapasitas Momen.

Momen maksimum yang terjadi harus memenuhi persyaratan :

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

dimana:

$\phi$  : faktor reduksi untuk momen

$M_u$  : momen maksimum

$M_n$  : momen nominal penampang

5. Kapasitas Geser.

Geser maksimum yang terjadi harus memenuhi persyaratan :

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

dimana:

$\phi$  : faktor reduksi untuk momen

$V_u$  : gaya geser maksimum

$V_n$  : kuat geser nominal penampang

6. Tekuk Torsi Lateral.

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Dimana:

$r_y$  : radius girasi dari profil

- b. Untuk Sambungan

1. Kekuatan Tarik desain baut.

$$\phi R_n = \phi (0,75 F_u^b) A_b$$

dimana:

$\phi$  = koefisien reduksi ( 0,75 )

$F_u^b$  = kekuatan tarik bahan baut ( Mpa )

$A_b$  = Luas penampang baut

2. Kekuatan geser desain baut.

$$\phi R_n = \phi (0,60 F_u^b) m A_b$$

dimana:

$\phi$  = konstanta kalibrasi ( 0,65 )

m = banyaknya bidang geser

3. Kekuatan Tumpu desain baut.

$$\phi R_n = \phi (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

dimana:

d = diameter nominal baut

t = ketebalan bagian yang disambung

$F_u$  = kuat Tarik baja yang disambung

4. Sambungan Las

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{uw}$$

dimana:

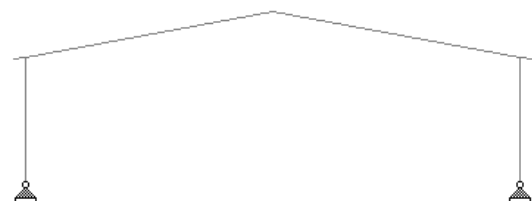
$\phi$  = faktor reduksi

$t_e$  = tebal las efektif

$f_{uw}$  = mutu las

### METODE PENELITIAN

Analisis yang digunakan berupa analisis 2 dimensi dengan perhitungan pembebanan LRFD, yaitu pada portal yang berada di tengah dengan jarak antar portal 8,572 m. Pemodelan struktur portal menggunakan STAAD Pro v8i dengan beban sesuai dengan SNI 1727-2013. Struktur ini menggunakan mutu baja BJ 50.



Gambar 1. Pemodelan Struktur Portal 2 dimensi

**ANALISA HASIL PENELITIAN**

**Data Struktur :**

- a. Bentang Kuda-kuda : 60 meter
- b. Jenis atap : Spandek
- c. Berat atap : 0.0444kN/m<sup>2</sup>
- d. Jarak kuda-kuda : 8.572m
- e. Jumlah medan : 5 medan
- f. Tinggi Kolom : 15m
- g. Kemiringan Atap : 10.5 °
- h. Jenis Bangunan : Hanggar
- i. Mutu Baja : BJ50

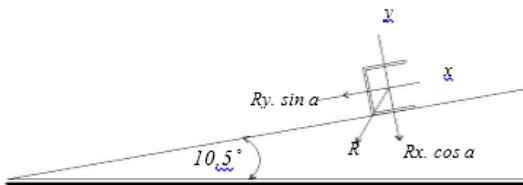
**Kombinasi Pembebanan: (SNI 03-1727-3013)**

1. 1.4 D
2. 1.2 D + 1.6 Lr + 0.5 R
3. 1.2 D + 1.6 R + 0.5 W
4. 1.2 D + 1.0 W + 0.5 R
5. 1.2 D
6. 0.9 D + 1.0 W

**Analisa Pada Gording** Dari analisa pembebanan yang dilakukan didapat gaya-gaya yang bekerja pada gording seperti pada table berikut:

**Tabel 1. Pembebanan pada gording**

Type	D	L	R	W	
Arah	(kN/m)	(kN)	(kN/m)	Tekan	Hisap
X	0,13385	0,8751	0,16863	0,07962	0,02403
Y	0,02481	0,1633	0,03125	0,01406	0,00445



**gambar 2. Skema Pembebanan Gording**

Profil gording yang memenuhi CNP 150.65.20.3.2

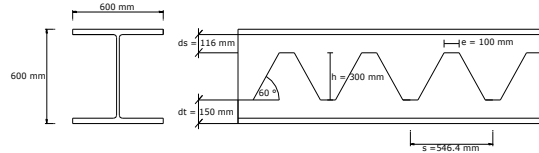
**Analisa Pada Kuda-Kuda** Dari analisa pembebanan yang dilakukan didapat gaya-gaya yang bekerja pada gording seperti pada table berikut:

**Tabel 2. Pembebanan pada gording**

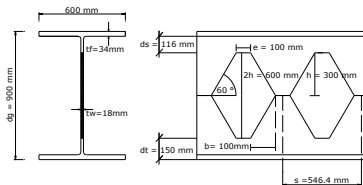
Type	D	La	R	Wtekan	Whisap
Beban	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Oversteck	0.73831	0.89	0.63004	0.28545	0.08978
Tepi	1.10463	0.89	1.36509	0.64455	0.19452
Tengah	1.15696	0.89	1.4701	0.69414	0.20949
Puncak	0.79064	0.89	0.73505	0.34707	0.10474

Dengan analisa menggunakan program bantu STAADPRO v8i Profil yang didapat untuk kuda-kuda adalah Balok WF 700.600.18.34 dan Kolom WF 700.600.18.34 dengan rasio keamanan 0.983 dimana bisa dikatakan efisien.

**Pendimansian Balok Castella** profil awal yang digunakan adalah H beam 600.600.18.34. Mengalami kenaikan tinggi sebesar 1,5 kali menjadi profil I 900.600.18.34. Dipakai pola segienam dengan sudut 60°.



**Gambar 3. Pola Pemotongan Baja Wf**



**Gambar 4. Hasil Pendimansian Castella**

**Cek Penampang Kompak, Tidak Kompak , atau langsing.**

**Sayap**

$$\lambda = b/2t_f = 600/2.34 = 8,823$$

$$\lambda_p = 170/\sqrt{f_y} = 170/\sqrt{290} = 17,029$$

$$\lambda \leq \lambda_p \dots\dots\dots \text{Kompak}$$

**Web**

$$\lambda = h/t_w = 900/18 = 50$$

$$\lambda_p = 665/\sqrt{f_y} = 665/\sqrt{290} = 39,050$$

$$\lambda \geq \lambda_p \dots\dots\dots \text{Non Kompak}$$

**Komponen Struktur Menahan Tekanan Aksial.**

$$k_c = 4/\sqrt{h/t_w} = 4/\sqrt{900/18} = 0,566$$

**Sayap**

$$\lambda = b/2t_f \leq 0,64 \times \sqrt{\frac{k_c \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda = 600/(2.34) = 8,823$$

$$0,64 \times \sqrt{\frac{k_c \cdot E}{f_y}} =$$

$$0,64 \times \sqrt{\frac{0,566 \cdot 200000}{290}} = 12,644$$

$$8,823 \leq 12,644 \dots\dots\dots \text{OK}$$

**Badan**

$$\lambda = h/t_w \leq 1,49 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda = 900/18 = 50$$

$$1,49 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 39,13$$

$$50 \geq 39,13 \dots \dots \text{NO}$$

(diberi pengaku /stiffner pada perhitungan torsi lateral dibawah)

**Komponen Struktur Menahan Tekanan Lentur**

**Sayap**

$$\lambda = b/2t_f = 600/(2.34) = 8,823$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 9,9793$$

$$\lambda < \lambda_p \dots \dots \text{OK}$$

**Badan ( Web ) Non Kompak**

$$\lambda = h/t_w = 900/18 = 50$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$5,7 \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 149,689$$

$$\lambda < \lambda_p \dots \dots \text{OK}$$

**Kontrol Profil Terhadap Momen**

$M_u \leq \phi \cdot M_n$   
 Dimana :  
 $M_u$  = Momen Ultimate : 1664,467 kNm  
 $\phi$  = koefisien = 0,9  
 $M_n$  =  $S_g \cdot F_y$   
 $S_g$  = modulus tahanan balok castella ( mm<sup>3</sup> ) = 18.207.523 mm<sup>3</sup>  
 $M_n$  =  $S_q \cdot F_y$   
 $= 18.207.523 \times 290$   
 $= 5280181671,5 \text{ Nmm}$   
 $= 5280,182 \text{ kNm}$   
 $\phi \cdot M_n = 0,9 \cdot 5280,182$   
 $= 4752,164 \text{ kNm}$   
 $1664,467 \text{ kNm} \leq 4752,164 \text{ kNm}$   
 $M_u \leq \phi \cdot M_n \dots \dots \text{Aman}$

**Kontrol Profil Terhadap Geser**

$V_u \leq \phi \cdot V_n$   
 Dimana :  
 $V_u$  = Gaya geser maksimum : 190,427 kN  
 $\phi$  = koefisien : 0,9  
 $V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$

**Mencari nilai  $A_w$**

$A_w = t_w \cdot h$   
 $= 18 \cdot 900 = 16200 \text{ mm}^2$   
 $V_n = 0,6 \cdot 290 \cdot 16200$   
 $= 4.228.200 \text{ N} = 4228,2 \text{ kN}$   
 $\phi \cdot V_n = 0,9 \cdot 4228,2 = 3805,38 \text{ kN}$   
 $190,427 \text{ kN} \leq 3805,38 \text{ kN}$   
 $V_u \leq \phi \cdot V_n \dots \dots \text{Aman}$

**Tekuk Torsi Lateral**

Perhitungan Berdasarkan SNI 1729:2015 halaman 51-52

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$r_y = r_t =$  radius girasi dari castella 900.600.18.34

$$= bf / \sqrt{12(1 + (1/6) \cdot (\frac{h \cdot t_w}{b_f \cdot t_f}))}$$

$$= 600 / \sqrt{12(1 + (1/6) \cdot (\frac{900 \cdot 18}{600 \cdot 34})}$$

$$= 85,58 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

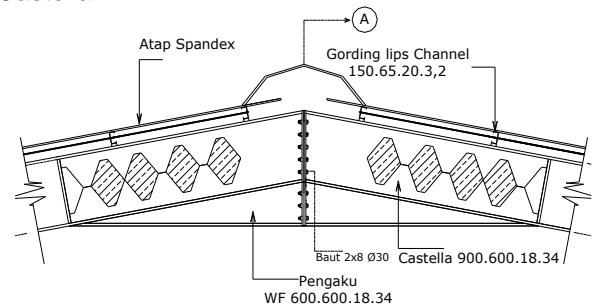
$$= 1,76 \cdot 85,58 \cdot \sqrt{\frac{200000}{290}}$$

$$= 4001,7 \text{ mm} = 4,0017 \text{ m}$$

Maka panjang jarak pengaku lateral/stiffner pada balok castella direncanakan yaitu L stiffner  $\leq 4,0017$  m di sepanjang kuda-kuda.

**Perhitungan Sambungan**

Untuk pada sambungan digunakan jumlah baut dan ukuran baut yang sama antara balok WF dan Castella.

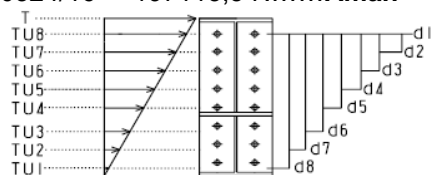


**Gambar 5. Sambungan Puncak Castella**

Dengan program bantu StaadPro didapat nilai momen dan gaya geser  
 $M_u = 915,438 \text{ kN.m}$   
 $V_u = 20,324 \text{ kN}$

**Kontrol Terhadap Geser**

Diambil control yang terkecil  
 $\phi R_n = 0,75 \times F_n \times ab \times \text{jumlah bidang geser}$   
 $= 197113,5 \text{ N}$   
 Jumlah baut dipakai 16 baut dalam 2 baris, masing-masing 8 baut dalam satu baris  
 Kontrol =  $V_u/n \leq \phi R_n$   
 $20324/16 \leq 197113,5 \text{ N} \dots \dots \text{Aman}$



**Kontrol terhadap tarik**

$T_u < T_d$   
 $T_{ui} = (M_u \times d_i) / dt$   
 $dt = (d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6 + d7 + d8)$

$T_d = \emptyset \cdot Ab \cdot F_{ub} = 328522,5 \text{ N}$   
 $T_u \text{ max ( nilai } T_u \text{ yang paling besar )} = 35317,824 \text{ N}$   
 $35317,824 \text{ N} < 328522,5 \text{ N}$   
 $T_u < T_d \dots \dots \text{ Aman}$

**Kontrol Momen**

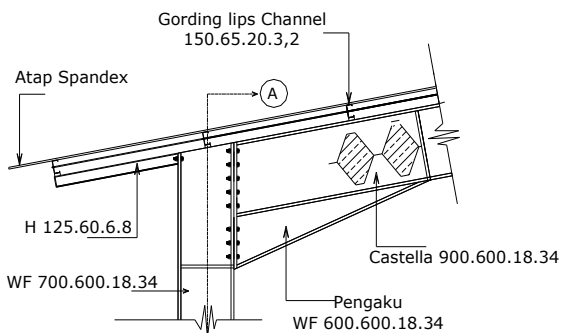
$\emptyset M_n \text{ baut} \geq M_u$   
 Kuat nominal 1 baut terhadap tarik = 328522,5 N  
 $\sum T = (T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} + T_{u5} + T_{u6} + T_{u7} + T_{u8})$   
 $\sum T = \text{didapat} = 158930,2083 \text{ N}$   
 Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut, maka  
 $T_{d2} = 328522,5 \times 2 = 657045 \text{ N}$   
 $\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 3784579200 \text{ Nmm}$

Mencari garis netral (a)

$$a = \sum T / (f_y \times b) = 0,913392$$

$$\emptyset M_n = ((0,9 \times f_y \times a^2 \times b) / 2) + \sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i$$

$= 3784644468 \text{ Nmm}$   
 $3784644468 \geq 915438000 \text{ Nmm} \dots \dots \text{ Aman}$

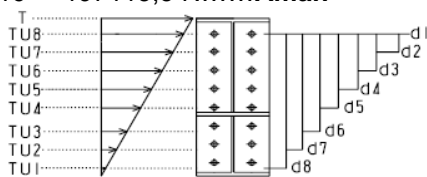


**Gambar 6. Sambungan Tepi Castella**

Dengan program bantu StaadPro didapat nilai momen dan gaya geser  
 $M_u = 1664,467 \text{ kN.m}$   
 $V_u = 190,427 \text{ kN}$

**Kontrol Terhadap Geser**

Diambil control yang terkecil  
 $\emptyset R_n = 0,75 \times F_{nw} \times a_b \times \text{jumlah bidang geser}$   
 $= 197113,5 \text{ N}$   
 Jumlah baut dipakai 16 baut dalam 2 baris, masing-masing 8 baut dalam satu baris  
 Kontrol =  $V_u/n \leq \emptyset R_n$   
 $190427/16 \leq 197113,5 \text{ N} \dots \dots \text{ Aman}$



**Kontrol terhadap tarik**

$T_u < T_d$

$T_{ui} = (M_u \times d_i) / dt$   
 $dt = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 + d_8)$   
 $T_d = \emptyset \cdot Ab \cdot F_{ub} = 328522,5 \text{ N}$   
 $T_u \text{ max ( nilai } T_u \text{ yang paling besar )} = 65280,315 \text{ N}$   
 $65280,315 \text{ N} < 328522,5 \text{ N}$   
 $T_u < T_d \dots \dots \text{ Aman}$

**Kontrol Momen**

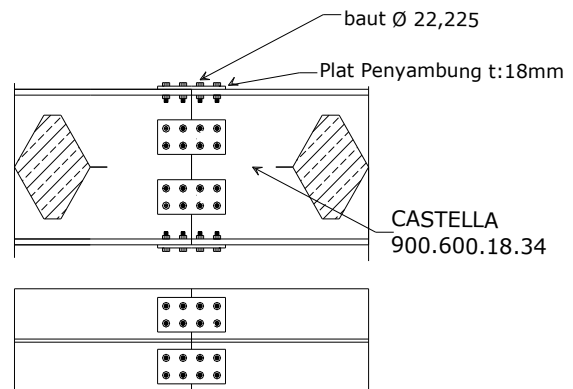
$\emptyset M_n \text{ baut} \geq M_u$   
 Kuat nominal 1 baut terhadap tarik = 328522,5 N  
 $\sum T = (T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} + T_{u5} + T_{u6} + T_{u7} + T_{u8})$   
 $\sum T = \text{didapat} = 285623 \text{ N}$   
 Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut, maka  
 $T_{d2} = 328522,5 \times 2 = 657045 \text{ N}$   
 $\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 3828929738 \text{ Nmm}$

Mencari garis netral (a)

$$a = \sum T / (f_y \times b) = 1,642$$

$$\emptyset M_n = ((0,9 \times f_y \times a^2 \times b) / 2) + \sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i$$

$= 3829145501 \text{ Nmm}$   
 $3829145501 \geq 1664467000 \text{ Nmm} \dots \dots \text{ Aman}$



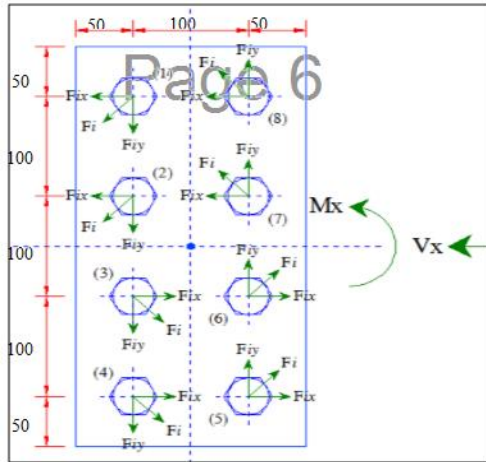
**Gambar 7. Sambungan Balok-balok Castella**

Dengan program bantu StaadPro diperoleh Momen dan gaya geser ( sambungan diletakan pada jarak geser 10,3 m dan 21 m dari rafter tepi ). Sampel perhitungan diambil pada jarak dengan momen lebih besar yaitu 21 m  
 $M_u = 806878000 \text{ Nmm}$   
 $V_u = 46463 \text{ N}$

**Kontrol Terhadap Geser**

Diambil kontrol yang terkecil  
 $\emptyset R_n = 0,75 \times F_{nw} \times a_b \times \text{jumlah bidang geser}$   
 $= 108182 \text{ N}$   
 Jumlah baut dipakai 8 baut  
 Kontrol =  $V_u/n \leq \emptyset R_n$   
 $= 46463/8 \leq 108182 \text{ N} \dots \dots \text{ Aman}$

Sambungan pada balok-balok terdapat pada badan dan sayap profil maka untuk jarak dan gaya ditabelkan sebagai berikut



**gambar 8. Gambar jarak antar baut dan Gaya pada baut (sambungan balok-balok)**

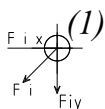
Kontrol

$$V_{ia} = Vu/n = 46463/8 = 5807,875 \text{ N}$$

**Tabel 3. Tabel Jarak Pada Baut**

i	$x_i$ (mm)	$y_i$ (mm)	$x_i^2$ (mm <sup>2</sup> )	$y_i^2$ (mm <sup>2</sup> )
1	-50	-150	2500	22500
2	-150	50	22500	2500
3	150	-150	22500	22500
4	50	50	2500	2500
5	-50	-50	2500	2500
6	-150	50	22500	2500
7	150	-50	22500	2500
8	50	150	2500	22500
			$\sum x_i^2 = 100000$	$\sum y_i^2 = 80000$
			$\sum x_i^2 + \sum y_i^2 = 180000$	

Misalkan gaya yang berkerja pada baut no1



$$F_{1x} = (Mu \cdot y_1) / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2)$$

$$F_{1y} = (Mu \cdot x_1) / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2)$$

$$F_1 = \sqrt{(V_{1a} + F_{1x})^2 + F_{1y}^2}$$

Untuk hasil perhitungan ditabelkan sebagai berikut:

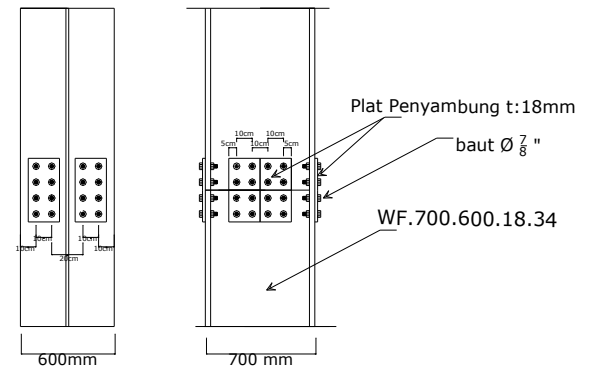
**Tabel 4. Tabel Gaya Yang Bekerja Pada Baut**

i	$Ma \cdot x_i$ (Nmm <sup>2</sup> )	$Ma \cdot y_i$ (Nmm <sup>2</sup> )	Fix (N)	Fiy (N)	Via (N)	Fi (N)
1	59162399,5	177487199	-1479,1	-493,02	5807,875	4356,800217
2	177487199	59162399,5	-493,02	-1479,1	5807,875	5516,819932
3	177487199	177487199	1479,1	-1479,1	5807,875	7435,525533
4	59162399,5	59162399,5	493,02	-493,02	5807,875	6320,153991
5	59162399,5	59162399,5	493,02	493,02	5807,875	6320,153991
6	177487199	59162399,5	493,02	1479,06	5807,875	6472,163177
7	177487199	59162399,5	-493,02	1479,06	5807,875	5516,819932
8	59162399,5	177487199	-1479,1	493,02	5807,875	4356,800217
Fmax						7435,52553

Syarat :

$$F_{max} < \phi R_n$$

$$7435,52553 < 108182 \text{ N} \dots\dots \text{Aman}$$



**Gambar 9. Sambungan Kolom**

Dengan program bantu StaadPro diperoleh nilai Pu gaya tekan ,momen dan gaya geser ( sambungan diletakan pada jarak 4,5 m dari lantai.

$$P_u = 290752 \text{ N}$$

$$M_u = 806878000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 46463 \text{ N}$$

**Merencanakan Sambungan Flens Kolom**

Digunakan plat 18mm x 200mm

$$P_{uf} = P_u \times ((b \cdot t_f) / A_g) = 113679 \text{ N}$$

Diambil kontrol yang terkecil

$$\phi R_n = 0,75 \times F_{nw} \times a_b \times \text{jumlah bidang geser} = 108182 \text{ N}$$

Baut yang dipakai 8 baut tiap 1 plat penyambung

**Kontrol terhadap geser**

$$\text{Kontrol} = V_u/n \leq \phi R_n$$

$$= 46463/8 \leq 108182 \text{ N} \dots\dots \text{Aman}$$

**Merencanakan Sambungan Web Kolom**

Digunakan plat 18mm x 200mm

$$P_{uw} = (P_u - 2 \times P_{uf}) / 2 = 31696,515 \text{ N}$$

Diambil kontrol yang terkecil

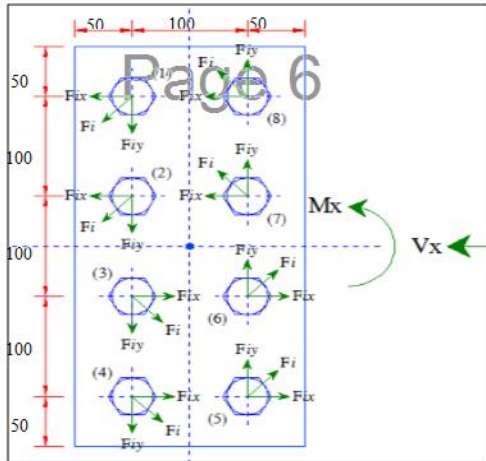
$$\phi R_n = 0,75 \times F_{nw} \times a_b \times \text{jumlah bidang geser} = 108182 \text{ N}$$

Baut yang dipakai 8 baut tiap 1 plat penyambung

**Kontrol terhadap geser**

Kontrol =  $V_u/n \leq \phi R_n$   
 $= 46463/8 \leq 108182 \text{ N} \dots \text{Aman}$

Sambungan pada kolom terdapat pada badan dan sayap profil maka untuk jarak dan gaya ditabelkan sebagai berikut



**Gambar 10. Gambar Jarak Antar Baut Dan Gaya Pada Baut (Sambungan Kolom)**

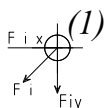
Kontrol

$V_{ia} = V_u/n = 110757/8 = 13844,625 \text{ N}$

**Tabel 5. Tabel jarak pada baut**

i	$x_i$ (mm)	$y_i$ (mm)	$x_i^2$ (mm <sup>2</sup> )	$y_i^2$ (mm <sup>2</sup> )
1	-50	150	2500	22500
2	-50	50	2500	2500
3	-50	-50	2500	2500
4	-50	-150	2500	22500
5	50	-150	2500	22500
6	50	-50	2500	2500
7	50	50	2500	2500
8	50	150	2500	22500
			$\Sigma x_i^2 = 20000$	$\Sigma y_i^2 = 100000$
			$\Sigma x_i^2 + \Sigma y_i^2 = 120000$	

Misalkan gaya yang berkerja pada baut no1



$F_{1x} = (M_u \cdot y_1) / (\Sigma x_i^2 + \Sigma y_i^2)$   
 $F_{1y} = (M_u \cdot x_1) / (\Sigma x_i^2 + \Sigma y_i^2)$

$$F_1 = \sqrt{(V_{1a} + F_{1x})^2 + F_{1y}^2}$$

Untuk hasil perhitungan ditabelkan sebagai berikut:

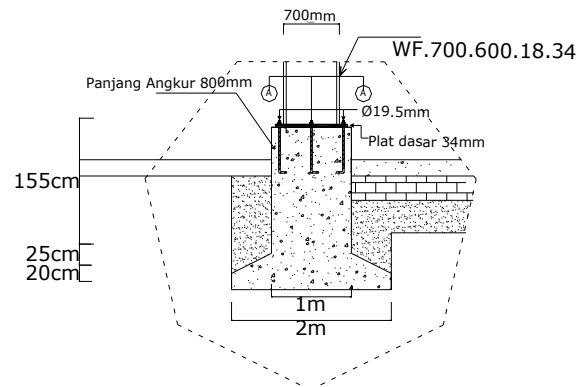
**Tabel 6. Tabel gaya yang bekerja pada baut**

i	$M_u \cdot x_i$ (Nmm <sup>2</sup> )	$M_u \cdot y_i$ (Nmm <sup>2</sup> )	Fix (N)	Fiy (N)	Via (N)	Fi (N)
1	59162399,5	177487199	-1479,1	-493,02	13844,625	12375,38956
2	59162399,5	59162399,5	-493,02	-493,02	13844,625	13360,70451
3	59162399,5	59162399,5	493,02	-493,02	13844,625	14346,11908
4	59162399,5	177487199	1479,1	-493,02	13844,625	15331,61408
5	59162399,5	177487199	1479,1	493,02	13844,625	15331,61408
6	59162399,5	59162399,5	493,02	493,02	13844,625	14346,11908
7	59162399,5	59162399,5	-493,02	493,02	13844,625	13360,70451
8	59162399,5	177487199	-1479,1	493,02	13844,625	12375,38956
<b>Fmax</b>						<b>15331,6141</b>

Syarat :

$F_{max} < \phi R_n$

$15331,6141 < 108182 \text{ N} \dots \text{Aman}$



**Gambar 11. Base Plate**

Dengan program bantu StaadPro diperoleh nilai Pu gaya tekan ,momen dan gaya geser.

$P_u = 290752 \text{ N}$

$M_u = 1664467000 \text{ Nmm}$

$V_u = 110757 \text{ N}$

**Luas Bidang Base Plate**

$P_u \leq \phi P_p$

$P_u \leq \phi (0,85 \cdot f_c \cdot a_1)$

**Dimensi Base Plate**

$\Delta = (0,95 \cdot h - 0,8 \cdot x \cdot b) / 2$

$N = \sqrt{a_1 + \Delta}$

$B = A_1 / N$

Dimensi plat dasar dipakai 900 x 900 mm

**Tebal Plat yang dibutuhkan**

$$t_p = \sqrt{\frac{2 \times P_u \times m^2}{B \times N \times (0,90 \times f_y)}}$$

tebal plat dipakai = 34 mm

**Perencanaan Baut Angkur**

$f_p = (P_u / A) \pm (M_u / w)$   
 fu angkur dipakai 825 Mpa (kekuatan tarik)  
 kuat angkur dalam geser  
 $\phi R_n = 0,75 \times R_i \times F_{nw} \times a_b \times \text{jumlah bidang geser}$   
 = 70507,42 N/angkur

**Penentuan Jumlah Angkur**

$V_u / \phi R_n = 110757/70507,42 = 1,571 \sim$  dipakai 3 angkur tiap sisinya.  
 Gaya geser yang diterima 1 angkur  
 $V_u = 110757 \text{ N} = 11294 \text{ kg}$   
 $V_{\text{angkur}} = R/n = 11294/3 = 3764,67 \text{ kg}$

**Tegangan geser yang dipikul 1 angkur**

$F_v \text{ angkur A325} = 372 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_v = V_{\text{angkur}} / A_{\text{angkur}} = 13,215 \text{ kg/cm}^2$   
 $13,215 \text{ kg/cm}^2 < 13,215 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$

**Kuat Desain Tekan dan Tarik Las Fillet**

$\phi P_{nw} > P_u$   
 $\phi P_{nw} = \phi \cdot f_{nw} \times A_{we} = 10159295 \text{ N}$   
 $10159295 \text{ N} > P_u = 290752 \text{ N}$

**Panjang angkur dihitung sebagai berikut :**

$$L = \sqrt{\frac{A_{cp}}{3,14}}$$

Dari perhitungan didapat panjang angkur yang diperlukan = 800 mm

**Perbandingan berat balok WF dan Castella**

Perhitungan berat masing-masing profil didapat dengan metode manual dengan mengkalikan volume dan berat jenis bajanya, sehingga didapat sebagai berikut  
 Baja WF 700.600.18.34  
 =  $3.22332048 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 25303,0658 \text{ kg}$   
 Baja Castella ( Profil awal 600.600.18.34 )  
 =  $3.11348448 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 24440,8532 \text{ kg}$

**KESIMPULAN**

1. Dari Hasil Analisa didapatkan ukuran profil baja WF 700.600.18.34 dan Castella 900.600.18.34 dengan profil awal Hbeam 600.600.18.34.
2. Perhitungan jumlah baut dan angkur adalah sebagai berikut :

Sambungan	Diameter Ø	Jumlah
Base Plate (angkur)	¾ "	16
Kolom-Kolom (baut)	7/8 "	96
Rafter Tepi (baut)	30 mm	192
Balok-Balok (baut)	7/8 "	16
Rafter Puncak (baut)	30 mm	32

3. Berat struktur balok gable frame menggunakan profil wf 700.600.18.34 sebesar = 25303,0658 kg dan castella 900.600.18.34 sebesar = 24440,8532 kg. Selisih berat kedua profil sebesar = 826.2126 kg per satu kuda-kuda (terdapat 8 kuda-kuda).

**DAFTAR PUSTAKA**

American Institut Of Steel Construction, Inc, 1994, "Manual Of Steel Construction, LRFD volume II, Connections", second edition. Chicago.

Badan Standarisasi Nasional, 2000 "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2015",

Badan Standarisasi Nasional, 2000 "Peraturan pembebanan indonesia untuk Gedung dan Bangunan lain, SNI 03-1729-2015",

SNI 1729 : 2015 "Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural" Badan Standardisasi Nasional ( BSN )

Setiawan Agus, 2013 "Perencanaan Struktur Baja, Metode LRFD", edisi pertama Erlangga, Jakarta

Salmon, C.G., & Johnson, J.E., 1995 "Struktur Baja 2, Desain dan Prilaku", edisi kedua, PT. Gramedia Pusat Utama, Jakarta.

W.Blodgett Orner, 1976 "Design of Welded Structures", The James F. Lincoln Arc Welding Foundation.