STUDI PERILAKU BALOK BAJA CANAI DINGIN YANG BERLUBANG DAN TIDAK BERLUBANG MENGGUNAKAN *SOFTWARE FINITE ELEMENT ANALYSIS*

Nama Mahasiswa	**: Yeni Dwi Rachmawati**
NRP	**: 3111 106 030**
Jurusan	**: Teknik Sipil FTSP – ITS**
Dosen Pembimbing I	**: Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**
Dosen Pembimbing II	**: Hidayat Soegihardjo M, Ir.,MS.,Dr**

Abstrak

Balok baja canai dingin adalah baja yang di bentuk sedemikian rupa dari sebuah pelat dalam keadaan dingin (dalam temperature atmosfir) menjadi sebuah bentuk profil. Salah satu komponen struktur sekunder yang mengguanakan bahan dasar canai dingin dan sedang di kembangkan adalah balok.

Dalam Tugas Akhir ini membahas tentang perbandingan balok baja canai dingin profil *light channel* yang memiliki lubang pada badan profil dan tidak memiliki lubang. Dari dua balok tersebut akan dihitung secara teoritis masing-masing kekuatan lentur, geser dan lendutan yang terjadil. Kemudian dianalisa lebih detail dengan *software finite element analysis*.

Dari hasil analisa penampang elemen dengan menggunakan *software finite element analysis* didapatkan nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan yang besar pada penampang balok baja canai dingin yang tidak berlubang daripada balok baja canai dingin berlubang.

Kata kunci : **canai dingin, lentur, geser, lendutan**

BEHAVIOR STUDY OF COLD FORMED STEEL BEAM WITH HOLE AND WITHOUT HOLE USING FINITE ELEMENT ANALYSIS SOFTWARE

Student Name	**: Yeni Dwi Rachmawati**
NRP	**: 3111 106 030**
Departement	**: Civil Engineering FTSP – ITS**
Supervisor I	**: Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**
Supervisor II	**: Hidayat Soegihardjo M, Ir.,MS.,Dr**

Abstract

Cold formed steel beams are steel in the shape of a plate in such a way in the cold (the temperature of the atmosphere) into a profile form. One component of the secondary structure used cold formed base material and is being developed to be beam.

In the final project was about comparing cold formed steel beam light profile channel that has a hole in the body profile and does not have holes. Of the two beams will be calculated theoretically each flexural strength, shear and deflection. Then analyzed in more detail with finite element analysis software.

From the analysis of cross-sectional elements using finite element analysis software obtained values of bending stress, shear stress and large deflection on cold formed steel beam section is not perforated .

Keyword: cold formed, bending, shear, deflection

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Baja canai dingin atau yang lebih akrab di sebut baja ringan adalah baja yang di bentuk sedemikian rupa dari sebuah pelat dalam keadaan dingin (dalam temperature atmosfir) menjadi sebuah bentuk profil. Baja canai dingin di bedakan menjadi dua yaitu baja canai dingin yang terdapat lubang di badan profil dan baja canai dingin yang berpenampang polos (tidak mempunyai lubang pada badan profil). Prinsip baja canai dingin yaitu mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Sebagai akibat canai dingin proses dimana tidak ada tegangan sisa yang menyebabkan pengurangan kekuatan material, baja canai dingin adalah salah satu material dengan rasio kekuatan dan kekakuan terhadap berat yang paling tinggi. Akan tetapi ketebalan material yang terbatas menyebabkan material tidak dapat digunakan untuk struktur yang memikul momen dan gaya tekan yang sangat besar dikarenakan kemungkinan bahaya tekuk yang tinggi

2.2 Desain Lubang Balok Baja Canai Dingin

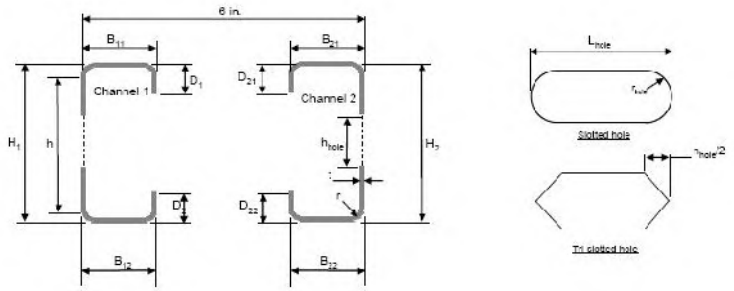
Desain lubang pada balok baja canai dingin dapat di kontrol menggunakan program *ABAQUS* seperti penelitian yang telah di lakukan oleh Christopher (2009). Pada penelitian tersebut di jelaskan bahwa terdapat persyaratan dalam pendimensian lubang pada tabel 2.1 di bawah ini

Tabel 2.1. Persyaratan perencanaan lubang pada profil C balok b baja *cold formed (Christopher,2009)*

	Hhole/h	S/Lhole	S/h	h/t
Minimum	**0,100**	**1,7**	**1,2**	**21**
Maximum	0,700	24,0	42,2	4,34

Keterangan :
h hole : tinggi lubang (mm)
h : tinggi profil (mm)
S : jarak antar lubang (mm)
L hole : panjang lubang (mm)
t : tebal profil (mm)

Penampang balok dan catatan dimensi lubang di perlihatkan pada gambar 2.1. Dengan menggunakan profil *lipped channel* dimana jari-jari diasumsikan sama dengan dua kali ketebalan profil yang di gunakan. Dalam Industri desain lubang terdapat dua jenis yaitu lubang yang ujungnya melengkung dengan lubang yang ujungnya berbentuk segitiga, lubang tersebut terletak pada badan profil.



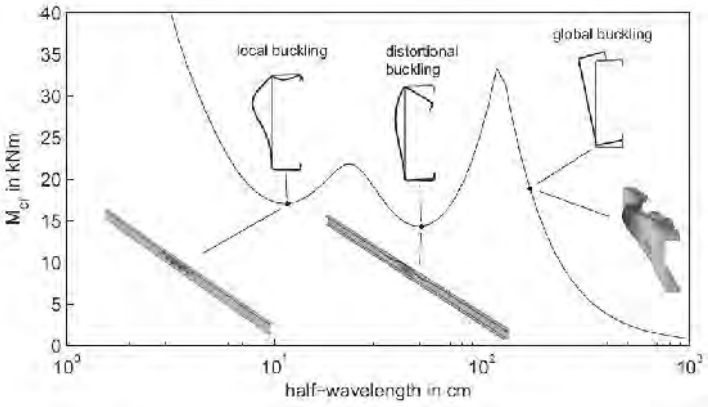
Gambar 2.1. Dimensi Lubang dan Notasi *(Christopher,2009)*

2.3 Desain Balok Baja Canai Dingin dengan metode DSM.

Baja cold formed tidak berlubang dapat di disain menggunakan Direct Strenght Methode (DSM). DSM adalah desain yang sederhana, mudah dan efisien dalam mendesain balok baja canai dingin. Metode ini dapat memprediksi kekuatan ultimate menggunakan lokal, distortional dan global yang merupakan bagian dari sifat tekuk elastis. Sifat tekuk elastis dapat di tentukan menggunakan kurva tekuk elastis yang dihasilkan dari metode *finite strip method* (FSM). Sedangkan FSM hanya bisa digunakan untuk menganalisa komponen berpenanmpang tetap sehingga balok baja canai dingin yang berlubang hanya bisa di modelkan mengguanakan *finite element method* (FEM). Balok baja canai dingin yang tidak berlubang juga bisa di modelkan menggunakan DSM karena metode ini sangat mudah untuk menetukan ukuran lubang dan jarak antar lubang pada penampang profil. (*Schafer BW* -2002). Salah satu contoh kuva tekuk elastis untuk balok dapat dilihat pada Gambar 2.3

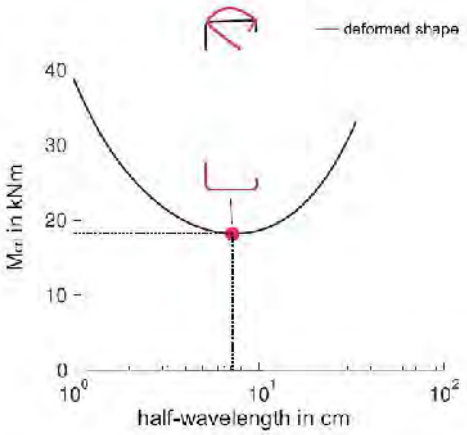
2.3.1 Tekuk Lokal

Pada balok baja canai dingin yang berlubang tekuk lokal terjadi pada luasan kotor badan dan sayap profil di atas lubang yang terkena beban tekan. Kritis elastis momen tekuk lokal balok (M_{crl}) adalah didefinisikan sebagai minimum kritis saat tekuk lokal bruto penampang ($M_{crl,nh}$) dan kritis saat tekuk lokal strip yang berdekatan dengan lubang ($M_{crl,h}$):



Gambar 2.2. kurva tekuk elastis pada balokbaja cold formed (Schafer BW,2002)

$$M_{crl} = min(M_{crl,nh}, M_{crl,h}) \qquad (2.1)$$



Gambar 2.3. kurva tekuk lokal kegagalan pada penampang profil canai (Moen,2007)

Nilai M_{crl} pada balok baja cold formed yang tidak berlubang rata-rata 16,07 kNm. Koefisien variasinya adalah 1,5% dan setengah panjang nilai tekuk lokal yaitu sekitar 113mm (4,4 in). Sedangkan nilai koefisien variasi dari $M_{crl,n}$ adalah 1,6% dan setengah panjang nilai tekuk lokal yaitu sekitar 81mm (3,2 in). Sehingga momen kritirs tekuk lokal pada balok baja canai dingin tanpa lubang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan lubang (Moen, 2007).

2.3.2 Tekuk Global

Tekuk global adalah gabungan antara tekuk lateral dan tekuk torsional dimana kondisi ini penampang balok akan terpuntir dan sayap tertekan akan tertekuk kearah lateral. Pengaruh momen terhadap tekuk global apabila jarak penahan lateral semakin besar maka momen yang di terima semakin kecil sedangkan momen yang bekerja pada balok bertambah, maka lendutan kearah lateral juga semakin besar dan akhirnya mencapai momen kritis. Momen kritis tekuk global (M_{cre}) untuk balok baja canai dingin tanpa lubang (Moen dan Schafer, 2009).

$$M_{cre} = \frac{\pi}{kL}\sqrt{EI_z\left(GJ + EC_w\left(\frac{\pi}{kL}\right)^2\right)} \qquad (2.2)$$

dimana

K = konstanta
L = Panjang Unbraced
E = Modulus Elastisitas
I_z = Momen Inersia
G = Modulus Geser
J = Torsi konstan
C_w = warping torsion constant

Nilai momen kritis tekuk global M_{cre} balok baja canai dingin berlubang adalah sebagai berikut :

$$M_{cre} = \frac{\pi}{kL}\sqrt{EI_{s,wavg}\left(GJ_{wavg} + EC_{w,net}\left(\frac{\pi}{kL}\right)^2\right)} \qquad (2.3)$$

Untuk nilai $I_{s,wavg}$ dapat di hitung mengguanakan persamaan berikut ini:

$$I_{s,wavg} = \frac{I_{z,g}L_g + I_{z,net}L_{net}}{L} \qquad (2.4)$$

Dimana

$I_{z,g}$ = Inersia penampang bruto sumbuh terlemah

L = Total panjang tanpa pengikat

L_g = total panjang tanpa pengikat dikurangi panjang lubang

$I_{z,net}$ = Inersia penampang neto sumbuh terlemah

L_{net} = jumlah panjang lubang

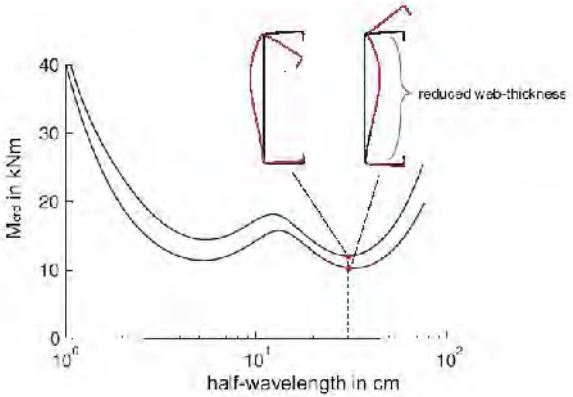
2.3.3 Tekuk Distorsional

Pada awalnya tekuk distorsinal terjadi pada setengah panjang bentang dan ditentukan untuk penampang bruto balok. Menurunnya kekakuan lentur disebabkan oleh lubang di web dianggap sebagai pengurangan ketebalan seluruh web balok. Persamaan berikut memberikan ketebalan web berkurang:

$$t_r = \left(1 - \frac{L_h}{L_{crd}}\right)^{\frac{1}{3}} t \qquad (2.5)$$

Dimana

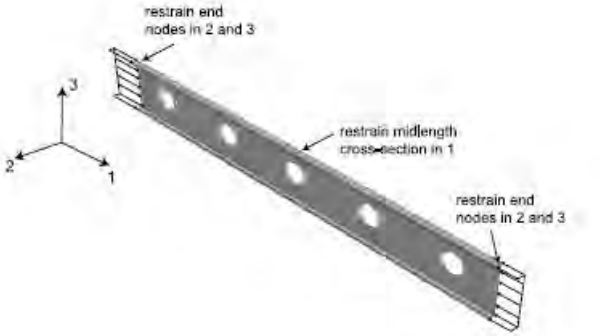
L_h	= panjang lubang
L_{crd}	= setengah panjang gelombang dari bruto penampang
t_w	= ketebalan web



Gambar 2.4. Kurva tekuk elastis untuk penampang bruto dan untuk penampang neto (Moen,2007)

2.4 Verifikasi *lateral-torsional buckling* terhadap balok baja canai dingin yang berlubang dengan program ABAQUS

Balok baja canai dingin di evaluasi saat balok seragam. Balok dimodelkan sebagai pembengkokan bebas dan penampang di garis tengah longitudinal seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.5. Batas profil dan kondisi pembebanan

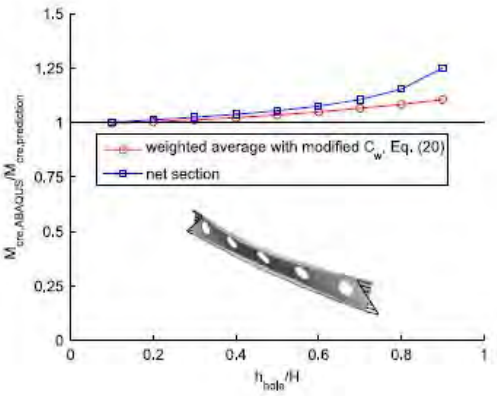
Nilai perbandingan momen kritis (*M_{cr}*) yang dihasilkan dari ABAQUS dan berat rata-rata semakin kecil dengan semakin besar diameter lubang hal ini terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2. Pengaruh diameter lubang pada tekuk global

Bucking mode	Comparison	h_{hole}/H									ABAQUS-to-predicted statistics	
		0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	μ	σ
Columnweak-axis flexural buckling	$P_{cr,ABAQUS}/P_{cr,no\ hole}$[a]	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.84	0.79	0.72	0.61	–	–
	$P_{cr,ABAQUS}/P_{cr,weighted\ average}$[a]	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.90	0.90	0.88	0.84	0.90[b]	0.03
	$P_{cr,ABAQUS}/P_{cr,net\ section}$[a]	0.95	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05	1.09	1.15	1.25	1.05[b]	0.10
Columnflexural-torsional buckling	$P_{cr,ABAQUS}/P_{cr,no\ hole}$	0.90	0.96	0.92	0.86	0.70	0.71	0.64	0.55	0.44	–	–
	$P_{cr,ABAQUS}/P_{cr,weighted\ average}$	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.03	1.05	1.03	1.02	0.01
	$P_{cr,ABAQUS}/P_{cr,net\ section}$	1.08	1.15	1.20	1.25	1.28	1.29	1.34	1.37	1.45	1.27	0.12
Beam lateral–torsional buckling	$M_{cr,ABAQUS}/M_{cr,no\ hole}$	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.91	0.86	0.79	0.68	–	–
	$M_{cr,ABAQUS}/M_{cr,weighted\ average}$	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05	1.06	1.08	1.10	1.04	0.04
	$M_{cr,ABAQUS}/M_{cr,net\ section}$	1.00	1.01	1.02	1.04	1.05	1.07	1.10	1.15	1.25	1.08	0.08

[a] ABAQUS results are systematically 7% lower than the Euler buckling solution. The difference is caused by the assumption of a rigid cross-section in the classical stability equations, see [18] for details.
[b] Compare μ (mean) to a baseline of 0.93, not 1.0, because of 7% systematic difference caused by the rigid cross-section assumption.

Untuk nilai perbandingan momen kritis terhadap dimensi lubang akan di perlihatkan pada grafik ABAQUS di bawah ini.



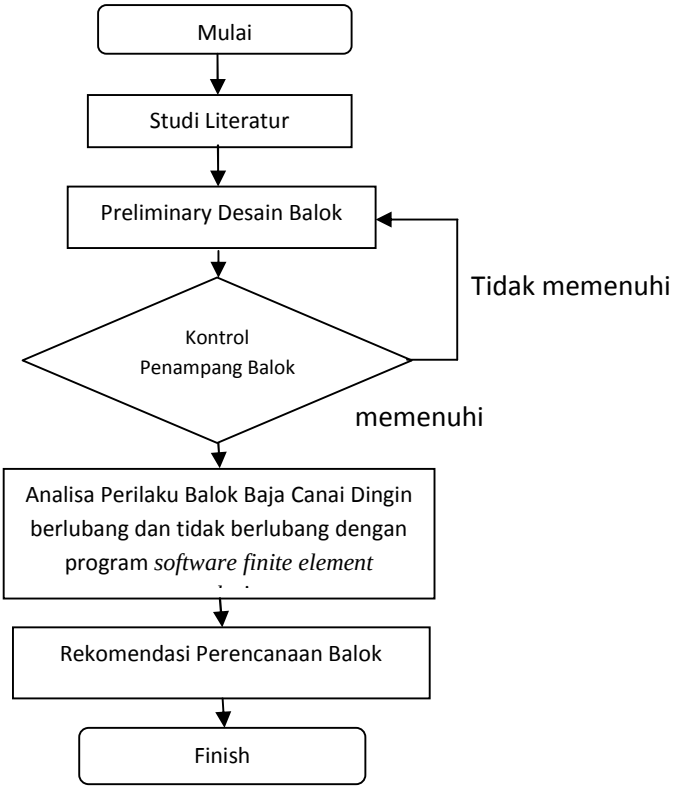
Gambar 2.6. Perbandingan M_{cr} berat rata-rata dan M_{cr} ABAQUS dengan diameter lubang terhadap lateral-torsional bukling

"Halaman ini sengaja di kosongkan"

BAB III
METODOLOGI

3.1 Flowchart

Dalam penulisan tugas akhir di perlukan tahap-tahap dalam pengerjaan agar tepat sasaran dalam pengerjaanya. Berikut ini tahap-tahap pengerjaan yang tertera dalam bentuk flowchart.



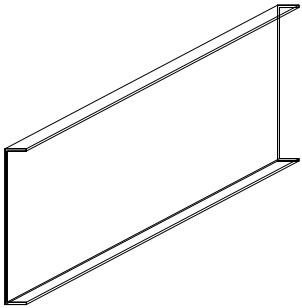
Gambar 3.1 Flowchart Metode

3.2 Studi Literatur.

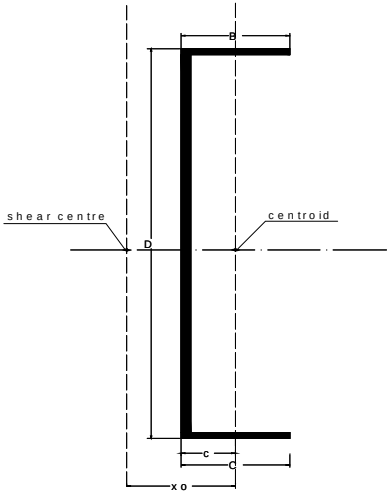
Studi literatur dilakukan dengan membaca, mengambil beberapa data referensi, dan juga kesimpulan dari beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan juga peraturan-peraturan yang dapat dipakai untuk tugas akhir ini. Peraturan yang di gunakan adalah peraturan AISI S100-2007 (*American Iron Steel Institute*) dan SNI 1729-2002paja canai dingin akan di lakukan pemilihan profil yang akan di pakai, pendimensian lubang pada penampang profil dan permodelan balok baja canai dingin.

3.2.1 Pemilihan profil baja canai dingin

Perencanaan dimensi balok baja canai dingin menggunakan profil lipped channel dengan 3 dimensi yang berbeda-beda. Pemilihan profil ini berdasarkan kesamaan tebal pada masing-masing profil baik untuk yang berlubang maupun tidak berlubang. Tabel di bawah ini merupakan dimensi profil *light channel* yang akan di pakai untuk desain balok baja canai dingin.



Gambar 3.2 Profil *light channel*



Gambar 3.3 Detail profil *light channel*

Tabel 3.1 Dimensi profil *light channel* balok canai dingin tanpa lubang

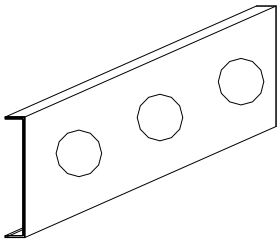
Profil	**Dimensi (mm)**				**Berat Profil (kg/m)**
	D	**B**	**C**	**T**	
LC 350.50.50.4,0	350	50	50	4	13,70
LC 300.50.50.4,0	300	50	50	4	12,10
LC 250.50.50.4,0	200	50	50	4	10,10

Tabel 3.2 Dimensi profil *light channel* balok baja canai dingin berlubang

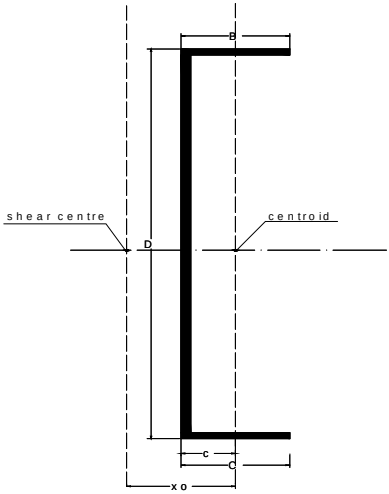
Profil	Dimensi (mm)				Berat Profil (kg/mm)
	D	B	T	L	
LC 350.50.50.4,5	350	50	50	4,5	15,40
LC 300.50.50.4,5	300	50	50	4,5	13,60
LC 250.50.50.4,5	350	50	50	4,5	10,6

3.2.2 Perencanaan lubang penampang balok baja canai dingin

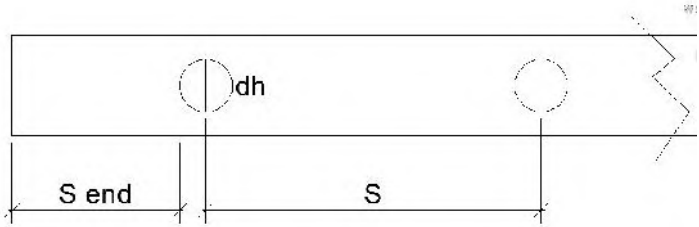
Balok baja canai dingin yang berlubang di gunakan 3 profil *light channel* yang mempunyai dimensi yang berbeda yaitu LC.350.50.50.4,5, LC.300.50.50.4,5 dan LC. 250.50.50.4,5. Perencanaan lubang pada profil *light channel* balok baja canai dingin di rencanakan, yaitu untuk diameter lubang dan jarak antar lubang.



Gambar 3.4 Profil *light channel* yang berlubang pada badan profil



Gambar 3.5 Potongan melintang *light channel* yang berlubang pada badan profil



Gambar 3.6 Lubang pada penampang profil *light channel* yang berlubang pada badan profil

Lubang direncanakan berbentuk lingkaran dengan persyaratan sesuai dengan peraturan AISI S100-2007 Pasal B2-2 dengan persyaratan sebagai berikut :

- Untuk $0{,}50 \geq \frac{dh}{w} \geq 0$ dan $\frac{D}{t} \leq 70$
- Jarak antar lubang $S \geq 0{,}5w$ dan $S \geq 3d_h$
- Jarak dari lubang sampai tepi profil (S_{end}) ≥ 254 mm

3.2.3 Permodelan Balok

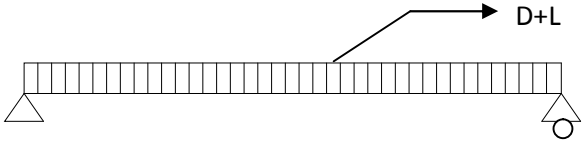
Dalam pengerjaan tugas akhir ini akan menganalisa kekuatan balok baja canai dingin yang berlubang dan balok baja canai dingin yang tidak berlubang menggunakan masing-masing 3 profil *light channel* yang berbeda.

Balok di modelkan sebagai balok anak dan akan dianalisa perilakunya menggunakan metode analitis dan software *finite element analysis*. Perencanaan balok dalam tugas akhir ini meliputi:

- Panjang balok = 3,00 m
- Mutu baja canai dingin = ASTM, A607
  - f_u : 70 Ksi = 482,650Mpa
  - f_y : 55 Ksi = 379,225Mpa

3.2.4 Pembebanan Pada Struktur

Pembebanan pada balok baja canai dingin digunakan beban yang di berikan tegak lurus terhadap sumbu aksial batang. Beban aksial ini berupa beban gravitasi yaitu beban mati dan beban hidup. Pembebanan di asumsikan berupa beban lantai yang biasa di berikan pada balok anak.



Gambar 3.7 Pembebanan pada balok baja canai dingin

3.3 Kontrol Elemen Struktur

Setelah diketahui gaya dalam dari elemen portal, maka dilakukan kontrol pada elemen-elemen tersebut. (AISI S100-2007)

Perhitungan Kontrol Elemen Balok

- **Kontrol lebar sayap terhadap ketebalan profil (AISI S100-2007 B1.1.a.(1)(i))**

  $\frac{w}{t}$ < 60 (3.1)

- **Kontrol tinggi badan terhadap ketebalan profil (AISI S100-2007 B1.2.a)**

  $\frac{h}{t}$ < 200 (3.2)

- **Kontrol Kuat Nominal Lentur(AISI S100-2007)**

  $M_n = S_e F_y$

- **Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur (AISI S100-2007)**

  $M_{u\,max} \leq \varphi M_n$, $\varphi = 0{,}9$ (3.3)

- **Kontrol Kuat Nominal Lentur Penampang Balok Pengaruh Tekuk Torsi Lateral (AISI S100-2007 C3.1.2.1)**

  $M_n = S_c F_c$

  dimana;

  Untuk $F_e \geq 2{,}78\ F_y$ maka $F_c = F_y$ (3.4)

  Untuk $2{,}78\ F_y > F_e > 0{,}56\ F_y$ maka

  $F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10F_y}{36F_e}\right)$ (3.5)

  Untuk $F_e \leq 0{,}56\ F_y$ maka $F_c = F_e$ (3.6)

  $F_e = \frac{C_b r_0 A}{S_f} \sqrt{\sigma_{ey}\sigma_t}$ (3.7)

  $C_b = \frac{12{,}5\,M_{max}}{2{,}5\,M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$ (3.8)

  $r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2}$ (3.9)

  $\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(Ky\frac{Ly}{ry})^2}$ (3.10)

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_o^2}\ GJ + \frac{\pi^2 E\, C_w}{K_t L_t^{\,2}} \qquad (3.11)$$

- **Kontrol Kuat Nominal Geser (AISI S100-2007 C3.2)**

Pada perhitungan kuat geser ada dua macam yaitu perhitungan pada balok baja canai dingin yang berlubang dan tidak berlubang.

- *Kontrol balok baja canai dingin yang tidak belubang terhadap kekuatan geser* (AISI S100-2007 pasal C3.2.1)

$V_u \le \varphi V_n$ (3.12)

φ = 0,95 (LRFD)

dimana ;

$V_n = A_w F_v$ (3.13)

$A_w = ht$ (3.14)

Persyaratan F_v adalah sebagai berikut :

Untuk $\frac{h}{t} \le \sqrt{\frac{Ek_v}{F_y}}$ maka $F_v = 0{,}60\ F_y$ (3.15)

Untuk $\sqrt{\frac{Ek_v}{F_y}} \le \frac{h}{t} \le 1{,}51\ \sqrt{\frac{Ek_v}{F_y}}$ maka

$$F_v = \frac{0{,}60\ \sqrt{Ek_v F_y}}{\frac{h}{t}} \qquad (3.16)$$

Untuk $\frac{h}{t} > 1{,}51\ \sqrt{\frac{Ek_v}{F_y}}$ maka

$$F_v = 0{,}904 \frac{Ek_v}{\left(\frac{h}{t}\right)^2} \qquad (3.17)$$

Dimana :

K_v = 5,34, untuk *unreinforced web* profil balok

K_v untuk badan profil balok dengan pengaku melintang adalah :

a. Jika a/h ≤ 1,0 → $K_v = 4{,}00 + \frac{5{,}34}{(h/t)^2}$ (3.18)

b. Jika a/h >1,0 → $K_v = 5{,}34 + \frac{4{,}00}{(h/t)^2}$ (3.19)

- *Kontrol balok baja canai dingin yang belubang terhadap kekuatan geser* (AISI S100-2007 pasal C3.2.2)
  a. $d_h/h \leq 0,7$
  b. $h/t \leq 200$
  c. Lubang berada di tengah-tengah badan profil
  d. Jarak antar lubang (S) ≥ 457 mm
  e. Untuk lubang bukan berbentuk lingkaran, sudut radius ≥ 2t
  f. Untuk lubang bukan berbentuk lingkaran, dh ≤ 64mm dan Lh ≤ 114mm
  g. Untuk lubang berbentuk lingkaran, 14mm< d_h ≤ 152mm

  Untuk badan profil yang berlubang kekuatan geser nominal (V_n) harus dikalikan dengan factor reduksi dan q_s. Persyaratan q_s sebagai berikut :
  Jika $c/t \geq 54$ maka, $q_s = 1,0$
  Jika $5 \leq c/t \leq 54$ maka, $q_s = c/(54t)$
  dimana;
  $c = h/2 - d_h/2,83$, untuk lubang berbentuk lingkaran
  $c = h/2 - d_h/2$, untuk lubang bukan lingkaran

- Kombinasi kuat lentur dengan kuat geser (AISI S100-2007 C3.3.2)

a. Untuk balok dengan *unreinforced web*

$$\sqrt{\left(\frac{Mu}{\phi_b M_n}\right)^2 + \left(\frac{Vu}{\phi_v V_n}\right)^2} \leq 1,0 \qquad (3.20)$$

b. Untuk badan profil balok dengan pengaku melintang
Jika $\frac{Mu}{\phi_b M_n} \leq 0,5$ dan $\frac{Vu}{\phi_v V_n} > 0,7$ maka

$$0,6\ \frac{Mu}{\phi_b M_n} + \frac{Vu}{\phi_v V_n} \leq 1,3 \qquad (3.21)$$

- **Kontrol web criping (AISI S100-2007 C3.4.1)**

$$P_n = Ct^2 \; F_y \sin\theta \quad 1 - C_R \frac{\overline{R}}{t} \quad 1 + C_N \frac{\overline{N}}{t} \quad 1 - C_H \frac{\overline{H}}{t}$$

Dimana :

Pn : kekuatan Nominal dari web crippling
C : koefisien dari tabel C.3.4.1-2
t : ketebalan badan profil
Fy :tegangan leleh
ɵ :sudut pada pertemuan sayap dan badan profil antara $45^o < \theta < 90^o$
C_R : koefisien. radius lihat tabel C 3.4.1-2
R : Inside bend radius
C_N : koefisien panjang lihat tabel C 3.4.1-2
N : Bearing Length minimum 0.75 inc atau 19 mm
C_h : koefisien web slenderness lihat tabel C 3.4.1-2
h : panjang bersih profil

TABLE C3.4.1-2
Safety Factors, Resistance Factors, and Coefficients for Single Web Channel and C-Sections

Support and Flange Conditions		Load Cases		C	C_R	C_N	C_h	USA and Mexico		Canada LSD ϕ_w	Limits
								ASD Ω_w	LRFD ϕ_w		
Fastened to Support	Stiffened or Partially Stiffened Flanges	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.14	0.35	0.02	1.75	0.85	0.75	R/t ≤ 9
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	0.80	R/t ≤ 5
		Two-Flange Loading or Reaction	End	7.5	0.08	0.12	0.048	1.75	0.85	0.75	R/t ≤ 12
			Interior	20	0.10	0.08	0.031	1.75	0.85	0.75	R/t ≤ 12
Unfastened	Stiffened or Partially Stiffened Flanges	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.14	0.35	0.02	1.85	0.80	0.70	R/t ≤ 5
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	0.80	
		Two-Flange Loading or Reaction	End	13	0.32	0.05	0.04	1.65	0.90	0.80	R/t ≤ 3
			Interior	24	0.52	0.15	0.001	1.90	0.80	0.65	
	Unstiffened Flanges	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.40	0.60	0.03	1.80	0.85	0.70	R/t ≤ 2
			Interior	13	0.32	0.10	0.01	1.80	0.85	0.70	R/t ≤ 1
		Two-Flange Loading or Reaction	End	2	0.11	0.37	0.01	2.00	0.75	0.65	R/t ≤ 1
			Interior	13	0.47	0.25	0.04	1.90	0.80	0.65	

Keterangan :

w = Lebar datar sayap profil
h = Panjang datar badan profil
t = Tebal profil
M_u = Momen ultimate
φ = Faktor reduksi
M_n = Momen nominal
S_c = Modulus elastisitas efektif sampai tekan ekstrim
F_c = Tegangan kritis lateral torsi bukling
F_e = Tegangan elastis lateral torsi bukling
F_y = Tegangan leleh pada baja
C_b = Koefisien momen lentur
r_o = Pusat jari-jari girasi
A = Luasan section area
S_f = Modulus elastis pada profil mengalami tekan
M_{max} = Momen maksimum
M_A = Momen seperempat bentang
M_B = Momen setengah bentang
M_c = Momen ¾ bentang
r_x = Jari-jari girasi sumbu x
r_y = Jari-jari girasi sumbu y
x_o = Jarak dari pusat geser ke pusat masa sepanjang sumbu utama (sumbu x)
E = Modulus elastisitas baja
K_y = Faktor panjang efektifuntuk lentur sumbu y
L_y = Panjang penampang lemah untuk lentur sumbu y
G = Modulus Geser
J = KonstantaTorsi
C_w = Konstanta Warping
K_t = Faktor panjang efektif untuk torsi
L_t = Panjang penampang lemah untuk torsi
S_{fy} = Modulus elastis pada saat pertama kali leleh
V_u = Kuat geser ultimate
V_n = Kuat geser nominal
A_w = Luas badan profil

F_v = tegangan geser
k_v = Koefisien geser bukling,
a = geser panel sepanjang tekuk pada badan profil
μ = rasio poisson (0,3)

3.4 Analisa Perilaku Balok Baja Canai Dingin dengan *Software Finite Element Analysis.*

Tahap ini merupakan tahap analisa perilaku struktur balok dengan menggunakan program *finite element analysis*. Dari tahapan ini akan diketahui besarnya deformasi, tegangan dan regangan yang terjadi pada balok baja canai dingin yang telah direncanakan. Adapun langkah langkah dalam pemodelan di abaqus adalah sebagai berikut :

3.4.1 Parts

Tahap ini merupakan penggambaran dari bentuk awal geometric struktur dengan menggunakan titik titik kordinat dalam penggambaran untuk masing masing struktur.

Gambar 3.9 Penampang balok *light lip channel* menggunakan program *Finite element Analysis*

3.4.2 Materials.

Tahap ini merupakan penentuan jenis material yang digunakan untuk masing masing elemen .

3.4.3 Assembly

Merupakan penggabungan elemen elemen yang telah dibuat menjadi satu kesatuan.

Gambar 3.10 Penampang silinder yang akan di gunakan membuat lubang pada profil Light Lip Channel

Gambar 3.11 Penampang balok *light lip channel* yang akan di gabungkan dengan penampang silinder.

"Halaman ini sengaja di kosongkan"

BAB IV
PRELIMINARY DESAIN BALOK

4.1. Data Perencanaan

Dalam perencanaan di gunakan balok baja canai dingin yang berlubang dan tidak berlubang menggunakan masing-masing 3 profil *light channel*. Balok tersebut di rencanakan sebagai balok anak yang di asumsikan menumpu pada balok induk bentang 6m. Berikut ini data-data perencanaan yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi balok anak:

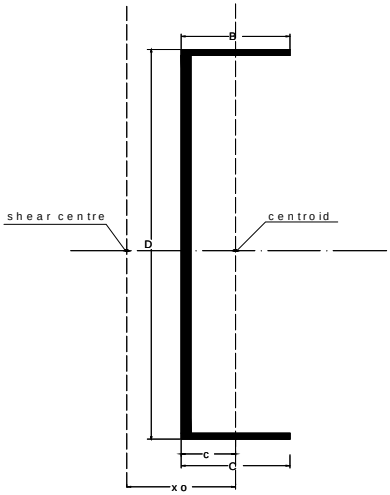
- Panjang Balok (L)= 3,00 m
- Mutu baja canai dingin = ASTM-A607
  - *fu* : 70 Ksi = 480,650 Mpa
  - *fy* : 55 Ksi = 379,225 Mpa

4.2. Preliminary Desain Balok.

4.2.1 Perencanaan dimensi balok anak baja canai dingin.

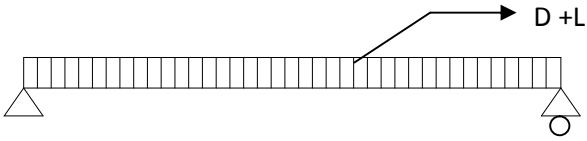
Balok anak sebagai struktur sekunder berfungsi sebagai pembagi beban dan membagi luasan lantai agar tidak terlalu lebar, sehingga mempunyai kekauan yang cukup. Balok anak menupu di atas tumpuan sederhana.

Perencanaan dimensi balok anak baja canai dingin menggunakan profil *light channel* dengan 6 dimensi yang berbeda-beda, yaitu masing-masing 3 dimensi untuk balok yang berlubang dan tidak berlubang. Serta dengan panjang bentang yang berbeda-beda 2m, 2,5m dan 3m.

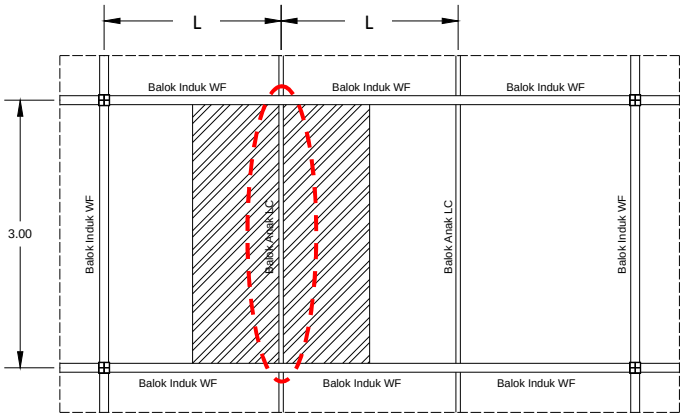


Gambar 4.1 profil *light channel*

Beban-beban yang bekerja pada balok baja canai dingin ini di asumsikan hanya beban mati dan hidup. Pembebanan di asumsikan seperti pembebanan balok anak pada rumah lantai 2.



Gambar 4.2 Model Pembebanan beban mati dan beban hidup pada balok baja canai dingin



Gambar 4.3 Denah pembalokan letak balok anak yang akan direncanakan.

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah:

1. **Perencanaan Pembebanan Balok 350.50.50.4,5 dan 350.50.50.4**

Beban mati

-Berat bondeks :

10,1 kg/m^2 x 3m = 30.3 kg/m

-Berat sendiri plat:

0,1m x 2400 kg/m^3 x 3m = 720 kg/m

-Berat sendiri profil (taksiran) = 18 kg/m

-Berat spesi lantai (t=2cm) :

0,02m x 2100 kg/m^3 x 3m = 126 kg/m

-Berat lantai keramik (t=2cm) :

0,02m x 1400 kg/m^3 x 3m = 84 kg/m

-Berat rangka+plafond (18 kg/m^2) :

18 kg/m^2 x 3m = 54 kg/m

- Ducting AC dan pipa :

40kg/m^2 x 3m = 120 kg/m

Berat Total (Q_D) = 1148 kg/m

- Berat pengikat (10% berat total)

10% x 1148kg/m	= 77,42 kg/m
Berat Total (Q_D)	**= 1262,8 kg/m**
	= 12.628 N/mm

- **Beban Hidup**

  Q_L = 250 kg/m² x 3m
  = 750 kg/m
  = 5 N/mm

- **Beban berfaktor**

  Q_u = 1,2 Q_D +1,6 Q_L
  = 1,2 (12.628 kg/m) +1,6 (750 kg/m)
  = 2715.36 kg/m
  = 27.1536 N/mm

- **Momen yang terjadi**

  M_u= 1/8 x Q_u x L²
  = 1/8 x 2715.36 kg/m x (3m)²
  = 305478 kg.m
  = 30547800 N.mm

Dengan mengasumsikan balok termasuk penampang kompak, bentang pendek dan mutu baja yang digunakan adalah ASTM-A607(f_y = 3792,25 kg/cm²), maka:

$M_u < Ø\ Mn$

$M_u < Ø \times Z_x \times f_y$

$Z_x > \frac{Mu}{Ø \times fy}$

$Z_x > \frac{30547800\ \text{N.mm}}{0{,}9 \times 379{,}225\ \text{kg/cm}^2}$

$Z_x > 89503.59\ \text{mm}^3$

2. Perencanaan Pembebanan Balok 300.50.50.4,5 dan 300.50.50.4

- **Beban mati**

-Berat bondeks :

10,1 kg/m^2 x 2,5m = 25,5 kg/m

-Berat sendiri plat:

0,1m x 2400 kg/m^3 x 2,5m = 600 kg/m

-Berat sendiri profil (taksiran) = 18 kg/m

-Berat spesi lantai (t=2cm) :

0,02m x 2100 kg/m^3 x 2,5m = 105 kg/m

-Berat lantai keramik (t=2cm) :

0,02m x 1400 kg/m^3 x 2,5m = 70 kg/m

-Berat rangka+plafond (18 kg/m^2) :

18 kg/m^2 x 2,5m = 45 kg/m

- Ducting AC dan pipa :

40kg/m^2 x 2,5m = 100 kg/m

Berat Total (Q_D) **= 957.35 kg/m**

- Berat pengikat (10% berat total)

10% x 957.35 kg/m = **95.75kg/m**

Berat Total (Q_D) **= 1053,1 kg/m**

= 10,531 N/mm

- **Beban Hidup**

Q_L = 250 kg/m^2 x 2,5m

= 625 kg/m

= 6,25N/mm

- **Beban berfaktor**

Q_u = 1,2 Q_D +1,6 Q_L

= 1,2 (1053,1 kg/m) +1,6 (6250 kg/m)

= 2263.702 kg/m

= 22,63702 N/mm

- **Momen yang terjadi**

  M_u= 1/8 x Q_u x L^2
  = 1/8 x 2263.702 kg/m x $(3m)^2$
  = 254666 kg.m
  = 25466600 N.mm

Dengan mengasumsikan balok termasuk penampang kompak, bentang pendek dan mutu baja yang digunakan adalah ASTM-A607(f_y = 3792,25 kg/cm^2), maka:

M_u < Ø Mn

M_u < Ø x Z_x x f_y

Z_x > $\frac{Mu}{Ø \ x \ fy}$

Z_x > $\frac{25466600 \text{ N.mm}}{0{,}9 \ x \ 379{,}225 \text{ kg/cm}^2}$

Z_x > 74615.919 mm^3

3. Perencanaan Pembebanan Balok 250.50.50.4,5 dan 250.50.50.4

- **Beban mati**

-Berat bondeks :
10,1 kg/m^2 x 2m = 20,2 kg/m
-Berat sendiri plat:
0,1m x 2400 kg/m^3 x 2m = 480 kg/m
-Berat sendiri profil (taksiran) = 18 kg/m
-Berat spesi lantai (t=2cm) :
0,02m x 2100 kg/m^3 x 2m = 84 kg/m
-Berat lantai keramik (t=2cm) :
0,02m x 1400 kg/m^3 x 2m = 56 kg/m
-Berat rangka+plafond (18 kg/m^2) :
19 kg/m^2 x 2m = 36 kg/m
- Ducting AC dan pipa :
40kg/m^2 x 2m = 80 kg/m
Berat Total (Q_D) = 774,2 kg/m

- Berat pengikat (10% berat total)

10% x 2334,3 kg/m	= 77,42 kg/m
Berat Total (Q_D)	**= 851,62 kg/m**
	= 8,5162 N/mm

- **Beban Hidup**

  Q_L = 250 kg/m² x 2m
  = 500 kg/m
  = 5 N/mm

- **Beban berfaktor**

  Q_u = 1,2 Q_D +1,6 Q_L
  = 1,2 (851,62 kg/m) +1,6 (500 kg/m)
  = 1821,944 kg/m
  = 18,219 N/mm

- **Momen yang terjadi**

  M_u= 1/8 x Q_u x L²
  = 1/8 x 1821,944 kg/m x (3m)²
  = 2049,687 kg.m
  = 20496870 N.mm

Dengan mengasumsikan balok termasuk penampang kompak, bentang pendek dan mutu baja yang digunakan adalah ASTM-A607(f_y = 3792,25 kg/cm²), maka:

$M_u < Ø\ Mn$

$M_u < Ø \times Z_x \times f_y$

$$Z_x > \frac{Mu}{Ø \times fy}$$

$$Z_x > \frac{20496870\ \text{N.mm}}{0{,}9 \times 379{,}225\ \text{kg/cm}^2}$$

$Z_x > 60055\ \text{mm}^3$

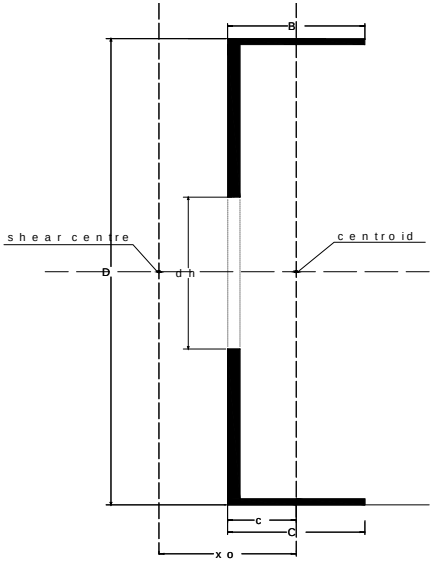
Dari perenanaan awal profil balok anak diatas memperhitungkan beban mati dan beban hidup. Sehingga, digunakan profil yang mempunyai nilai Zx lebih besar dari perencanaan awal. Berikut ini adalah profil *light channel* yang akan di gunakan dalam perencanaan balok :

Tabel 4.1 Dimensi profil balok light lip channel yang digunakan.

Profil	**Zx (mm^3)**
Profil balok yang tidak berlubang	
350.50.50.4,0	141143
300.50.50.4,0	110667
250.50.50.4,0	84000
Profil balok yang berlubang	
350.50.50.4,5	157372,26
300.50.50.4,5	123570,36
250.50.50.4,5	93045,57

4.2.2 Perencanaan dimensi lubang balok baja canai dingin

Dimensi lubang pada profil balok *light lip channel* direncanakan pada 3 buah profil. Profil tersebut diantaranya **LC 350.50.50.4,5** ; **LC 300.50.50.4,5** ; **LC 250.50.50.4,5**. Lubang terletak pada badan profil dan di rencanakan berbentuk lingkaran.



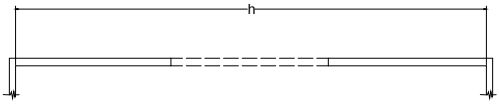
Gambar 4.3 profil *Light channel* yang berlubang

4.2.2.1 Perencanaan dimensi lubang profil LC 350.50.50.4,5

Tinggi profil	(D) :350 mm
Lebar profil atas	(B) : 50 mm
Lebar profil bawah	(C) : 50 mm
Tebal profil	(t) : 4,5 mm
Inersia arah sumbu x	(Ix) : 27500000 mm^4
Inersia arah sumbu y	(Iy) : 24700000 mm^4

Kontrol penampang profil LC 350.50.50.4,5

- **Kontrol badan profil**



Gambar 4.5 Tinggi datar badan profil (h)

- Kontrol tinggi datar profil terhadap tebal profil

  h = D – (2 x t)
  = 350 mm – (2 x 4,5 mm)
  = 341 mm

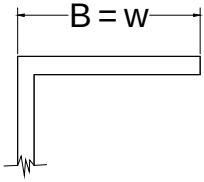
  Dengan nilai h= 341mm maka harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

  $\frac{h}{t}$ < 200

  $\frac{341\,mm}{4{,}5\,mm}$ < 200

  75,80 < 200 (memenuhi persyaratan)

- **Kontrol sayap profil**



Gambar 4.6 Lebar datar sayap profil (w)

w = B
= 50 mm

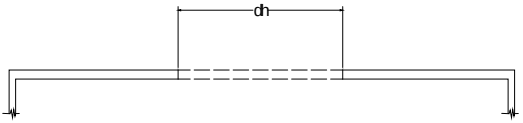
Dengan nilai w= 50mm maka harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

$\frac{w}{t}$ < 60

$\frac{50\ mm}{4{,}5\ mm}$ < 60

11,11 < 60 (memenuhi persyaratan)

- **Dimensi lubang pada badan profil LL 203.76.24.3,0**
  dh = 195 mm (di rencanakan)



Gambar 4.7 Diameter lubang pada badan profil (dh)

- **Kontrol diameter lubang terhadap tinggi profil**

$50 \geq \frac{dh}{D}$ ≥ 0

$50 \geq \frac{195\,mm}{350\ mm}$ ≥ 0

50 ≥ 0,56 ≥ 0 (memenuhi syarat)

- **Kontrol Inersia profil balok yang berlubang terhadap Inersia profil balok yang tidak berlubang.**

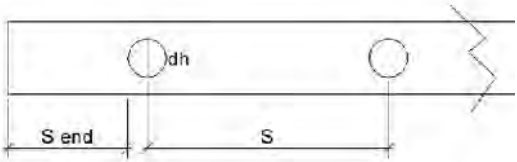
I_{lubang} = 1/12 x b x h^3
= 1/12 x 4,5 mm x $(195\ mm)^3$
= 2800000 mm^4

$Ix_{profil\ yang\ berlubang} = Ix_{profil\ sebelum\ berlubang} - I_{lubang}$
$= 27500000\ mm^4 - 2800000\ mm^4$
$= 24700000\ mm^4$

Pada inersia sumbu x (Ix) profil **LC 350.50.50.4,5** akan di bandingkan dengan inersia sumbu x (Ix) profil **LC 350.50.50.4,0** untuk mengontrol diameter yang direncanakan dapat di gunakan dalam pereencanaan balok atau tidak.

$Ix_{profil\ yang\ berlubang\ LC\ 350.50.50.4,5} = Ix_{profi\ LC\ 350.50.50.4,0}$
$24700000\ mm^4 = 24700000\ mm^4$
$24700000\ mm^4 - 24700000 mm^4 = 0$

- **Jarak lubang pada badan profil LC 350.50.50.4,5**



Gambar 4.8 Jarak antar lubang (S) dan jarak lubang ke tepi profil (S_{end})

- Jarak antar lubang (S)
  S (direncanakan) ≥ 457 mm
  481,5 mm ≥ 457 mm (memenuhi syarat)

- Jarak bagian tepi lubang ke bagian tepi profil (S_{end})
  S_{end} (direncanakan) ≥ 254 mm
  300 mm ≥ 254 mm (memenuhi syarat)

- **Banyak lubang pada badan profil LC 350.50.50.4,5**

  $n = (L - (2 \times S_{end})) : S$
  $= (3000\ mm - (2 \times 300\ mm)) : 481,5\ mm$
  $= 5$ buah

Untuk profil **LC 350.50.50.4,5** menggunakan diameter lubang (dh) = 195 mm, jarak antar lubang (S) = 481,5 mm dan jarak lubang ke tepi profil (S_{end}) = 300 mm

4.2.2.2 Perencanaan dimensi lubang profil LC 300.50.50.4,5

Tinggi profil	(D) :300 mm
Lebar profil atas	(B) : 50 mm
Lebar profil bawah	(C) : 50 mm
Tebal profil	(t) : 4,5 mm
Inersia arah sumbu x	(Ix) : 18500000 mm^4
Inersia arah sumbu y	(Iy) : 268000 mm^4

- **Kontrol penampang profil LC 300.50.50.4,5**
  - **Kontrol badan profil**
    - Kontrol tinggi datar profil terhadap tebal profil

      h = D – (2 x t)
      = 300 mm – (2 x 4,5 mm)
      = 291 mm

      Dengan nilai h= 342 mm maka harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

      $\frac{h}{t}$ < 200

      $\frac{291\,mm}{4{,}5mm}$ < 200

      64,67 < 200 (memenuhi persyaratan)

  - **Kontrol sayap profil**

    w = B
    = 50 mm

Dengan nilai w= 50 mm maka harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

$\frac{w}{t}$ < 60

$\frac{50\,mm}{4{,}5\,mm}$ < 60

11,11 < 60 (memenuhi persyaratan)

- **Dimensi lubang pada badan profil LC 300.50.50.4,5**

dh = 172 mm (di rencanakan)

- **Kontrol diameter lubang terhadap tinggi profil**

$50 \geq \frac{dh}{D}$ ≥ 0

$50 \geq \frac{172\,mm}{300mm}$ ≥ 0

50 ≥ 0,57 ≥ 0 (memenuhi syarat)

- **Kontrol Inersia profil balok yang berlubang terhadap Inersia profil balok yang tidak berlubang.**

I_{lubang} = 1/12 x b x h^3

= 0,25 x 4,5 mm x $(172\ mm)^3$

= 1900000 mm^4

$Ix_{profil\ yang\ berlubang} = Ix_{profil\ sebelum\ berlubang} - I_{lubang}$

= 18500000 mm^4 - 1900000 mm^4

= 16600000 mm^4

Pada inersia sumbu x (Ix) profil **LC 300.50.50.4,5** akan di bandingkan dengan inersia sumbu x (Ix) profil **LC 300.50.50.4,0** untuk mengontrol diameter yang direncanakan dapat di gunakan dalam pereencanaan balok atau tidak.

$Ix_{profil\ yang\ berlubang\ LC\ 300.50.50.4,5}$ = $Ix_{profil\ LC\ 300.50.50.4,0}$
16600000 mm^4 = 16600000 mm^4
16600000 mm^4 - 16600000 mm^4 = 0

- **Jarak lubang pada badan profil LC 300.50.50.4,5**
  - Jarak antar lubang (S)
    S (direncanakan) ≥ 457 mm
    481,25 mm ≥ 457 mm (memenuhi syarat)

  - Jarak bagian tepi lubang ke bagian tepi profil (S_{end})
    S_{end} (direncanakan) ≥ 254 mm
    300 mm ≥ 254 mm (memenuhi syarat)

- **Banyak lubang pada badan profil LC 300.50.50.4,5**
  n = (L – (2 x S_{end} **)**) : S
  = (3000 mm – (2 x 300 mm)) : 481,25 mm
  = 5 buah

Untuk profil **LC 300.50.50.4,5** menggunakan diameter lubang (dh) = 113 mm, jarak antar lubang (S) = 481,25 mm dan jarak lubang ke tepi profil (S_{end}) = 300 mm

4.2.2.3 Perencanaan dimensi lubang profil LC 250.50.50.4,5

Tinggi profil	(D) :250 mm
Lebar profil atas	(B) : 50 mm
Lebar profil bawah	(C) : 50 mm
Tebal profil	(t) : 4,5 mm
Inersia arah sumbu x	(Ix) : 11600000 mm^4
Inersia arah sumbu y	(Iy) : 259000 mm^4

Kontrol penampang profil LC 250.50.50.4,5

- **Kontrol badan profil**
  - Kontrol tinggi datar profil terhadap tebal profil

    h = D – (2 x t)
    = 250 mm – (2 x 4,5 mm)
    = 241 mm

    Dengan nilai h= 241 mm maka harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

    $\frac{h}{t}$ < 200

    $\frac{241\,mm}{4{,}5\,mm}$ < 200

    53,56 < 200 (memenuhi persyaratan)

- **Kontrol sayap profil**

  w = B
  = 50 mm

  Dengan nilai w= 50 mm maka harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

  $\frac{w}{t}$ < 60

  $\frac{50\,mm}{4{,}5\,mm}$ < 60

  11,11 < 60 (memenuhi persyaratan)

- **Dimensi lubang pada badan profil LC 250.50.50.4,5**
  dh = 143 mm (di rencanakan)
  - **Kontrol diameter lubang terhadap tinggi profil**

    $50 \geq \frac{dh}{D} \quad \geq 0$

    $50 \geq \frac{143\,mm}{250\,mm} \quad \geq 0$

    $50 \geq 0{,}57 \quad \geq 0$ (memenuhi syarat)

  - **Kontrol Inersia profil balok yang berlubang terhadap Inersia profil balok yang tidak berlubang.**

    $I_{lubang} = 1/12 \times b \times h^3$
    $= 1/12 \times 4{,}5\ mm \times (143\ mm)^3$
    $= 1100000\ mm^4$

    $Ix_{profil\ yang\ berlubang} = Ix_{profil\ sebelum\ berlubang} - I_{lubang}$
    $= 11600000\ mm^4 - 1100000\ mm^4$
    $= 10500000\ mm^4$

    Pada inersia sumbu x (Ix) profil **LC 250.50.50.4,5** akan di bandingkan dengan inersia sumbu x (Ix) profil **LC 250.50.50.4,0** untuk mengontrol diameter yang direncanakan dapat di gunakan dalam pereencanaan balok atau tidak.

    $Ix_{profil\ yang\ berlubang\ LL203.76.24.3,0} = Ix_{profi\ LL152.64.21.3,0}$
    $10500000\ mm^4 = 10500000\ mm^4$
    $10500000mm^4 - 10500000mm^4 = 0$

- **Jarak lubang pada badan profil LC 250.50.50.4,5**
  - Jarak antar lubang (S)

    S (direncanakan) ≥ 457 mm

    481,25 mm ≥ 457 mm (memenuhi syarat)

  - Jarak bagian tepi lubang ke bagian tepi profil (S_{end})

    S_{end} (direncanakan) ≥ 254 mm

    300 mm ≥ 254 mm (memenuhi syarat)

- **Banyak lubang pada badan profil LC 250.50.50.4,5**

  n = (L – (2 x S_{end} **)**) : S

  = (3000 mm – (2 x 300 mm)) : 481,25 mm

  = 5 buah

Untuk profil **LC 250.50.50.4,5** menggunakan diameter lubang (dh) = 143 mm, jarak antar lubang (S) = 481,25 mm dan jarak lubang ke tepi profil (S_{end}) = 300 mm

Tabel 4.2 Dimensi Lubang pada profil balok *light channel*

Profil	Dimensi Lubang (mm)			Banyak Lubang (n)
	dh	S	S_{end}	
LC 350.50.50.4,5	195	481,25	300	5
LC 300.50.50.4,5	172	481,25	300	5
LC 250.50.50.4,5	143	481,25	300	5

BAB V
KONTROL PENAMPANG BALOK

5.1. Data Perencanaan

Data-data untuk perencanaan :

Dalam Kontrol penampang balok anak di gunakan balok baja canai dingin yang berlubang dan tidak berlubang menggunakan masing-masing 3 profil *light channel.*

- Panjang Balok (L)= 3,0m
- Mutu baja canai dingin = ASTM-A607
  - *fu* : 70 Ksi = 480,650 Mpa
  - *fy* : 55 Ksi = 379,225 Mpa

5.2 Kontrol Penampang Balok Anak Tanpa Lubang.

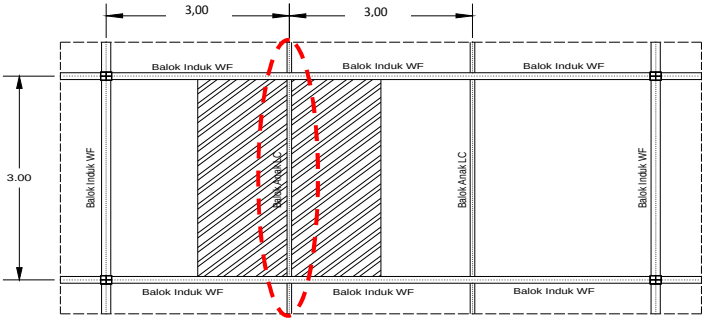
5.2.1 Kontrol Penampang Balok LC 350.50.50.4,0

Luas profil	(A) : 1747 mm^2
Berat Profil	(W) : 13,7 kg/m
Tinggi profil	(D) : 350 mm
Lebar profil atas	(B) : 50 mm
Lebar profil bawah	(C) : 50 mm
Tebal profil	(t) : 4,0 mm
Inersia arah sumbu x	(I_x) : 24700000 mm^4
Inersia arah sumbu y	(I_y) : 248000 mm^4
Section Modulus arah x	(S_x) : 151000 mm^3
Section Modulus arah y	(S_y) : 6410 mm^3
Jari-jari girasi arah x	(r_x) : 119 mm
Jari-jari girasi arah y	(r_y) : 11,9 mm
Jarak pusat geser ke pusat massa	(x_0) : -22,069 mm
Plastis Modulus	(Z_x): 186164 mm^3

- h = D – 2t
  = 350 mm – (2 x 4,00mm)
  =342 mm

5.2.1.1 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah:



Gambar 5.1 Denah pembalokan letak balok anak profil LC 350.50.50.4,0

Beban mati

- Berat bondeks :
  10,1 kg/m^2 x 3m = 30.3 kg/m
- Berat sendiri plat:
  0,1m x 2400 kg/m^3 x 3m = 720 kg/m
- Berat sendiri profil = 13,7 kg/m
- Berat spesi lantai (t=2cm) :
  0,02m x 2100 kg/m^3 x 3m = 126 kg/m
- Berat lantai keramik (t=2cm) :
  0,02m x 1400 kg/m^3 x 3m = 84 kg/m
- Berat rangka+plafond (18 kg/m^2) :
  18 kg/m^2 x 3m = 54 kg/m
- Ducting AC dan pipa :
  40kg/m^2 x 3m = 120 kg/m

  Berat Total (Q_D) = 1148 kg/m
- Berat pengikat (10% berat total)
  10% x 1148kg/m = 77,42 kg/m

  Berat Total (Q_D) = 1262,8 kg/m

  = 12.628 N/mm

- **Beban Hidup**

  Q_L = 250 kg/m² x 3m

  Q_L = 750 kg/m ≈ 7,5 N/mm

- **Beban yang diperhitungkan dalam lendutan**

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  = 1262,8 kg/m + 750 kg/m

  = 20,128 kg/m ≈ 20,128 N/mm

- **Beban berfaktor**

  Q_u = 1,2 Q_D +1,6 Q_L

  = 1,2 (20,128 N/mm) +1,6 (7,5 N/mm)

  = 27,1536 N/mm

- **Momen yang terjadi**

  M_u = 1/8 x Q_u x L²

  = 1/8 x 27,1536 N/mm x (3000 mm)²

  = 30547800 N.mm

- **Geser yang terjadi**

  V_u = 1/2 x Q_u x L

  = 1/2 x 20,128 N/mm x 3000 mm

  = 30192 N

5.2.1.2 Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

- **Pelat Sayap**

W = b

= 50 mm

$\frac{w}{t}$ ≤ 60

$\frac{50\,mm}{4\,mm}$ ≤ 60

12,50 ≤ 60 (memenuhi syarat)

 # Pelat Badan

- h = 342,00 mm

$\frac{h}{t}$ ≤ 200

$\frac{342mm}{4mm}$ ≤ 200

85,50 ≤ 200 (memenuhi syarat)

Maka :

- M_n = $S_e F_y$
  = 151000 mm^3 x 379,225 N/mm^2
  = 57262975 N.mm

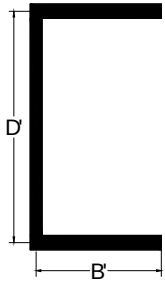
- *Persamaan Interaksi*
  M_u ≤ $\emptyset M_n$
  30547800 N.mm ≤ 0,9 x 57262975 N.mm
  30547800 N.mm ≤ 51536678 N.mm (OK)

5.2.1.3 Kontrol Lendutan

- Lendutan ijin
  $\bar{y}_{ijin}$ = $\frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm

- Lendutan akibat beban mati dan hidup
  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\,.\,I_x}$
  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{20{,}128\ \text{kg/cm}\,.\,(300^4)\ cm4}{2x10^6\text{kg/cm}^2\,.\,1850\ cm4}$
  y_{max} = 0,4297cm < $\bar{y}_{ijin}$ = 1,25 cm ….OK

5.2.1.4 Kontrol Kuat Lentur Penampang Balok Pengaruh Tekuk Torsi Lateral



Gambar 5.2 Profil LC 350.50.50.4,0

B' $= B - \frac{t}{2}$
$= 50\ mm - \frac{4mm}{2}$
$= 48\ mm$

D' $= B - t$
$= 350\ mm - 4\ mm$
$= 346\ mm$

$G = 77913{,}5\ N/mm^2$

$J = \frac{1}{3}\ 2\ x\ B' x\ D'\ x\ t^3$

$= \frac{1}{3}\ 2\ x\ 48\ mm\ x\ 346mm\ x\ (4mm)^3$
$= 9429{,}33\ mm^4$

$$\alpha = \frac{1}{2+D'+\frac{t}{3B'xt}}$$

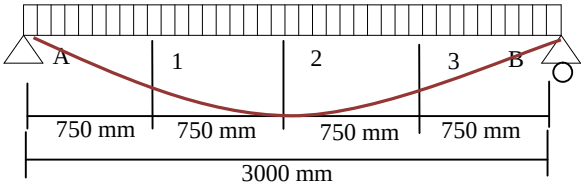
$$= \frac{1}{2+346\,mm+\frac{4\,mm}{348\,mm\,x\,4\,mm}}$$

= 0,227 mm

$$I_w = (D')^2 \text{ x } (B')^3 \text{ x } t \ \frac{1-3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2}\ 1 + D'x\ \frac{t}{6B't}$$

$$= (346mm)^2 \text{ x } (48\ mm)^3 \text{ x } 4\ mm \ \frac{1-3x0{,}227mm}{6} + \frac{(0{,}227\,mm)^2}{2}\ 1 + 346\ mmx\ \frac{4\,mm}{6x\,48\,mm\,x\,4\,mm}$$

= 52958527488 mm^5 x 0,110 mm
= 5819312432 mm^6



Gambar 5.3 Pembagian beban

qu = 27,1536 N/mm
$M_{max} = M_u$ =30547800 N.mm
M1 = R_A . 750 – ½ . Qu $(750)^2$
= 30192N (750mm) - ½ . 27,1536N/mm $(750mm)^2$
= 15007050 N.mm (momen ¼ bentang)

M2 = M_{max} = 30547800 N.mm

M3 = 15007050 N.mm (momen 3/4 bentang)

$$Cb = \frac{12{,}5\,Mmax}{2{,}5\,Mmax+3M1+4M2+3M2}$$

$$= \frac{12{,}5\,x\,30547800}{2{,}5x30547800 + 3x15007050 + 4\,x\,30547800 + (3x15007050)}$$

= 1,323

$$r_o = (r_x^2 + r_y^2 + x_o^2)^{0,5}$$
$$= ((119\text{ mm})^2 + (11{,}9\text{ mm})^2 + (-22{,}069\text{ mm})^2)^{0,5}$$

= 121,6128 mm

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y\,x\,\frac{Ly}{ry})^2}$$

$$= \frac{\pi^2\,200000\,N/mm}{(750\,mm\,x\,\frac{3000\,mm}{2{,}35mm})^2}$$

= 41,369 N

$$\sigma_t = \frac{1}{Ax\,r_o}\,GJ + \frac{\pi^2\,E\,C_w}{(K_t\,x\,L_t)^2}$$

$$= \frac{1}{1747\,x\,12{,}1613}\,x\,(77913{,}5 \text{ x } 9429{,}3 + \frac{\pi^2\,2000000\,x\,5819312432\,\text{mm6}}{(75\,x\,3000)^2}$$

= 3720723,449 N

$$F_e = \frac{C_b\,r_o A}{Sf}\,x\,(\sigma_{ey}\ \sigma_t)^{0,5}$$

$$= \frac{1{,}323 \text{ x } 121{,}613 \text{ x } 1747}{151000}\,x\,(41{,}369 \text{ x } 3720723{,}449\ )^{0,5}$$

= 268,292 N/mm^2

Persyaratan :

- F_e $\geq 2{,}78\ F_y$
  $268{,}292\ N/mm^2 \geq 2{,}78 \times 379{,}225\ N/mm^2$
  $268{,}292\ N/mm^2 \leq 1054{,}245\ N/mm^2$ **(TIDAK OK)**

- $2{,}78\ F_y \geq F_e \geq 0{,}56\ F_y$
  $1054{,}245\ N/mm^2 \geq 268{,}292\ N/mm^2 \geq 0{,}56 \times 379{,}225\ kg/cm^2$
  $1054{,}245\ N/mm^2 \geq 268{,}292\ N/mm^2 \geq 212{,}366\ N/mm^2$.
  (OK)
  Maka :

$$F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10 F_y}{36 F_e}\right)$$

$$= \frac{10}{9} 379{,}225 \left(1 - \frac{10 x\, 379{,}225}{36\, x 268{,}292}\right)$$

$$= 256{,}35\ N/mm^2$$

- Perhitungan Sc

- Perhitungan lebar sayap
  $w = b - t$
  $= 50\ mm - 4\ mm$
  $= 46\ mm$
- Kontrol lebar sayap terhadap tebal profil
  $\frac{w}{t} < 60$
  $\frac{46\ mm}{4\ mm} < 60$
  $11{,}5 < 60$ **(OK)**

- Kapasitas pembebanan

$$\lambda = \frac{1{,}052}{\sqrt{k}} x \frac{w}{t} x \sqrt{\frac{f}{E}}$$

$$= \frac{1{,}052}{\sqrt{0{,}43}} x \frac{46}{4} x \sqrt{\frac{379{,}225}{200000}}$$

$$= 0{,}803$$

Kontrol :

λ = 0,803 > 0,673

maka : b = ρw = $\frac{1-\frac{0,22}{\lambda}}{\lambda} \; x\, w = \frac{1-\frac{0,22}{0,803}}{0,803} \; x46\; mm$ = 41,6 mm

- Perhitungan elemen profil LL 350.50.50.4

Element	Area A mm²			y	A x y mm³	(A x y^2) mm³
Top Flange	w x t	41.6 x 4	166.315	2	332.631	665.262
Webs	H x t	342 x 4	1368	175	239400	41895000
Bottom flange	w x t	41.6 x 4	166.315	348	57877.754	20141458.29
TOTAL			**1700.631**		**297610.384**	**62037123.55**

$y_{cg} = \frac{\sum(Ay)}{\sum A} = \frac{303800}{1763} = 175\; mm$

$I_{web} = \frac{1}{12} x\, b\, x\, ?^3$

$= \frac{1}{12} x\, 4\; mm\; x\; 342 mm^3$

= 13333896 mm⁴

I_x = (∑ Ay²) + I_{web} + (-(∑ A) x (y_{cg})

= 62037123,55 mm³ + 13333896 mm⁴ + (-1700,631 mm² x 175mm)

= 23289202 mm⁴

$S_c = \frac{I_x}{y_{cg}} = \frac{23289202}{175} = 133081{,}156\; mm^3$

Sehingga :

- *Persamaan interaksi*

$M_u \leq \emptyset M_n$

$M_u \leq \emptyset\, S_c\, F_c$

30547800 N.mm ≤ 0,9 x 133081,156 mm³ x 256,35 N/mm²

30547800 N.mm ≤ 307039846.42 N.mm … **(OK)**

5.2.1.5 Kontrol Kuat Geser

$V_u \leq \phi V_n$

Persyaratan :

- $\frac{h}{t} \leq \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$

  $\frac{342}{4} \leq \frac{2000000\ x\ 5,34}{3792,25}^{0,5}$

  85,5 ≥ 53,069….**(TIDAK OK)**

- $\frac{E\,kv}{Fy}^{0,5} < \frac{h}{t} \leq 1,51\ \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$

  53,069 < 85,50 ≤ 1,51 x 53,068

  53,069 < 85,50 ≥ 80,133….**(OK)**

- $\frac{h}{t} \geq 1,51\ \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$

  85,50 ≥ 80,133….**(OK)**

  Maka :

  $F_v = 0,904\ \frac{E\,k_v}{(h/t)^2}$

  $= 0,904\ \frac{2000000\ kg/cm^2\ 5,34}{(34,2/0,4)^2}$

  $= 1320,70\ kg/cm^2 \approx 132,070\ N/mm^2$

- $V_u \leq \phi V_n$

  30192 N ≤ ø A_w x F_v

  30192 N ≤ ø (ht)x F_v

  30192 N ≤ 0,95 (342mm x 4 mm) x 132,070 N/mm^2

  30192 N ≤ 171640 N… **(OK)**

5.2.1.6 Kontrol Kombinasi Kuat Lentur Dengan Kuat Geser

$$\sqrt{\left(\frac{Mu}{\emptyset_b M_n}\right)^2 + \left(\frac{Vu}{\emptyset_v V_n}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$$\sqrt{\left(\frac{30547800}{0{,}9\,x\,57262975}\right)^2 + \left(\frac{30192}{0{,}95\,x\,180670}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$0{,}5362 \leq 1{,}0\ldots$ **(OK)**

5.2.1.7 Kontrol Web Criping

PL = 750 kg/m x 3 m
= 2250 kg ≈ 22500 N

PD = 1262 kg/m x 3 m
= 3788.40 kg ≈ 37884,0 N

Pu = PD + PL
= 137884,0 N+ 22500 N
= 60384 N

Perhitungan web criping di gunakan tabel C3.4.1-2 pada peraturan AISI-2007 seperti di bawah ini:

Tabel faktor keamanan untuk profil C dan Z

Support and Flange Conditions		Load Cases		C	C_R	C_N	C_h	USA and Mexico ASD Ω_w	USA and Mexico LRFD ϕ_w	Canada LSD ϕ_w	Limits
Fastened to Support	Stiffened or Partially Stiffened Flanges	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.14	0.35	0.02	1.75	0.85	0.75	R/t ≤ 9
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	0.80	R/t ≤ 5
		Two-Flange Loading or Reaction	End	7.5	0.08	0.12	0.048	1.75	0.85	0.75	R/t ≤ 12
			Interior	20	0.10	0.08	0.031	1.75	0.85	0.75	R/t ≤ 12
Unfastened	Stiffened or Partially Stiffened Flanges	One Flange Loading or Reaction	End	4	0.14	0.35	0.02	1.85	0.80	0.70	R/t ≤ 5
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	0.80	
		Two-Flange Loading or Reaction	End	13	0.32	0.05	0.04	1.65	0.90	0.80	R/t ≤ 3
			Interior	24	0.52	0.15	0.001	1.90	0.80	0.65	
	Unstiffened Flanges	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.40	0.60	0.03	1.80	0.85	0.70	R/t ≤ 2
			Interior	13	0.32	0.10	0.01	1.80	0.85	0.70	R/t ≤ 1
		Two-Flange Loading or Reaction	End	2	0.11	0.37	0.01	2.00	0.75	0.65	R/t ≤ 1
			Interior	13	0.47	0.25	0.04	1.90	0.80	0.65	

Pn = $Ct^2F_y \sin\theta \left(1 - C_R \frac{\overline{R}}{t}\right) \left(1 + C_N \frac{\overline{N}}{t}\right) \left(1 - C_h \frac{\overline{h}}{t}\right)$

= $13x4^2x\ 379{,}225\ x\ 1\ x\ \left(1 - 0{,}23 \frac{\overline{4{,}76}}{4}\right)\ x\ \left(1 + 0{,}14 \frac{\overline{19}}{4}\right)\ x\ \left(1 - 0{,}01 \frac{\overline{342}}{4}\right)$

= 69986 N

ϕ Pn = 0,9 x 69986 N = 62988 N

Kontrol :

Pu ≤ ϕ Pn

60384 N ≤ 62988 N **(OK)**

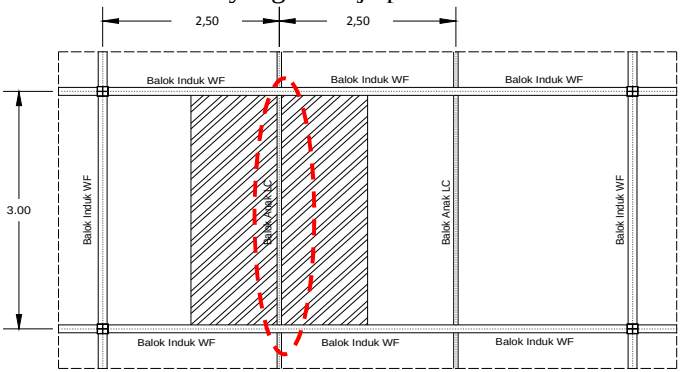
5.2.2 Kontrol Penampang Balok LC 300.50.50.4,0

Luas profil (A) : 1547 mm^2
Berat Profil (W) : 12,1 kg/m
Tinggi profil (D) : 300 mm
Lebar profil atas (B) : 50 mm
Lebar profil bawah (C) : 50 mm
Tebal profil (t) : 4,0 mm
Inersia arah sumbu x (I_x) : 16600000 mm^4
Inersia arah sumbu y (I_y) : 241000 mm^4
Section Modulus arah x (S_x) : 111000 mm^3
Section Modulus arah y (S_y) : 5740 mm^3
Jari-jari girasi arah x (r_x) : 103 mm
Jari-jari girasi arah y (r_y) : 12,5 mm
Jarak pusat geser ke pusat massa (x_0) : -24 mm
Plastis Modulus (Z_x) : 144464 mm^3

- h = D – 2t
  = 300 mm – (2 x 4,00mm)
  =292 mm

5.2.2.1 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah:



Gambar 5.4 Denah pembalokan letak balok anak profil LC 300.50.50.4,0

Beban mati

-Berat bondeks :

10,1 kg/m^2 x 2,5m = 25,5 kg/m

-Berat sendiri plat:

0,1m x 2400 kg/m^3 x 2,5m = 600 kg/m

-Berat sendiri profil = 12,1 kg/m

-Berat spesi lantai (t=2cm) :

0,02m x 2100 kg/m^3 x 2,5m = 105 kg/m

-Berat lantai keramik (t=2cm) :

0,02m x 1400 kg/m^3 x 2,5m = 70 kg/m

-Berat rangka+plafond (18 kg/m^2) :

18 kg/m^2 x 2,5m = 45 kg/m

- Ducting AC dan pipa :

40kg/m^2 x 2,5m = 100 kg/m

Berat Total (Q_D) **= 957.35 kg/m**

- Berat pengikat (10% berat total)

10% x 957.35 kg/m = **95.75kg/m**

Berat Total (Q_D) **= 1053,1 kg/m**

= 10,531 N/mm

- **Beban Hidup**

  Q_L = 250 kg/m² x 2,5m

  Q_L = 625 kg/m ≈ 62,5 N/mm

- **Beban yang diperhitungkan dalam lendutan**

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  = 1053,1 kg/m + 625 kg/m

  = 1678,085 kg/m ≈ 16,78085 N/mm

- **Beban berfaktor**

  Q_u = 1,2 Q_D +1,6 Q_L

  = 1,2 (1053,1 kg/m) +1,6 (6250 kg/m)

  = 2263.702 kg/m ≈ 22,63702 N/mm

- **Momen yang terjadi**

  M_u = 1/8 x Q_u x L²

  = 1/8 x 2263.702 kg/m x (3m)²

  = 2546.66475kg.m

  = 25466647,5 N.mm

- **Geser yang terjadi**

  V_u = 1/2 x Q_u x L

  = 1/2 x 16,78085 N/mm x 3000mm

  = 25171,275 N

5.2.2.2 Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

- **Pelat Sayap**

W = b

= 50 mm

$\frac{w}{t}$ ≤ 60

$\frac{50\,mm}{4\,mm}$ ≤ 60

12,50 ≤ 60 (memenuhi syarat)

 # Pelat Badan

- h = 292,00 mm

$\frac{h}{t}$ ≤ 200

$\frac{292mm}{4\,mm}$ ≤ 200

73,00 ≤ 200 (memenuhi syarat)

Maka :

- M_n = $S_e F_y$
  = 111000 mm^3x 379,225 N/mm^2
  = 42093975 N.mm

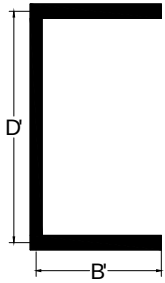
- *Persamaan Interaksi*
  M_u ≤ $\emptyset M_n$
  25466647,5 N.mm ≤ 0,9 x 42093975 N.mm
  25466647,5 N.mm ≤ 37884578 N.mm (OK)

5.2.2.3 Kontrol Lendutan

- Lendutan ijin
  $\bar{y}_{ijin}$ = $\frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm

- Lendutan akibat beban mati dan hidup
  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\,.\,I_x}$
  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{16{,}78085\ \text{kg/cm}\,.\,(300^4)\ cm4}{2x10^6\text{kg/cm}^2\,.\,1660\ cm4}$
  y_{max} = 0,5331cm < $\bar{y}_{ijin}$ = 1,25 cm ….OK

5.2.2.4 Kontrol Kuat Lentur Penampang Balok Pengaruh Tekuk Torsi Lateral



Gambar 5.5 Profil LC 300.50.50.4,0

B’ $= B - \frac{t}{2}$

$= 50 \text{ mm} - \frac{4mm}{2}$

$= 48 \text{ mm}$

D’ $= B - t$

$= 300 \text{ mm} - 4 \text{ mm}$

$= 296 \text{ mm}$

$G = 77913{,}5 \text{ N/mm}^2$

$J = \frac{1}{3}\ 2\ x\ B' x\ D'\ x\ t^3$

$= \frac{1}{3}\ 2\ x\ 48\ mm\ x\ 296mm\ x\ (4mm)^3$

$= 8362{,}667 \text{ mm}^4$

$$\alpha = \frac{1}{2+D'+\frac{t}{3B'xt}}$$

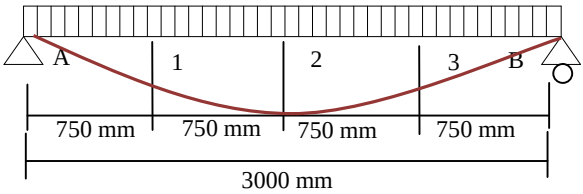
$$= \frac{1}{2+296\,mm+\frac{4\,mm}{144\,mm\,x\,4\,mm}}$$

= 0,247 mm

$$I_w = (D')^2 \text{ x } (B')^3 \text{ x t } \frac{1-3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2}\ 1 + D'x\ \frac{t}{6B't}$$

$$= (296\text{mm})^2 \text{ x } (48\text{ mm})^3 \text{ x } 4\text{ mm } \frac{1-3x0{,}247\text{mm}}{6} + \frac{(0{,}247\,\text{mm})^2}{2}\ 1 + 296\,mmx\ \frac{4\,mm}{6x\,48\,mm\,x\,4\,mm}$$

= 38758514688 mm^5 x 0,105 mm
= 4070528940 mm^6



Gambar 5.6 Pembagian beban

qu = 22,63702 N/mm
$M_{max} = M_u$ =25466647,5 N.mm
M1 = R_A . 750 – ½ . Qu $(750)^2$
=25171,3N(750mm)- ½.22,63702N/mm $(750mm)^2$
= 12511813 N.mm (momen ¼ bentang)
M2 = M_{max} = 25466647,5 N.mm
M3 = 12511813 N.mm (momen 3/4 bentang)

$$Cb = \frac{12{,}5\,Mmax}{2{,}5\,Mmax+3M1+4M2+3M2}$$

$$= \frac{12{,}5\,x25466647}{2{,}5x25466647 + 3x12511813 + 4x25466647 + (3x12511813)}$$

$$= 1{,}323$$

$$r_o = (r_x^2 + r_y^2 + x_o^2)^{0,5}$$
$$= ((103\text{ mm})^2 + (12{,}5\text{ mm})^2 + (-24\text{ mm})^2)^{0,5}$$

$$= 106{,}4945\text{ mm}$$

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y x \frac{Ly}{ry})^2} = \frac{\pi^2\,200000\,N/mm^2}{(750\,mm\,x\frac{3000\,mm}{12{,}5\,mm})^2} = 456{,}5\text{ kg}$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ax\,r_y}\,GJ + \frac{\pi^2\,E\,C_w}{(K_t\,x\,L_t)^2}$$

$$= \frac{1}{1547mm^2\,x\,12{,}5}\,x\,(77913{,}5 \text{ x } 8362{,}667 + \frac{\pi^2\,200000\,x\,4070528940\text{ mm6}}{(75\,x\,3000)^2}$$

$$= 4617466{,}786\text{ N}$$

$$F_e = \frac{C_b\,r_o A}{Sf}\,x\,(\sigma_{ey}\ \sigma_t)^{0,5}$$

$$= \frac{1{,}323\text{x }106{,}45\text{ x }1547}{111000}\,x\,(456{,}5 \text{ x } 4617466{,}786)^{0,5}$$

$$= 298{,}068\text{ N/mm}^2$$

Persyaratan :

- $F_e \geq 2{,}78\ F_y$
  $298{,}068\text{ N/mm}^2 \geq 2{,}78 \text{ x } 379{,}225\text{ N/mm}^2$
  $298{,}068\text{ N/mm}^2 \leq 1054{,}245\text{ N/mm}^2$ **(TIDAK OK)**

- $2{,}78\ F_y \geq F_e \geq 0{,}56\ F_y$
  $1054{,}245\ N/mm^2 \geq 298{,}068\ N/mm^2 \geq 0{,}56 \times 379{,}225\ N/mm^2$
  $1054{,}245\ N/mm^2 \geq 298{,}068\ N/mm^2 \geq 212{,}366\ N/mm^2$.
  (OK)
  Maka :
  $F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10F_y}{36\,F_e}\right)$
  $= \frac{10}{9}\ 379{,}225\ \left(1 - \frac{10x\,379{,}225}{36\,x\ 298{,}068}\right)$
  $= 272{,}816\ N/mm^2$

- Perhitungan Sc

- Perhitungan lebar sayap
  $w = b - t$
  $= 50\ mm - 4\ mm$
  $= 46\ mm$
- Kontrol lebar sayap terhadap tebal profil
  $\frac{w}{t} < 60$
  $\frac{46\ mm}{4\ mm} < 60$
  $11{,}5 < 60$ **(OK)**

- Kapasitas pembebanan

$$\lambda = \frac{1{,}052}{\sqrt{k}} x \frac{w}{t} x \frac{f}{E}$$

$$= \frac{1{,}052}{\sqrt{0{,}43}} x \frac{46}{4} x \sqrt{\frac{379{,}225}{200000}}$$

$= 0{,}803$

Kontrol :

$\lambda = 0{,}803 > 0{,}673$

maka : $b = \rho w = \frac{1 - \frac{0{,}22}{\lambda}}{\lambda}\ x\ w = \frac{1 - \frac{0{,}22}{0{,}803}}{0{,}803}\ x 46\ mm = 41{,}6$ mm

- Perhitungan elemen profil LL 300.50.50.4

Element	Area A mm²			y	A x y mm³	(A x y)² mm⁴
Top Flange	w x t	41.6 x 4	166.315	2	332.631	665.2615
Webs	H x t	292 x 4	1168	150	175200	26280000
Bottom flange	w x t	41.6 x 4	166.315	298	49561.985	14769471.38
TOTAL			**1500.631**		**225094.615**	**41050136.64**

$y_{cg} = \frac{\sum(Ay)}{\sum A} = \frac{225094.615}{1500,631} = 150\ mm$

$I_{web} = \frac{1}{12} x\ b\ x\ ?^3$
$= \frac{1}{12} x\ 4\ mm\ x\ 292 mm^3$
$= 8299029\ mm^4$

$I_x = (\sum Ay^2) + I_{web} + (-(\sum A) \times (y_{cg})$
$= 41050136.64\ mm^3 + 8299029\ mm^4 + (-1500.631\ mm^2 \times 150mm)$
$= 15584974\ mm^4$

$S_c = \frac{I_x}{y_{cg}} = \frac{15584974}{150} = 103899{,}825 mm^3$

Sehingga :

- *Persamaan interaksi*
  $M_u \leq \emptyset M_n$
  $M_u \leq \emptyset\ S_c F_c$
  25466647,5 N.mm ≤ 0,9 x 103899,825 mm^3 x 272,816 N/mm^2
  25466647,5 N.mm ≤ 25510980 N.mm … **(OK)**

5.2.2.5 Kontrol Kuat Geser

$V_u \leq \emptyset V_n$

Persyaratan :

- $\frac{h}{t} \leq \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$

  $\frac{292}{4} \leq \frac{2000000\ x\ 5,34}{3792,25}^{0,5}$

  73,00 ≥ 53,069….**(TIDAK OK)**

- $\frac{E\,kv}{Fy}^{0,5} < \frac{h}{t} \leq 1,51\ \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$

  53,069 < 73,00≤ 1,51 x 53,068

  53,069 < 73,00≤ 80,133….**(OK)**

  Maka :

  $F_v = \frac{0,60\ \sqrt{E\,k_v}}{h/t} = \frac{0,60\sqrt{2000000\ x\ 5,34}}{29,2/0,4}$

  = 1654,10 kg/cm^2 ≈ 165,410 N/mm^2

- $V_u \leq \text{ø}\ V_n$

  25171,275 N ≤ ø A_w x F_v

  25171,275N ≤ ø (ht)x F_v

  25171,275N ≤ 0,95 (292mm x 4 mm) x 165,410 N/mm^2

  25171,275N ≤ 183539N… **(OK)**

5.2.2.6 Kontrol Kombinasi Kuat Lentur Dengan Kuat Geser

$$\sqrt{\frac{Mu}{\emptyset_b M_n}^2 + \frac{Vu}{\emptyset_v V_n}^2} \leq 1,0$$

$$\sqrt{\frac{25466647,5}{0,9\ x42093975}^2 + \frac{25171,275}{0,95\ x\ 193200}^2} \leq 1,0$$

0,1851≤ 1,0… **(OK)**

5.2.2.7 Kontrol Web Criping

PL = 620 kg/m x 3 m
= 1875 kg ≈ 18750 N

PD = 1053,1 N/m x 3 m
= 3159,3 kg ≈ 31593 N

Pu = PD + PL
= 31593 N + 18750 N
= 50342,55 N

Perhitungan web criping di gunakan tabel C3.4.1-2 pada peraturan AISI-2007 dan di dapat nilai :

C : 13
C_R : 0,23
C_N : 0,14
C_h : 0,01

$$Pn = Ct^2F_y \sin\theta \left(1 - C_R \frac{\overline{R}}{t}\right)\left(1 + C_N \frac{\overline{N}}{t}\right)\left(1 - C_h \frac{\overline{h}}{t}\right)$$

$$= 13x4^2x\,379{,}225\,x\,1\,x\,\left(1 - 0{,}23\,\frac{\overline{4{,}76}}{4}\,x\,\right)\left(1 + 0{,}14\,\frac{\overline{19}}{4}\,x\,\right)\left(1 - 0{,}01\,\frac{\overline{292}}{4}\right)$$

= 70528,31 N

ϕ Pn = 0,9 x 70528,31 N = 63475,479 N

Kontrol :

Pu $\leq \phi$ Pn
50342,55 N ≤ 63475,479 N **(OK)**

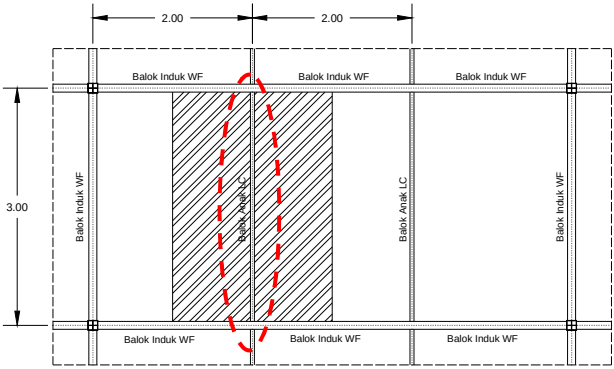
5.2.3 Kontrol Penampang Balok LC 250.50.50.4,0

Luas profil (A) : 1347 mm^2
Berat Profil (W) : 10,6 kg/m
Tinggi profil (D) : 250 mm
Lebar profil atas (B) : 50 mm
Lebar profil bawah (C) : 50 mm
Tebal profil (t) : 4,0 mm
Inersia arah sumbu x (I_x) : 10500000 mm^4
Inersia arah sumbu y (I_y) : 233000 mm^4
Section Modulus arah x (S_x) : 83700 mm^3
Section Modulus arah y (S_y) : 5660 mm^3
Jari-jari girasi arah x (r_x) : 88,1 mm
Jari-jari girasi arah y (r_y) : 13,2 mm
Jarak pusat geser ke pusat massa (x_0) : -26,22 mm
Plastis Modulus (Z_x): 107764 mm^3

- h = D – 2t
  = 250 mm – (2 x 4,00mm)
  =242 mm

5.2.3.1 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah:



Gambar 5.7 Denah pembalokan letak balok anak profil LC 250.50.50.4,0

- **Beban mati**

-Berat bondeks :
10,1 kg/m² x 2m = 20,2 kg/m
-Berat sendiri plat:
0,1m x 2400 kg/m³ x 2m = 480 kg/m
-Berat sendiri profil balok anak
LC 300.50.50.4,5 = 10,6 kg/m
-Berat spesi lantai (t=2cm) :
0,02m x 2100 kg/m³ x 2m = 84 kg/m
-Berat lantai keramik (t=2cm) :
0,02m x 1400 kg/m³ x 2m = 56 kg/m
-Berat rangka+plafond (18 kg/m²) :
18 kg/m² x 2m = 36 kg/m
-Berat pipa dan ducting AC :
40 kg/m² x 2m = 80 kg/m
Berat Total (Q_D) **= 766,8 kg/m**
-Berat pengikat (10% berat total) :
10% x 1191,1 kg/m = 76,68 kg/m
Berat Total (Q_D) **= 843,48 kg/m**
= 8,435 N/mm

- **Beban Hidup**

Q_L = 250 kg/m² x 2m
Q_L = 500 kg/m ≈ 5 N/mm

- **Beban yang diperhitungkan dalam lendutan**

$Q_u = Q_D + Q_L$
= 843,48 kg/m + 500 kg/m
= 1343,48 kg/m ≈13,4348 N/mm

- **Beban berfaktor**

$Q_u = 1{,}2\ Q_D + 1{,}6\ Q_L$
= 1,2 (843,48 kg/m) +1,6 (500 kg/m)
= 1812,176 kg/m ≈18,12176 N/mm

Momen yang terjadi

M_u = 1/8 x Q_u x L^2
= 1/8 x 1812,176 kg/m x $(3m)^2$
= 2038,698 kg.m
= 20386980 N.mm

Geser yang terjadi

V_u = 1/2 x Q_u x L
= 1/2 x 13,4348 N/mm x 3000 mm
= 27182,64 N

5.2.3.2 Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

Pelat Sayap

W = b
= 50 mm

$\frac{w}{t}$ ≤ 60

$\frac{50\,mm}{4\,mm}$ ≤ 60

12,50 ≤ 60 (memenuhi syarat)

Pelat Badan

- h = 242,00 mm

$\frac{h}{t}$ ≤ 200

$\frac{242mm}{4\,mm}$ ≤ 200

60,50 ≤ 200 (memenuhi syarat)

Maka :

- M_n = S_e F_y
= 83700 mm^3x 379,225 N/mm^2
= 31741133 N.mm

- *Persamaan Interaksi*

  M_u ≤ $\emptyset M_n$

  20386980 N.mm ≤ 0,9 x 31741133 N.mm

  20386980 N.mm ≤ 28567019 N.mm (OK)

5.2.3.3 Kontrol Lendutan

- Lendutan ijin

  $\bar{y}_{ijin}$ = $\frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm

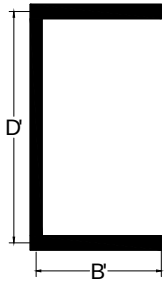
- Lendutan akibat beban mati dan hidup

  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\,.\,I_x}$

  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{13{,}4348\ \text{kg/cm}\,.\,(300^4)\ cm4}{2x10^6\text{kg/cm}^2\,.\,1050\ cm4}$

  y_{max} = 0,6747cm < $\bar{y}_{ijin}$ = 1,25 cm ….OK

5.2.3.4 Kontrol Kuat Lentur Penampang Balok Pengaruh Tekuk Torsi Lateral



Gambar 5.8 Profil LC 250.50.50.4,0

B' = $B - \frac{t}{2}$

= 50 mm – $\frac{4mm}{2}$

= 48 mm

D’ $= B - t$
= 250 mm – 4 mm
= 246 mm

G = 77913,5 N/mm^2

$J = \frac{1}{3}\ 2\ x\ B'x\ D'\ x\ t^3$

$= \frac{1}{3}\ 2\ x\ 48\ mm\ x\ 246mm\ x\ (\ 4mm)^3$
= 7296,00 mm^4

$\alpha = \frac{1}{2+D'+\frac{\bar{t}}{3B'x\,t}}$

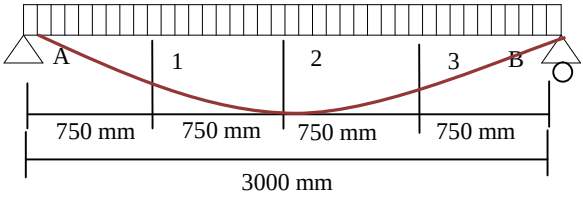
$= \frac{1}{2+246\,mm+\frac{\overline{4\,mm}}{144\,mm\,x\,4\,mm}}$

= 0,270 mm

$I_w = (D')^2 \text{ x } (B')^3 \text{ x t } \frac{1-3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2}\ 1 +\ D'x\ \frac{t}{6\,B't}$

$= (246\text{mm})^2 \text{ x } (48\text{ mm})^3 \text{ x } 4\text{ mm } \frac{1-3x0{,}27\text{mm}}{6} +$
$\frac{(0{,}27\text{ mm})^2}{2}\ 1 +\ 246\ mmx\ \frac{4\,mm}{6x\,48\,mm\,x\,4\,mm}$

= 26770341888 mm^5 x 0,069 mm
= 1847412374 mm^6



Gambar 5.9 Pembagian beban

qu = 18,12176 N/mm
M_{max} = M_u =20386980 N.mm
M1 = R_A . 750 – ½ . Qu $(750)^2$
=27182,64 N (750mm)- ½.18,12176 N/mm $(750mm)^2$
= 12511813 N.mm (momen ¼ bentang)
M2 = M_{max} = 20386980 N.mm
M3 = 12511813 N.mm (momen 3/4 bentang)

$$Cb = \frac{12{,}5\,Mmax}{2{,}5\,Mmax+3M1+4M2+3M2}$$

$$= \frac{12{,}5\,x2038698}{2{,}5x2038698 + 3x12511813 + 4\,x\,20386980 + (3x12511813)}$$

= 1,323

r_o = $(r_x^2 + r_y^2 + x_o^2)^{0,5}$
= $((88{,}1\ mm)^2 + (13{,}2\ mm)^2 + (-26{,}22\ mm)^2)^{0,5}$

= 92,8627 mm

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y\,x\,\frac{Ly}{ry})^2}$$

$$= \frac{\pi^2\,200000\,N/mm^2}{(750\,mm\,x\,\frac{3000\,mm}{13{,}2\,mm})^2} = 50{,}90\ N$$

$\sigma_t = \frac{1}{Ax\, r_y} GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{(K_t x L_t)^2}$

$= \frac{1}{1547 \, x 13,2} x \ (77913,5 \text{ x } 7296,00 + \frac{\pi^2 \, 200000 \, x \, 1847412374 \, mm6}{(75 \, x \, 3000)^2}$

$= 10013306,35$ N

$F_e = \frac{C_b r_o A}{Sf} x \ (\sigma_{ey} \ \sigma_t)^{0,5}$

$= \frac{1,323 \text{ x } 92,863 \text{ x } 1347}{105000} x \ (50,90 \text{ x } \ 9913306,35 \ )^{0,5}$

$= 338,626$ N/mm^2

Persyaratan :

- $F_e \geq 2,78 F_y$
  338,626 N/mm^2 ≥ 2,78 x 379,225 N/mm^2
  338,626 N/mm^2 ≤ 1054,2455 N/mm^2 **(TIDAK OK)**

- $2,78 F_y \geq F_e \geq 0,56 F_y$
  1054,2455 N/mm^2 ≥ 338,626 N/mm^2 ≥ 0,56 x 3792,25 kg/cm^2
  1054,2455 N/mm^2 ≥ 338,626 N/mm^2 ≥ 212,366 N/mm^2
  (OK)
  Maka :
  $F_c = \frac{10}{9} F_y \ 1 - \frac{10 F_y}{36 F_e}$
  $= \frac{10}{9} \ 379,225 \ 1 - \frac{10x \, 379,225}{36 \, x \geq 338,626}$

  $= 290,900$ N/mm^2

-Perhitungan Sc

- Perhitungan lebar sayap
  w = b –t
  = 50 mm – 4 mm
  = 46 mm

- Kontrol lebar sayap terhadap tebal profil

$\frac{w}{t}$ < 60

$\frac{46\ mm}{4\ mm}$ < 60

11,5 < 60 **(OK)**

- Kapasitas pembebanan

$$\lambda = \frac{1{,}052}{\sqrt{k}} x \frac{w}{t} x \frac{\overline{f}}{E}$$

$$= \frac{1{,}052}{\sqrt{0{,}43}} x \frac{46}{4} x \frac{\overline{379{,}225}}{200000}$$

= 0,803

Kontrol :

λ = 0,803 > 0,673

maka : b = ρw = $\frac{1-\frac{0{,}22}{\lambda}}{\lambda} x\ w = \frac{1-\frac{0{,}22}{0{,}803}}{0{,}803} x 46\ mm$ = 41,6 mm

- Perhitungan elemen profil LL 250.50.50.4

Element	**Area A mm^2**			**y**	**A x y mm^3**	**(A x y^2)mm^3**
Top Flange	w x t	41.6 x 4	166.315	2	332.631	665.262
Webs	H x t	242x 4	968	125	121000	15125000
Bottom flange	w x t	41.6 x 4	166.315	248	41246.215	10229061.39
TOTAL			**1300.631**		**162578.846**	**25354726.65**

$y_{cg} = \frac{\sum(Ay)}{\sum A} = \frac{167000}{1336} = 125\ mm$

$I_{web} = \frac{1}{12} x\ b\ x\ ?^3$

$= \frac{1}{12} x\ 4\ mm\ x\ 242 mm^3$

= 4724163 mm^4

I_x $= (\sum Ay^2) + I_{web} + (-(\sum A) \times (y_{cg})$
$= 25354726.65\ mm^3 + 4724163\ mm^4 + (-1300.631\ mm^2 \times 125mm)$
$= 9756534\ mm^4$

S_c $= \frac{I_x}{y_{cg}} = \frac{9756534}{125} = 78052{,}268\ mm^3$

Sehingga :

- *Persamaan interaksi*
  $M_u \leq \emptyset M_n$
  $M_u \leq \emptyset\, S_c\, F_c$
  20386980 N.mm ≤ 0,9 x 78052,268 mm^3 x 290,900 N/mm^2
  20386980 N.mm ≤ 20437652,24 N.mm … **(OK)**

5.2.3.5 Kontrol Kuat Geser

$V_u \leq \emptyset\, V_n$

Persyaratan :

- $\frac{h}{t} \leq \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$
  $\frac{242}{4} \leq \frac{2000000\ x\ 5{,}34}{3792{,}25}^{0,5}$

  60,5 ≥ 53,069….**(TIDAK OK)**

- $\frac{E\,kv}{Fy}^{0,5} < \frac{h}{t} \leq 1{,}51\ \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$
  53,069 < 60,50 ≤ 1,51 x 53,068
  53,069 < 60,50 ≤ 80,133….**(OK)**
  Maka :
  $F_v = \frac{0{,}60\ \sqrt{E\,k_v}}{h/t}$

  $= \frac{0{,}60\sqrt{2000000\ x\ 5{,}34}}{24{,}2/0{,}4}$

= 1995,86 kg/cm^2 ≈ 199,586 N/mm^2

- $V_u \leq \phi V_n$
  27182,64 N ≤ ø A_w x F_v
  27182,64 N ≤ ø (ht)x F_v
  27182,64 N ≤ 0,95 (242mm x 4 mm) x 199,586 N/mm^2
  27182,64 N ≤ 183540 N… **(OK)**

5.2.3.6 Kontrol Kombinasi Kuat Lentur Dengan Kuat Geser

$$\frac{\left(\frac{Mu}{\phi_b M_n}\right)^2 + \left(\frac{Vu}{\phi_v V_n}\right)^2}{\left(\frac{20386980}{0{,}9\,x\,31741133}\right)^2 + \left(\frac{27182{,}64}{0{,}95\,x\,1835400}\right)^2} \leq 1{,}0$$

0,5737 ≤ 1,0… **(OK)**

5.2.3.7 Kontrol Web Criping

PL = 500 kg/m x 3 m
= 1500 kg ≈ 15000 N

PD = 843,48 kg/m x 3 m
= 2530,4 kg ≈ 25304 N

Pu = 1PD + 1PL
= 125304 N+ 15000 N
= 54365 N

Perhitungan web criping di gunakan tabel C3.4.1-2 pada peraturan AISI-2007 dan di dapat nilai :

C : 13
C_R : 0,23
C_N : 0,14
C_h : 0,01

$$Pn = Ct^2 F_y \sin\theta \; 1 - C_R \frac{\overline{R}}{t} \; 1 + C_N \frac{\overline{N}}{t} \; 1 - C_h \frac{\overline{h}}{t}$$

$$= 13x4^2x\,379{,}225\,x\,1\,x \; 1 - 0{,}23 \frac{\overline{4{,}76}}{4} \; x \; 1 + 0{,}14 \frac{\overline{19}}{4} \; x \; 1 - 0{,}01 \frac{\overline{242}}{4}$$

$$= 71119 \text{ N}$$

ϕ Pn = 0,9 x 71119 N = 64007N

Kontrol :

Pu ≤ ϕ Pn

54365 N ≤ 64007 N **(OK)**

5.3 Kontrol Penampang Balok Anak Berlubang.

5.3.1 Kontrol Penampang Balok LC 350.50.50.4,5

Luas profil	(A) : 1958 mm^2
Tinggi profil	(D) : 350 mm
Lebar profil atas	(B) : 50 mm
Lebar profil bawah	(C) : 50 mm
Tebal profil	(t) : 4,5 mm
Inersia arah sumbu x	(I_x) : 27500000 mm^4
Inersia arah sumbu y	(I_y) : 275000 mm^4
Section Modulus arah x	(S_x) : 157000 mm^3
Section Modulus arah y	(S_y) : 6410 mm^3
Jari-jari girasi arah x	(r_x) : 118 mm
Jari-jari girasi arah y	(r_y) : 11,9 mm
Jarak pusat geser ke pusat massa	(x_0) : -21,96 mm
Plastis Modulus	(Z_x): 161527,485 mm^3
Berat Profil tanpa lubang	(W) : 15,4 kg/m
Diameter lubang	(dh) : 195 mm

- h = D – 2t
  = 350 mm – (2 x 4,50mm)
  =341 mm

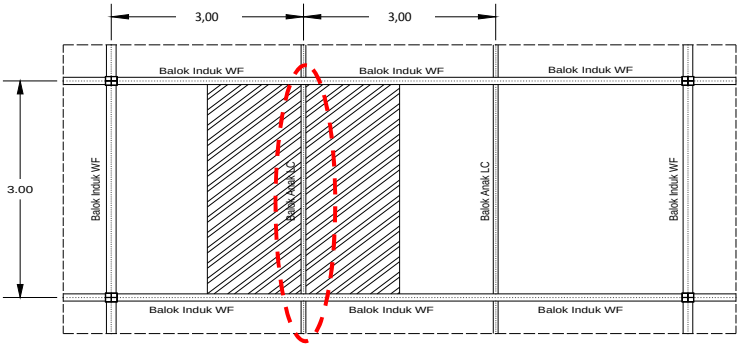
Berat Profil yang berlubang

- Luasan profil = (B x t x 2)+((h-dh) x t)
  = (50 mm x 4,5mmx 2)+((341mm-195mm) x 4,5 mm)
  = 1107 mm^2 ≈ 0,001107 m^2

- Berat profil = 7400 kg/m^3 x 0,001107 m^2
  = 8,1918 kg/m

5.3.1.1 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah:



Gambar 5.10 Denah pembalokan letak balok anak profil LC 350.50.50.4,5

Beban mati

- Berat bondeks :
  10,1 kg/m^2 x 3m = 30.3 kg/m
- Berat sendiri plat:
  0,1m x 2400 kg/m^3 x 3m = 720 kg/m
- Berat sendiri profil = 8,19 kg/m
- Berat spesi lantai (t=2cm) :
  0,02m x 2100 kg/m^3 x 3m = 126 kg/m

-Berat lantai keramik (t=2cm) :
0,02m x 1400 kg/m³ x 3m = 84 kg/m
-Berat rangka+plafond (18 kg/m²) :
19 kg/m² x 3m = 54 kg/m
- Ducting AC dan pipa :
40kg/m² x 3m = 120 kg/m
Berat Total (Q_D) **= 1142,5 kg/m**
- Berat pengikat (10% berat total)
10% x 1149,7kg/m = 114,25 kg/m
Berat Total (Q_D) **= 1256,7kg/m**
= 12.567 N/mm

- **Beban Hidup**
Q_L = 250 kg/m² x 3m
Q_L = 750 kg/m ≈ 7,5 N/mm

- **Beban yang diperhitungkan dalam lendutan**
$Q_u = Q_D + Q_L$
= 1256,7kg/m + 750 kg/m
= 2006,739 kg/m ≈ 20,067 N/mm

- **Beban berfaktor**
$Q_u = 1,2\ Q_D + 1,6\ Q_L$
= 1,2 (1256,7kg/m) +1,6 (750 kg/m)
= 2708,1 kg/m ≈ 27,081 N/mm

- **Momen yang terjadi**
$M_u = 1/8 \times Q_u \times L^2$
= 1/8 x 2708,1 kg/m x (3m)²
= 3046,5977 kg.m
= 30465977 N.mm

- **Geser yang terjadi**
$V_u = 1/2 \times Q_u \times L$
= 1/2 x 2708,1 kg/m x 3m
= 4062,1302 kg ≈ 40621,302 N

5.3.1.2 Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

⌗ Pelat Sayap

W = b
= 50 mm

$\frac{w}{t}$ ≤ 60

$\frac{50\ mm}{4\ mm}$ ≤ 60

12,50 ≤ 60 (memenuhi syarat)

⌗ Pelat Badan

- h = 342,00 mm

$\frac{h}{t}$ ≤ 200

$\frac{341mm}{4{,}5\ mm}$ ≤ 200

75,78 ≤ 200 (memenuhi syarat)

Maka :

- M_n = $S_e F_y$
  = 157000 mm^3 x 379,225 N/mm^2
  =59538325 N.mm
- *Persamaan Interaksi*

  M_u ≤ $\emptyset M_n$

  30465977 N.mm ≤ 0,9 x 59538325 N.mm

  30465977 N.mm ≤ 53584493 N.mm (OK)

5.3.1.3 Kontrol Lendutan

- Lendutan ijin

$\bar{y}_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm

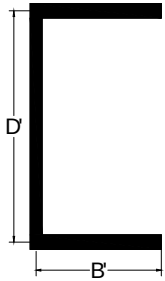
- Lendutan akibat beban mati dan hidup

$y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\,.\,I_x}$

$y_{max} = \frac{5}{384}\frac{20{,}146\ \text{kg/cm}\,.\,(300^4)\ cm4}{2x10^6\text{kg/cm}^2\,.\,2750\ cm4}$

y_{max} = 0,4 cm < $\bar{y}_{ijin}$ = 1,25 cm ….OK

5.3.1.4 Kontrol Kuat Lentur Penampang Balok Pengaruh Tekuk Torsi Lateral



Gambar 5.11 Profil LC 350.50.50.4,5

B' = $B - \frac{t}{2}$
= 50 mm – $\frac{4mm}{2}$
= 47,75 mm

D' = $B - t$
= 350 mm – 4 mm
= 345,5 mm

G = 77913,5 N/mm^2

$J = \frac{1}{3}\ 2\ x\ B'x\ D'\ x\ t^3$

$= \frac{1}{3}\ 2\ x\ 47{,}75\ mm\ x\ 345{,}5mm\ x\ (\ 4{,}5mm)^3$

= 13395,375 mm^4

$\alpha = \frac{1}{2+D'+\frac{t}{3B'x\,t}}$

$= \frac{1}{2+346\ mm+\frac{4mm}{348\ mm\ x\ 4\ mm}}$

= 0,227 mm

I_w = (D')^2 x (B')^3 x t $\frac{1-3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2}\ 1 + D'x\ \frac{t}{6\,B't}$

= (345,5mm)^2 x (47,75 mm)^3 x 4,5 mm

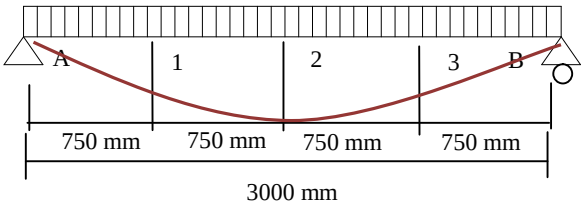
$\frac{1-3x0{,}227mm}{6} +$

$\frac{0{,}227\,mm^{\ 2}}{2}\ 1 +$

$345{,}5\ mmx\ \frac{4{,}5\ mm}{6x\,47{,}75\ mm\ x\ 4{,}5\ mm}$

= 58482879134 mm^5 x 0,110 mm

= 6433193818 mm^6



Gambar 5.12 Pembagian beban

qu = 27,081 N/mm
M_{max} = M_u = 30465977 N.mm
M1 = R_A . 750 – ½ . Qu $(750)^2$
=40621,302 N (750mm)- ½.27,081 N/mm $(750mm)^2$
= 22849445N.mm (momen ¼ bentang)
M2 = M_{max} = 30465977 N.mm
M3 = 22849445 N.mm (momen 3/4 bentang)

$$Cb = \frac{12{,}5\,Mmax}{2{,}5\,Mmax+3M1+4M2+3M2}$$

$$= \frac{12{,}5\,x30465977}{2{,}5x30465977 + 3x22849445 + 4\,x\,30465977 + (3x22849445)}$$

= 1,136

r_o = $(r_x^2 + r_y^2 + x_o^2)^{0,5}$
= $((118\ mm)^2 + (11{,}9\ mm)^2 + (-21{,}96\ mm)^2)^{0,5}$

= 120,614 mm

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y\,x\frac{Ly}{ry})^2}$$

$$= \frac{\pi^2\ 200000\ N/m}{(750\ mm\,x\frac{3000\ mm}{11{,}9\ mm})^2} = 41{,}369\ N$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ax\,r_y}\ GJ + \frac{\pi^2\,E\,C_w}{(K_t\,x\,L_t)^2}$$

$$= \frac{1}{1958\,x\,11,}\ x\ (77913{,}5 \text{ x } 13395{,}375 + \frac{\pi^2\ 200000\,x\,6433193818\ mm6}{(750\,x\,3000)^2}$$

= 4516223,98 N

$F_e = \frac{C_b r_o A}{Sf} x (\sigma_{ey} \sigma_t)^{0,5}$

$= \frac{1,136 \text{ x } 120,61 \text{ x } 19,58}{157} x (41,369 \text{ x } 4516223,98)^{0,5}$

$= 259,538 \text{ N/mm}^2$

Persyaratan :

- $F_e \geq 2,78 F_y$
  $259,538 \text{ N/mm}^2 \geq 2,78 \text{ x } 379,225 \text{ N/mm}^2$
  $259,538 \text{ N/mm}^2 \leq 1054,245 \text{ N/mm}^2$ **(TIDAK OK)**

- $2,78 F_y \geq F_e \geq 0,56 F_y$
  $1054,245 \text{ N/mm}^2 \geq 259,538 \text{ N/mm}^2 \geq 0,56 \text{ x } 379,225 \text{ kg/cm}^2$
  $1054,245 \text{ N/mm}^2 \geq 259,538 \text{ N/mm}^2 \geq 212,366 \text{ N/mm}^2$ **(OK)**
  $F_c = \frac{10}{9} F_y \ 1 - \frac{10 F_y}{36 F_e}$
  $= \frac{10}{9} 379,225 \ 1 - \frac{10x \, 379,225}{36 x \geq 259,538}$

  $= 250,341 \text{N/mm}^2$

-Perhitungan Sc

- Perhitungan lebar sayap
  $w = b - t$
  $= 50 \text{ mm} - 4,5 \text{ mm}$
  $= 45,5 \text{ mm}$

- Kontrol lebar sayap terhadap tebal profil
  $\frac{w}{t} < 60$
  $\frac{45,5 \ mm}{4,5 \ mm} < 60$
  $10,11 < 60$ **(OK)**

- Kapasitas pembebanan

$$\lambda = \frac{1{,}052}{\sqrt{k}} x \frac{w}{t} x \sqrt{\frac{f}{E}}$$

$$= \frac{1{,}052}{\sqrt{0{,}43}} x \frac{45{,}5}{4{,}5} x \sqrt{\frac{379{,}225}{200000}}$$

$= 0{,}706$

Kontrol :

$\lambda = 0{,}706 > 0{,}673$

maka :

$$b = \rho w = \frac{1 - \frac{0{,}22}{\lambda}}{\lambda} x\, w = \frac{1 - \frac{0{,}22}{0{,}706}}{0{,}706} x 45{,}5\ mm = 44{,}35 \text{ mm}$$

- Perhitungan elemen profil LL 350.50.50.4,5

Element	Area A mm²			y	A x y mm³	(A x y^2) mm³
Top Flange	w x t	44,35 x 4,5	199.589	2.25	449.075	1010.418
Webs	h x t	341x 4,5	1534.5	175	268537.5	46994062.5
Bottom flange	w x t	44,35 x 4,5	199.589	347.75	69407.020	24136291.07
TOTAL			**1933.678**		**338393.595**	**71131363.99**

$$y_{cg} = \frac{\sum(Ay)}{\sum A} = \frac{340200}{1944} = 175\ mm$$

$I_{web} = \frac{1}{12} x\, b\, x\, ?^3$

$= \frac{1}{12} x\, 4{,}5\ mm\ x\ 341 mm^3$

$= 14869432{,}88 \text{ mm}^4$

$I_x = (\sum Ay^2) + I_{web} + (-(\sum A) \text{ x } (y_{cg})$

$= 71131363.99 \text{ mm}^3 + 14869432{,}88 \text{ mm}^4 +$
$(-1933.678 \text{ mm}^2 \text{ x } 175\text{mm})$

$= 26781917.82 \text{ mm}^4$

$S_c = \frac{I_x}{y_{cg}} = \frac{26781917.82}{175} = 153039{,}530\ mm^3$

Sehingga :

- *Persamaan interaksi*

  $M_u \leq \emptyset M_n$

  $M_u \leq \emptyset\, S_c\, F_c$

  30573045 N.mm ≤ 0,9 x 153039,530 mm^3 x 250,341N/mm^2

  30573045 N.mm ≤ 34480806,50 N.mm… **(OK)**

5.3.1.5 Kontrol Kuat Geser

$V_u \leq \text{ø}\, V_n$

Persyaratan :

- $\frac{dh}{h} \leq 0{,}7$

  $\frac{195}{341} \leq 0{,}7$

  0,573 ≤ 0,7….**(OK)**

- $\frac{h}{t} \leq 200$

  $\frac{341}{4{,}5} \leq 200$

  75,78 ≤ 200….**(OK)**

- $c = \frac{h}{2} - \frac{dh}{2{,}83}$

  $= \frac{341}{2} - \frac{195}{2{,}83} = 101{,}44\ mm$

Sehingga persyaratan untuk nilai c :

- $\frac{c}{t} \geq 54$

  $\frac{101{,}44}{4{,}5} \geq 54$

  22,541 ≥ 54 ….**(TDK OK)**

- $5 \leq \frac{c}{t} \leq 54$

  $5 \leq 22{,}541 \leq 54$….. **(OK)**

  Maka :

  $qs = \frac{c}{54\ x\ t}$

  $= \frac{101{,}44}{54\ x\ 4{,}5} = 0{,}4174$

Perhitungan geser sebagai berikut :

- $\frac{h}{t} \leq \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$

  $\frac{341}{4{,}5} \leq \frac{2000000\ x\ 5{,}34}{3792{,}25}^{0,5}$

  75,778 ≥ 53,069….**(TIDAK OK)**

- $\frac{E\,kv}{Fy}^{0,5} < \frac{h}{t} \leq 1{,}51\ \frac{E\,kv}{Fy}^{0,5}$

  53,069 < 75,778 ≤ 1,51 x 53,068

  53,069 < 60,50 ≤ 80,133….**(OK)**

  Maka :

  $F_v = \frac{0{,}60\ \sqrt{E\,k_v}}{h/t}$

  $= \frac{0{,}60\sqrt{2000000\ x\ 5{,}34}}{34{,}1/0{,}45}$

  = 1593,5 kg/cm^2 ≈ 159,35 N/mm^2

- $V_u \leq \text{ø}\ q_s V_n$

  40621,302 N ≤ ø q_s A_w x F_v

  40621,302 N ≤ ø q_s (ht)x F_v

  40621,302 N ≤ 0,95 x 0,4174 x (341mm x 4,5 mm) x 159,35 kg/cm^2

  40621,302 N ≤ 96960 N… **(OK)**

5.3.1.6 Kontrol Kombinasi Kuat Lentur Dengan Kuat Geser

$$\sqrt{\left(\frac{Mu}{\emptyset_b M_n}\right)^2 + \left(\frac{Vu}{\emptyset_v V_n}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$$\sqrt{\left(\frac{30465977}{0{,}9\,x\,61255300}\right)^2 + \left(\frac{40621{,}302}{0{,}95\,x\,15935}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$0{,}5546 \leq 1{,}0\ldots$ **(OK)**

5.3.1.7 Kontrol Web Criping

PL = 750 kg/m x 3 m
= 2250 kg ≈ 22500 N

PD = 1256,74 kg/m x 3 m
= 3794,00 kg ≈ 37940,0 N

Pu = PD + PL
= 22500 N + 37940,0 N
= 60440 N

Perhitungan web criping di gunakan tabel C3.4.1-2 pada peraturan AISI-2007 dan di dapat nilai :

C : 13
C_R : 0,23
C_N : 0,14
C_h : 0,01

$$Pn = Ct^2 F_y \sin\theta \left(1 - C_R \sqrt{\frac{R}{t}}\right)\left(1 + C_N \sqrt{\frac{N}{t}}\right)\left(1 - C_h \sqrt{\frac{h}{t}}\right)$$

$$= 13x4^2x\,379{,}225\,x\,1\,x\,\left(1 - 0{,}23\sqrt{\frac{4{,}76}{4{,}5}}\right)x\left(1 + 0{,}14\sqrt{\frac{19}{4{,}5}}\right)x\left(1 - 0{,}01\sqrt{\frac{342}{4{,}5}}\right)$$

= 88590 N

ϕ Pn = 0,9 x 88590 N = 79731N

Kontrol :

Pu $\leq \phi$ Pn

60440 N $\leq$ 79731N **(OK)**

5.3.2 Kontrol Penampang Balok LC 300.50.50.4,5

Luas profil (A) : 1733 mm^2

Berat Profil (W) : 13,6 kg/m

Tinggi profil (D) : 300 mm

Lebar profil atas (B) : 50 mm

Lebar profil bawah (C) : 50 mm

Tebal profil (t) : 4,5 mm

Inersia arah sumbu x (I_x) : 18500000 mm^4

Inersia arah sumbu y (I_y) : 268000 mm^4

Section Modulus arah x (S_x) : 111000 mm^3

Section Modulus arah y (S_y) : 5740 mm^3

Jari-jari girasi arah x (r_x) : 103 mm

Jari-jari girasi arah y (r_y) : 12,4 mm

Jarak pusat geser ke pusat massa (x_0) : -23,86 mm

Plastis Modulus (Z_x): 124997,52 mm^3

Diameter lubang (dh): 172 mm

- h = D – 2t
  = 300 mm – (2 x 4,50mm)
  =291 mm

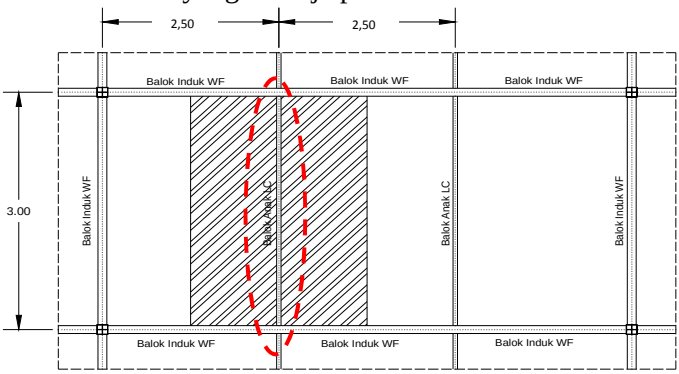
Berat Profil yang berlubang

- Luasan profil = (B x t x 2)+((h-dh) x t)
  = (50 mm x 4,5mmx 2)+((291mm-172mm) x 4,5 mm)
  = 985,5 mm^2 ≈ 0,0009855 m^2

- Berat profil = 7400 kg/m^3 x 0,0009855 m^2
  = 7,2927 kg/m

5.3.2.1 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah:



Gambar 5.13 Denah pembalokan letak balok anak profil LC 300.50.50.4,5

Beban mati

- Berat bondeks :
  10,1 kg/m^2 x 2,5m = 25,5 kg/m
- -Berat sendiri plat:
  0,1m x 2400 kg/m^3 x 2,5m = 600 kg/m
- -Berat sendiri profil (taksiran) = 7,29 kg/m
- -Berat spesi lantai (t=2cm) :
  0,02m x 2100 kg/m^3 x 2,5m = 105 kg/m
- -Berat lantai keramik (t=2cm) :
  0,02m x 1400 kg/m^3 x 2,5m = 70 kg/m
- -Berat rangka+plafond (18 kg/m^2) =
  18 kg/m^2 x 2,5m = 45 kg/m
- Ducting AC dan pipa :
  40kg/m^2 x 2,5m = 100 kg/m

Berat Total (Q_D) = 952,54 kg/m

- Berat pengikat (10% berat total)
  10% x 958.85 kg/m = **95.25kg/m**

Berat Total (Q_D) = 1047,8 kg/m

= 10,478 N/mm

- **Beban Hidup**

  Q_L = 250 kg/m² x 2,5m

  Q_L = 625 kg/m ≈ 62,5 N/mm

- **Beban yang diperhitungkan dalam lendutan**

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  = 1047,8 kg/m + 625 kg/m

  = 1672,794kg/m ≈ 16,72794 N/mm

- **Beban berfaktor**

  Q_u = 1,2 Q_D +1,6 Q_L

  = 1,2 (1047,8 kg/m) +1,6 (625 kg/m)

  = 2257,4 kg/m ≈ 22,574 N/mm

- **Momen yang terjadi**

  M_u = 1/8 x Q_u x L²

  = 1/8 x 2257,4 kg/m x (3m)²

  = 253952,19 kg.m

  = 25395219 N.mm

- **Geser yang terjadi**

  V_u = 1/2 x Q_u x L

  = 1/2 x 22,574 N/mm x 3000m

  = 33860,292 N

5.3.2.2 Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

- **Pelat Sayap**

W = b

= 50 mm

$\frac{w}{t}$ ≤ 60

$\frac{50\,mm}{4{,}5\,mm}$ ≤ 60

11,11 ≤ 60 (memenuhi syarat)

 # Pelat Badan

- h = 291 mm

$\frac{h}{t}$ ≤ 200

$\frac{291mm}{4{,}5\,mm}$ ≤ 200

64,67 ≤ 200 (memenuhi syarat)

Maka :

- $M_n = S_e F_y$
  = 111000 mm^3x 379,225 N/mm^2
  = 42093975 N.mm
- *Persamaan Interaksi*

  M_u ≤ $\emptyset M_n$

  25395219 N.mm ≤ 0,9 x 42093975 N.mm

  25395219 N.mm ≤ 37884578 N.mm (OK)

5.3.2.3 Kontrol Lendutan

- Lendutan ijin

  $\bar{y}_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm

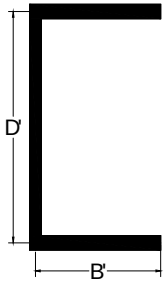
- Lendutan akibat beban mati dan hidup

  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\,.\,I_x}$

  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{16{,}79735\ \text{kg/cm}\,.\,(300^4)\ cm4}{2x10^6\text{kg/cm}^2\,.\,1850\ cm4}$

  y_{max} = 0,4cm < $\bar{y}_{ijin}$ = 1,25 cm ….OK

5.3.2.4 Kontrol Kuat Lentur Penampang Balok Pengaruh Tekuk Torsi Lateral



Gambar 5.14 Profil LC 300.50.50.4,0

B’ $= B - \frac{t}{2}$

$= 50 \text{ mm} - \frac{4{,}5mm}{2}$

$= 47{,}75 \text{ mm}$

D’ $= B - t$

$= 300 \text{ mm} - 4{,}5 \text{ mm}$

$= 295{,}5 \text{ mm}$

$G = 77913{,}5 \text{ N/mm}^2$

$J = \frac{1}{3}\ 2\ x\ B'x\ D'\ x\ t^3$

$= \frac{1}{3}\ 2\ x\ 47{,}75\ mm\ x\ 295{,}5mm\ x\ (4{,}5mm)^3$

$= 11876{,}625 \text{ mm}^4$

α $= \frac{1}{2+D'+\frac{t}{3B'xt}}$

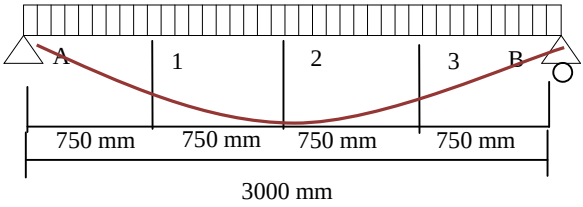
$= \frac{1}{2+295{,}5\ mm+\frac{4{,}5\ mm}{143{,}25\ mm\ x\ 4{,}5\ mm}}$

$= 0{,}246 \text{ mm}$

$$\mathbf{I_w} = (D')^2 \times (B')^3 \times t \ \frac{1-3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2} \ 1 + D'x \ \frac{t}{6B't}$$

$$= (295{,}5\text{mm})^2 \times (47{,}75 \text{ mm})^3 \times 4{,}5 \text{ mm} \ \frac{1-3x0{,}246\text{mm}}{6} + \frac{(0{,}246\text{ mm})^2}{2} \ 1 + 295{,}5\ mmx \ \frac{4{,}5\ mm}{6x\ 47{,}75\ mm\ x\ 4{,}5\ mm}$$

$$= 42780000000 \text{ mm}^5 \times 0{,}105 \text{ mm}$$
$$= 4070528940 \text{ mm}^6$$



Gambar 5.15 Pembagian beban

qu = 22,574 N/mm
M_{max} = M_u = 25395219 N.mm
M1 = R_A . 750 – ½ . Qu $(750)^2$
=33860,292 N (750mm)- ½.22,574 N/mm $(750mm)^2$
= 19046282 N.mm (momen ¼ bentang)
M2 = M_{max} = 25395219 N.mm
M3 = 19046282 N.mm (momen 3/4 bentang)

$$Cb = \frac{12{,}5\ Mmax}{2{,}5\ Mmax+3M1+4M2+3M2}$$

$$= \frac{12{,}5\ x25395219}{2{,}5x25395219 + 3x19046282 + 4x\ 25395219 + (3x19046282)}$$

= 1,136

$r_o = (r_x^2 + r_y^2 + x_o^2)^{0,5}$
$= ((103\ mm)^2 + (12,4\ mm)^2 + (-23,86\ mm)^2)^{0,5}$
$= 106,452\ mm$

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y x \frac{Ly}{ry})^2}$$

$$= \frac{\pi^2\ 200000\ N/mm^2}{(750\ mm\ x \frac{3000\ mm}{12,4\ mm})^2}$$

$= 44,92\ N$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ax\ r_y}\ GJ + \frac{\pi^2\ E\ C_w}{(K_t\ x\ L_t)^2}$$

$$= \frac{1}{1733\ x\ 12,4}\ x\ (77913,5 \text{ x } 11876,625 + \frac{\pi^2\ 200000\ x\ 4070528940}{(750\ x\ 3000)^2}$$

$= 5604003,9\ N$

$$F_e = \frac{C_b\ r_o A}{Sf}\ x\ (\sigma_{ey}\ \sigma_t)^{0,5}$$

$$= \frac{1,136 \text{ x } 106,45 \text{ x } 1737}{111000}\ x\ (44,92 \text{ x } 5604003,9\ )^{0,5}$$

$= 304,106\ N/mm^2$

Persyaratan :

- $F_e \geq 2,78\ F_y$
  $304,106\ N/mm^2 \geq 2,78 \text{ x } 379,225\ N/mm^2$
  $304,106\ N/mm^2 \leq 1054,2455\ N/mm^2$ **(TIDAK OK)**

- $2,78\ F_y \geq F_e \geq 0,56\ F_y$
  $1054,2455\ N/mm^2 \geq 304,106\ N/mm^2 \geq 0,56 \text{ x } 3792,25\ kg/cm^2$
  $1054,2455\ N/mm^2 \geq 304,106\ N/mm^2 \geq 212,366\ N/mm^2$ **(OK)**
  Maka :

$F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10F_y}{36\,F_e}\right)$

$= \frac{10}{9}\ 379{,}225\ \left(1 - \frac{10x\,379{,}225}{36\,x\,304{,}106}\right)$

$= 275{,}404\ N/mm^2$

-Perhitungan Sc

- Perhitungan lebar sayap

  $w = b - t$

  $= 50\ mm - 4{,}5\ mm$

  $= 45{,}5\ mm$

- Kontrol lebar sayap terhadap tebal profil

  $\frac{w}{t} < 60$

  $\frac{45{,}5\ mm}{4{,}5\,mm} < 60$

  $10{,}11 < 60$ **(OK)**

- Kapasitas pembebanan

  $\lambda = \frac{1{,}052}{\sqrt{k}} x \frac{w}{t} x \sqrt{\frac{f}{E}}$

  $= \frac{1{,}052}{\sqrt{4}} x \frac{45{,}5}{4{,}5} x \sqrt{\frac{379{,}225}{200000}}$

  $= 0{,}218$

  Kontrol :

  $\lambda = 0{,}218 < 0{,}673$

  maka :

  $b = \rho w = \frac{1 - \frac{0{,}22}{\lambda}}{\lambda}\ x\ w = \frac{1 - \frac{0{,}22}{0{,}706}}{0{,}706} x 45{,}5\ mm = 44{,}35\ mm$

- Perhitungan elemen profil LL 300.50.50.4,5

Element	Area A mm^2			y	A x y mm^3	(A x y^2)mm^3
Top Flange	w x t	44,35 x 4,5	199.589	2.25	449.075	1010.418
Webs	h x t	291x 4,5	1309.5	150	196425	29463750
Bottom flange	w x t	44,35 x 4,5	199.589	297.25	59327.783	17635183.53
TOTAL			**1708.678**		**256201.858**	**47099943.95**

$y_{cg} = \frac{\sum(Ay)}{\sum A} = \frac{257747{,}625}{1719} = 150\ mm$

$I_{web} = \frac{1}{12} x\ b\ x\ ?^3$

$= \frac{1}{12} x\ 4{,}5\ mm\ x(\ 291mm)^3$

$= 9240814{,}125\ mm^4$

$I_x = (\sum Ay^2) + I_{web} + (-(\sum A) \times (y_{cg})$

$= 47099943.95\ mm^3 + 9240814{,}125\ mm^4 + (-1708.678\ mm^2 \times 150mm)$

$= 17925442.71\ mm^4$

$S_c = \frac{I_x}{y_{cg}} = \frac{17925442.71}{150} = 119549{,}500\ mm^3$

Sehingga :

- *Persamaan interaksi*

$M_u \leq \emptyset M_n$

$M_u \leq \emptyset\ S_c F_c$

25488922,5N.mm $\leq$ 0,9 x 119549,500 mm^3 x 275,404 N/mm^2

25488922,5N.mm $\leq$ 29632003.03 N.mm… **(OK)**

5.2.3.5 Kontrol Kuat Geser

$V_u \leq \text{ø}\, V_n$

Persyaratan :

- $\frac{dh}{h} \leq 0{,}7$

  $\frac{172}{291} \leq 0{,}7$

  $0{,}590 \leq 0{,}7$….**(OK)**

- $\frac{h}{t} \leq 200$

  $\frac{291}{4{,}5} \leq 200$

  $64{,}67 \leq 200$….**(OK)**

- $c = \frac{h}{2} - \frac{dh}{2{,}83}$

  $= \frac{291}{2} - \frac{172}{2{,}83} = 84{,}81\ mm$

Sehingga persyaratan untuk nilai c :

- $\frac{c}{t} \geq 54$

  $\frac{84{,}81}{4{,}5} \geq 54$

  $18{,}847 \geq 54$ ….**(TDK OK)**

- $5 \leq \frac{c}{t} \leq 54$

  $5 \leq 18{,}847 \leq 54$….. **(OK)**

Maka :

$$qs = \frac{c}{54\ x\ t}$$

$$= \frac{84{,}81}{54\ x\ 4{,}5} = 0{,}349$$

Perhitungan geser sebagai berikut :

- $\frac{h}{t} \leq \frac{E\,kv}{Fy}^{0{,}5}$

  $\frac{291}{4{,}5} \leq \frac{2000000\ x\ 5{,}34}{3792{,}25}^{0{,}5}$

  64,667 ≤ 53,069….**(TIDAK OK)**

- $\frac{E\,kv}{Fy}^{0{,}5} < \frac{h}{t} \leq 1{,}51\ \frac{E\,kv}{Fy}^{0{,}5}$

  53,069 < 64,667 ≤ 1,51 x 53,068

  53,069 < 64,667 ≤ 80,133….**(OK)**

  Maka :

  $F_v = \frac{0{,}60\ \sqrt{E\,k_v}}{h/t}$

  $= \frac{0{,}60\sqrt{2000000\ x\ 5{,}34}}{29{,}1/0{,}45}$

  = 1867,30 kg/cm^2 ≈ 186,730 N/mm

- $V_u \leq \text{ø}\ q_s V_n$

  33860,292 N≤ ø q_s A_w x F_v

  33860,292 N ≤ ø q_s (ht)x F_v

  33860,292 N≤ 0,95 x 0,4174 x (341mm x 4,5 mm) x 159,35 N/mm^2

  33860,292 N≤ 81072 N… **(OK)**

5.3.2.6 Kontrol Kombinasi Kuat Lentur Dengan Kuat Geser

$$\sqrt{\left(\frac{Mu}{\emptyset_b M_n}\right)^2 + \left(\frac{Vu}{\emptyset_v V_n}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$$\sqrt{\left(\frac{25395219}{0{,}9\,x\,42093975}\right)^2 + \left(\frac{33860{,}292}{0{,}95\,x\,244517{,}7}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$0{,}72 \leq 1{,}0\ldots$ **(OK)**

5.3.2.7 Kontrol Web Criping

PL = 625 kg/m x 3 m
= 1875 kg ≈ 18750 N

PD = 1047,794 N/m x 3 m
= 3164,2 kg ≈ 31642 N

Pu = PD + PL
= 31642 N + 18750 N
= 67970 N

Perhitungan web criping di gunakan tabel C3.4.1-2 pada peraturan AISI-2007 dan di dapat nilai :

C : 13
C_R : 0,23
C_N : 0,14
C_h : 0,01

$$Pn = Ct^2 F_y \sin\theta \left(1 - C_R \sqrt{\frac{R}{t}}\right)\left(1 + C_N \sqrt{\frac{N}{t}}\right)\left(1 - C_h \sqrt{\frac{h}{t}}\right)$$

$$= 13x4^2x\,379{,}225\,x\,1\,x\,\left(1 - 0{,}23\sqrt{\frac{4{,}76}{4{,}5}}\right)x\left(1 + 0{,}14\sqrt{\frac{19}{4{,}5}}\right)x\left(1 - 0{,}01\sqrt{\frac{292}{4{,}5}}\right)$$

= 88590 N

ϕ Pn = 0,9 x 89277 N = 80349 N

Kontrol :

Pu $\leq \phi$ Pn

67970 N $\leq$ 80349 N **(OK)**

5.3.3 Kontrol Penampang Balok LC 250.50.50.4,5

Luas profil (A) : 1508 mm^2

Berat Profil (W) : 10,6 kg/m

Tinggi profil (D) : 250 mm

Lebar profil atas (B) : 50 mm

Lebar profil bawah (C) : 50 mm

Tebal profil (t) : 4,5 mm

Inersia arah sumbu x (I_x) : 11600000 mm^4

Inersia arah sumbu y (I_y) : 259000 mm^4

Section Modulus arah x (S_x) : 93000 mm^3

Section Modulus arah y (S_y) : 6310 mm^3

Jari-jari girasi arah x (r_x) : 87,8 mm

Jari-jari girasi arah y (r_y) : 13,1 mm

Jarak pusat geser ke pusat massa (x_0) : -26,18 mm

Plastis Modulus (Z_x): 94535,78 mm^3

Diameter lubang (dh): 143 mm

- h = D – 2t
  = 250 mm – (2 x 4,50mm)
  =241 mm

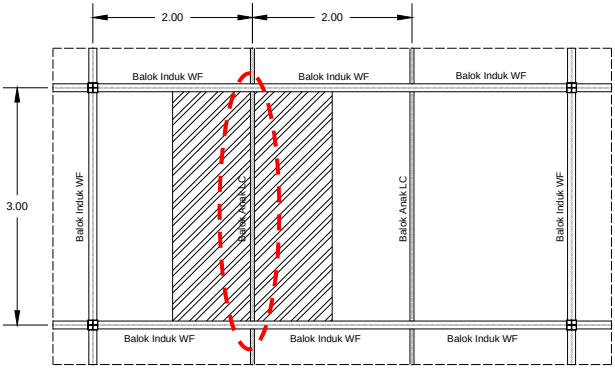
Berat Profil yang berlubang

- Luasan profil = (B x t x 2)+((h-dh) x t)
  = (50 mm x 4,5mmx 2)+((241mm-143mm) x 4,5 mm)
  = 891 $mm^2 \approx$ 0,000891 m^2

- Berat profil = 7400 kg/m^3 x 0,000891 m^2
  = 6,5934 kg/m

5.3.3.1 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah:



Gambar 5.16 Denah pembalokan letak balok anak profil LC 250.50.50.4,5

- **Beban mati**

-Berat bondeks :
10,1 kg/m² x 2m = 20,2 kg/m
-Berat sendiri plat:
0,1m x 2400 kg/m³ x 2m = 480 kg/m
-Berat sendiri profil balok anak
LC 300.50.50.4,5 = 6,59 kg/m
-Berat spesi lantai (t=2cm) :
0,02m x 2100 kg/m³ x 2m = 84 kg/m
-Berat lantai keramik (t=2cm) :
0,02m x 1400 kg/m³ x 2m = 56 kg/m
-Berat rangka+plafond (18 kg/m²) :
18 kg/m² x 2m = 36 kg/m
-Berat pipa dan ducting AC :
40 kg/m² x 2m = 80 kg/m
Berat Total (Q_D) **= 762,79 kg/m**
-Berat pengikat (10% berat total) :
10% x 1191,1 kg/m = 76,279 kg/m
Berat Total (Q_D) **= 839,07 kg/m**
= 8,3907 N/mm

- **Beban Hidup**

  Q_L = 250 kg/m² x 2m

  Q_L = 500 kg/m ≈ 5 N/mm

- **Beban yang diperhitungkan dalam lendutan**

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  = 839,07 kg/m + 500 kg/m

  = 1339,069 kg/m = 13,39069 N/mm

- **Beban berfaktor**

  Q_u = 1,2 Q_D +1,6 Q_L

  = 1,2 (839,07 kg/m) +1,6 (500 kg/m)

  = 1806,88 kg/m ≈18,0688N/mm

- **Momen yang terjadi**

  M_u = 1/8 x Q_u x L²

  = 1/8 x 1806,88 kg/m x (3m)²

  = 203274 kg.m

  = 20327400 N.mm

- **Geser yang terjadi**

  V_u = 1/2 x Q_u x L

  = 1/2 x 1339,069 N/mm x 3m

  = 2710,32kg ≈ 27103,2 N

5.3.3.2 Kontrol Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

- **Pelat Sayap**

  W = b

  = 50 mm

  $\frac{w}{t}$ ≤ 60

  $\frac{50\,mm}{4\,mm}$ ≤ 60

  12,50 ≤ 60 (memenuhi syarat)

 # Pelat Badan

- h = 242,00 mm

$\frac{h}{t}$ ≤ 200

$\frac{241mm}{4mm}$ ≤ 200

53,26 ≤ 200 (memenuhi syarat)

Maka :

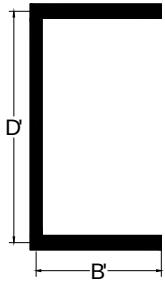
- $M_n = S_e F_y$
  $= 93000\ mm^3 x\ 379{,}225\ N/mm^2$
  $= 35267925$ N.mm
- *Persamaan Interaksi*
  $M_u \leq \emptyset M_n$
  20327400 N.mm ≤ 0,9 x 35267925 N.mm
  20327400 N.mm ≤ 31741133 N.mm (OK)

5.3.3.3 Kontrol Lendutan

- Lendutan ijin
  $\bar{y}_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm

- Lendutan akibat beban mati dan hidup
  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\ .\ I_x}$
  $y_{max} = \frac{5}{384}\frac{13{,}4348\ \text{kg/cm}\ .\ (300^4)\ cm4}{2x10^6 \text{kg/cm}^2\ .\ 1160\ cm4}$
  $y_{max} = 0{,}6cm < \bar{y}_{ijin} = 1{,}25$ cm ….OK

5.3.3.4 Kontrol Kuat Lentur Penampang Balok Pengaruh Tekuk Torsi Lateral



Gambar 5.17 Profil LC 250.50.50.4,5

B' $= B - \frac{t}{2}$
$= 50\ mm - \frac{4{,}5mm}{2}$
$= 47{,}75\ mm$

D' $= B - t$
$= 250\ mm - 4{,}5\ mm$
$= 245{,}5\ mm$

$G = 77913{,}5\ N/mm^2$

$J = \frac{1}{3}\ 2\ x\ B'x\ D'\ x\ t^3$

$= \frac{1}{3}\ 2\ x\ 47{,}75\ mm\ x\ 245{,}5mm\ x\ (4{,}5mm)^3$
$= 10357{,}87\ mm^4$

$$\alpha = \frac{1}{2+D'+\frac{t}{3B'x\,t}}$$

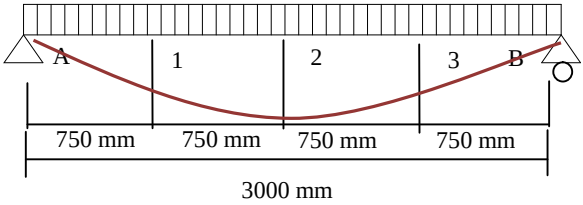
$$= \frac{1}{2+245{,}5\ mm+\frac{4{,}5\ mm}{143{,}5\ mm\ x\ 4{,}5\ mm}}$$

= 0,27 mm

$$I_w = (D')^2 \text{ x } (B')^3 \text{ x t } \frac{1-3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2}\ 1 + D'x\ \frac{t}{6\,B't}$$

$$= (245{,}5\text{mm})^2 \text{ x } (47{,}75 \text{ mm})^3 \text{ x } 4{,}5 \text{ mm } \frac{1-3x0{,}27\text{mm}}{6} + \frac{(0{,}27\text{ mm})^2}{2}\ 1 + 245{,}5\ mmx\ \frac{4{,}5\ mm}{6x\ 47{,}75\ mm\ x\ 4{,}5\ mm}$$

= 2953000000 mm^5 x 0,099 mm
= 293400000 mm^6



Gambar 5.18 Pembagian beban

qu = 18,0688N/mm
$M_{max} = M_u$ =20327400 N.mm
M1 = R_A . 750 – ½ . Qu $(750)^2$
= 27103,2 N (750mm)-
½.18,0688 N/mm $(750mm)^2$
= 15245550 N.mm (momen ¼ bentang)
M2 = M_{max} = 20327400 N.mm

M3 = 15245550 N.mm (momen 3/4 bentang)

$$Cb = \frac{12{,}5\,Mmax}{2{,}5\,Mmax+3M1+4M2+3M2}$$

$$= \frac{12{,}5\,x20327400}{2{,}5x20327400 + 3x15245550 + 4\,x\,20327400 + (3x15245550)}$$

= 1,136

$r_o = (r_x^2 + r_y^2 + x_o^2)^{0,5}$

$= ((87{,}8\ mm)^2 + (13{,}1\ mm)^2 + (-26{,}185\ mm)^2)^{0,5}$

= 92,553 mm

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y\,x\frac{Ly}{ry})^2}$$

$$= \frac{\pi^2\,200000\,N/mm^2}{(750\,mm\,x\frac{3000\,mm}{13{,}1\,mm})^2}$$

= 50,13 N

$$\sigma_t = \frac{1}{Ax\,r_o}\ GJ + \frac{\pi^2\,E\,C_w}{(K_t\,x\,L_t)^2}$$

$$= \frac{1}{1508\,mm\,x\,13{,}1}\ x\ (77913{,}5 \text{ x } 10357{,}87 + \frac{\pi^2\,200000\,x\,293400000\,mm6}{(750\,x\,3000)^2}$$

= 7131988,6 N

$$F_e = \frac{C_b\,r_o A}{Sf}\ x\ (\sigma_{ey}\ \sigma_t)^{0,5}$$

$$= \frac{1{,}136 \text{x} 92{,}553 \text{x}\ 1508}{105000}\ x\ (50{,}13 \text{ x } 7131988{,}6\ )^{0,5}$$

= 362,556 N/mm^2

Persyaratan :

- F_e $\geq 2{,}78\ F_y$
  $362{,}556\ N/mm^2 \geq 2{,}78 \times 379{,}225\ N/mm^2$
  $362{,}556\ N/mm^2 \leq 1054{,}245\ N/mm^2$ **(TIDAK OK)**

- $2{,}78\ F_y \geq F_e \geq 0{,}56\ F_y$
  $1054{,}245\ N/mm^2 \geq 362{,}556\ N/mm^2 \geq 0{,}56 \times 3792{,}25\ N/mm^2$
  $1054{,}245\ N/mm^2 \geq 362{,}556\ N/mm^2 \geq 212{,}366\ N/mm^2$..**(OK)**
  Maka :
  $F_c = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10F_y}{36F_e}\right)$
  $= \frac{10}{9} 379{,}225 \left(1 - \frac{10 \times 379{,}225}{36 \times 362{,}556}\right)$
  $= 298{,}935\ N/mm^2$

-Perhitungan Sc

- Perhitungan lebar sayap
  $w = b - t$
  $= 50\ mm - 4{,}5\ mm$
  $= 45{,}5\ mm$

- Kontrol lebar sayap terhadap tebal profil
  $\frac{w}{t} < 60$
  $\frac{45{,}5\ mm}{4{,}5\ mm} < 60$
  $10{,}11 < 60$ **(OK)**

- Kapasitas pembebanan
  $\lambda = \frac{1{,}052}{\sqrt{k}} \times \frac{w}{t} \times \sqrt{\frac{f}{E}}$
  $= \frac{1{,}052}{\sqrt{0{,}43}} \times \frac{45{,}5}{4{,}5} \times \sqrt{\frac{379{,}225}{200000}}$
  $= 0{,}706$

Kontrol :

λ = 0,218 < 0,673

maka :

b = ρw = $\frac{1-\frac{0,22}{\lambda}}{\lambda} x\, w = \frac{1-\frac{0,22}{0,706}}{0,706} x45,5\ mm$= 44,35 mm

Perhitungan elemen profil LL 250.50.50.4,5

Element	Area A (mm2)			y	A x y mm^3	(A x y^2) mm^3
Top Flange	w x t	44,35 x 4,5	199.589	2.25	449.0749	1010.418
Webs	h x t	241x 4,5	1084.5	125	135562.5	16945312.5
Bottom flange	w x t	44,35 x 4,5	199.589	247.75	49448.135	12250775.56
TOTAL			**1483.678**		**185459.710**	**29197098.48**

$y_{cg} = \frac{\sum(Ay)}{\sum A} = \frac{186750}{1494} = 125mm$

$I_{web} = \frac{1}{12} x\, b\, x$ □^{3}

$= \frac{1}{12} x\, 4,5\ mm\, x(\, 241mm)^3$

= 5249070,375 mm^4

$I_x = (\sum Ay^2) + I_{web} + (-(\sum A) \times (y_{cg})$

= 29197098.48 mm^3 + 5249070,375 mm^4+ (- 1483.678 mm^2 x 125 mm)

= 11263705.06 mm^4

$S_c = \frac{I_x}{y_{cg}} = \frac{11263705.06}{125} = 90109,640\ mm^3$

Sehingga :

- *Persamaan interaksi*

$M_u \leq \emptyset M_n$

$M_u \leq \emptyset\, S_c F_c$

20386980 N.mm ≤ 0,9 x 90109,640 mm^3 x 298,935 N/mm^2

20386980 N.mm ≤ 24243241,86 N.mm … **(OK)**

5.3.3.5 Kontrol Kuat Geser

$V_u \leq \phi V_n$

Persyaratan :

- $\frac{dh}{h} \leq 0{,}7$

  $\frac{143}{241} \leq 0{,}7$

  $0{,}594 \leq 0{,}7$….**(OK)**

- $\frac{h}{t} \leq 200$

  $\frac{241}{4{,}5} \leq 200$

  $53{,}56 \leq 200$….**(OK)**

- $c = \frac{h}{2} - \frac{dh}{2{,}83} = \frac{241}{2} - \frac{143}{2{,}83} = 69{,}91\ mm$

Sehingga persyaratan untuk nilai c :

- $\frac{c}{t} \geq 54$

  $\frac{69{,}91}{4{,}5} \geq 54$

  $15{,}537 \geq 54$ ….**(TDK OK)**

- $5 \leq \frac{c}{t} \leq 54$

  $5 \leq 15{,}537 \leq 54$….. **(OK)**

Maka :

$qs = \frac{c}{54\ x\ t}$

$= \frac{69,91}{54\ x\ 4,5} = 0,349$

Perhitungan geser sebagai berikut :

- $\frac{h}{t} \leq \left(\frac{E\,kv}{Fy}\right)^{0,5}$

  $\frac{241}{4} \leq \left(\frac{2000000\ x\ 5,34}{3792,25}\right)^{0,5}$

  $53,56 \geq 53,069$….**(TIDAK OK)**

- $\left(\frac{E\,kv}{Fy}\right)^{0,5} < \frac{h}{t} \leq 1,51\ \left(\frac{E\,kv}{Fy}\right)^{0,5}$

  $53,069 < 53,56 \leq 1,51 \times 53,068$

  $53,069 < 53,56 \leq 80,133$….**(OK)**

  Maka :

  $F_v = \frac{0,60\ \sqrt{E\,k_v}}{h/t}$

  $= \frac{0,60\sqrt{2000000\ x\ 5,34}}{24,1/0,45}$

  $= 2254,659\ kg/cm^2 \approx 225,466\ N/mm^2$

- $V_u \leq \phi\ V_n$

  $27103,2\ N \leq \phi\ q_s\ A_w\ x\ F_v$

  $27103,2\ N \leq \phi\ (ht) x\ F_v$

  $27103,2\ N \leq 0,95 \times 0,349 \times (241mm \times 4,5\ mm) \times 225,4659\ N/mm^2$

  $27103,2\ N \leq 66836,44\ N$… **(OK)**

5.3.3.6 Kontrol Kombinasi Kuat Lentur Dengan Kuat Geser

$$\sqrt{\left(\frac{Mu}{\emptyset_b M_n}\right)^2 + \left(\frac{Vu}{\emptyset_v V_n}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$$\sqrt{\left(\frac{20327400}{0{,}9\,x\,31741133}\right)^2 + \left(\frac{27103{,}2}{0{,}95\,x\,244517{,}7}\right)^2} \leq 1{,}0$$

$0{,}751 \leq 1{,}0\ldots$ **(OK)**

5.3.3.7 Kontrol Web Criping

PL = 500 kg/m x 3 m
= 1500 kg ≈ 15000 N

PD = 839,069 kg/m x 3 m
= 2530,4 kg ≈ 25304 N

Pu = 1,2 PD + 1,6 PL
= 1,2(25304 N) + 1,6 (15000 N)
= 30365 N + 24000 N
= 54365 N

Perhitungan web criping di gunakan tabel C3.4.1-2 pada peraturan AISI-2007 dan di dapat nilai :

C : 13
C_R : 0,23
C_N : 0,14
C_h : 0,01

$$Pn = Ct^2 F_y \sin\theta \left(1 - C_R \sqrt{\frac{R}{t}}\right)\left(1 + C_N \sqrt{\frac{N}{t}}\right)\left(1 - C_h \sqrt{\frac{h}{t}}\right)$$

$$= 13x4^2x\,379{,}225\,x\,1\,x\,\left(1 - 0{,}23\sqrt{\frac{4{,}76}{4{,}5}}\right)\,x\,\left(1 + 0{,}14\sqrt{\frac{19}{4{,}5}}\right)\,x\,\left(1 - 0{,}01\sqrt{\frac{242}{4{,}5}}\right)$$

= 90026 N

ϕ Pn = 0,9 x 90026 N = 81023 N

Kontrol :

Pu $\leq \phi$ Pn

54365 N $\leq$ 81023 N **(OK)**

“Halaman ini sengaja di kososngkan”

BAB VI
ANALISA PERILAKU
BALOK BAJA CANAI DINGIN

6.1 Analisa perilaku Balok

Dalam menganalisa perilaku elemen balok menggunakan *software Finite Element Analysis*. Pada analisa ini dimodelkan dua jenis balok baja canai dingin dengan mempunyai lubang pada badan profil dan tidak mempunyai lubang, Profil yang digunakan adalah *light channel*.

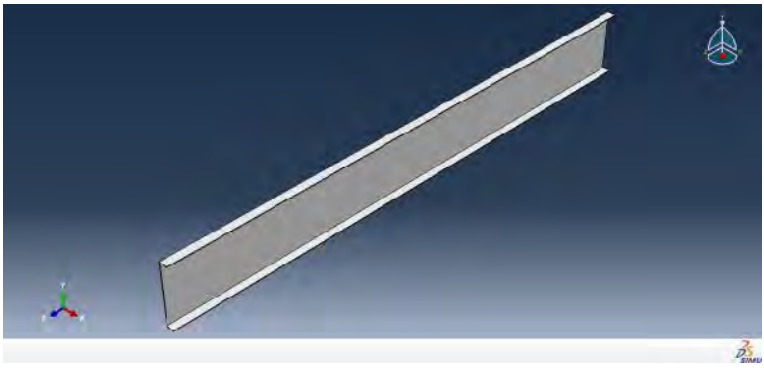
6.1.1 Balok Baja Canai Dingin Tidak Berlubang

Permodelan balok baja canai dingin di modelkan menggunakan tiga profil yaitu LC 350.50.50.4, LC 300.50.50.4 dan LC 250.50.50.4. Sebelum menganalisis perilaku balok baja canai dingin tidak berlubang pada program bantu software, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan diantaranya yaitu:

6.1.1.1 *Part*

Langkah ini merupakan tahapan awal pembentukan geometrik struktur dengan menggunakan titik koordinat dalam penggambaran sebuah bentuk penampang untuk masing-masing elemen yang ditunjukan pada Gambar 6.1, Gambar 6.2, Gambar 6.3

- Penampang balok menggunakan profil LC 350.50.50.4 dengan panjang 3 meter.

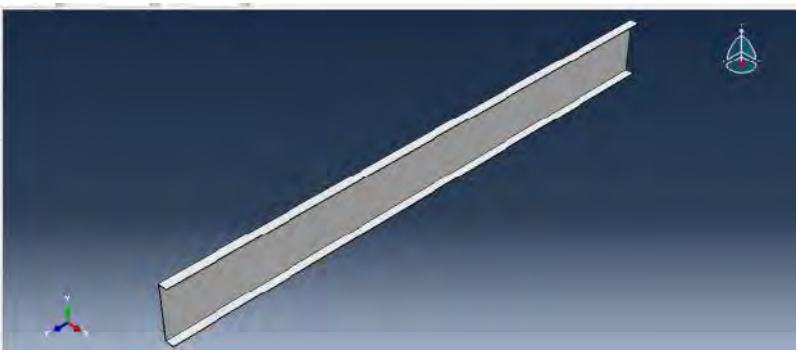


Gambar 6.1. Penampang Balok baja canai dingin LC 350.50.50.4.

- Penampang balok menggunakan profil LC 300.50.50.4 dengan panjang 3 meter.

Gambar 6.2. Penampang Balok baja canai dingin LC 300.50.50.4.

- Penampang balok menggunakan profil LC 250.50.50.4 dengan panjang 3 meter.

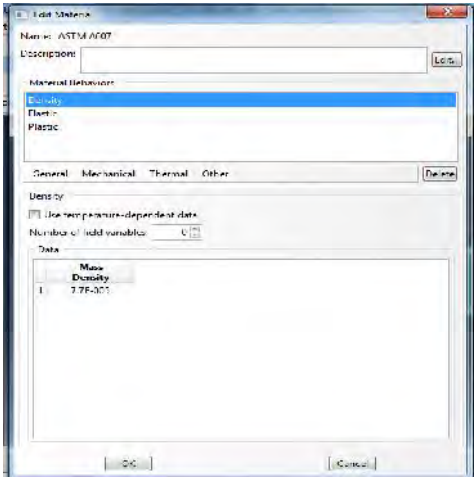


Gambar 6.3. Penampang Balok baja canai dingin LC 250.50.50.4

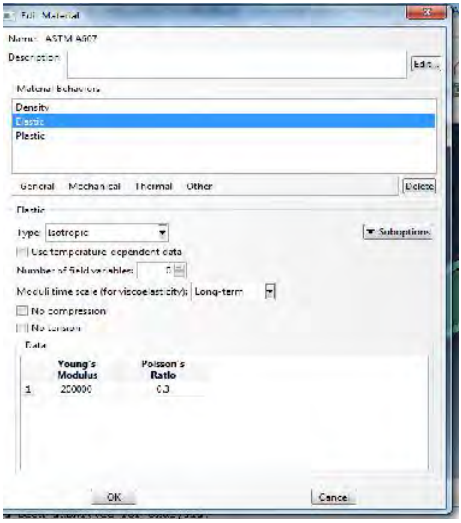
6.1.1.2 *Property*

Tahap ini merupakan penentuan jenis material yang akan digunakan untuk masing-masing elemen yang telah dibuat dengan mengisi mass density, elastisitas material dan plastisitas material.

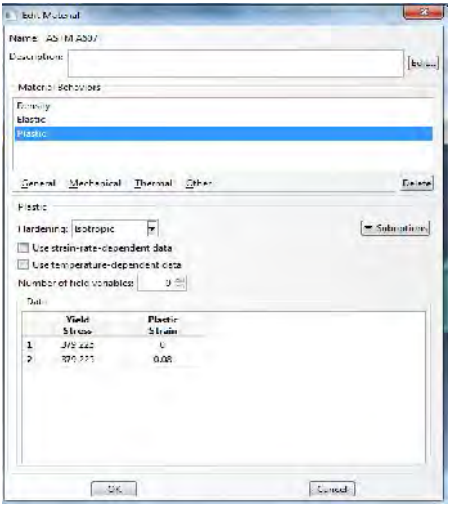
- *Mass Density*
  Mass density untuk baja adalah = 7850 kg/m^3 = 7.70085×10^{-5} N/mm^3.
- *Elastic Menu*
  Modulus Young Baja adalah 200000 Mpa dengan *Poisson ratio* = 0,3.
- *Plastic Menu*
  Karena material baja yang digunakan adalah ASTM A607, f_y = 379,225MPa dan f_u = 480,650 MPa, sehingga untuk *plastic stress* dimulai dari angka 379,225 MPa untuk batas leleh dengan *plastic strain* dimulai dari angka 0. Kemudian, *plastic stress* dinaikan menjadi 480,650 MPa dengan *plastic strain* = 0,028



a. Mass density



b.Elastisitas Material

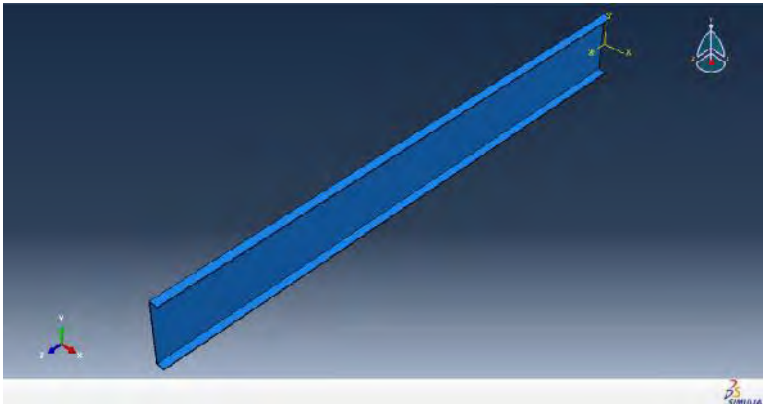


c. Plastisitas material

Gambar 6.3. Tahap Pengisisan material.

6.1.1.3 *Assembly*

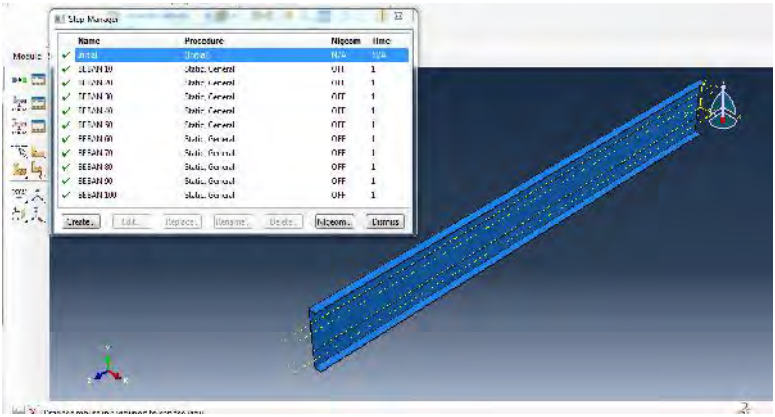
Pada tahap ini merupakan penggabungan dari elemen-elemen yang telah dibuat menjadi satu kesatuan sebelum melakukan *Interaction*. Karena pada permodelan hanya menggunakan satu profil maka tahap assembly hanya untuk di gunakan memanggil profil yang ada di bagian part.



Gambar 6.5. Balok LC yang di panggil dari tahap Part

6.1.1.4 *Step*

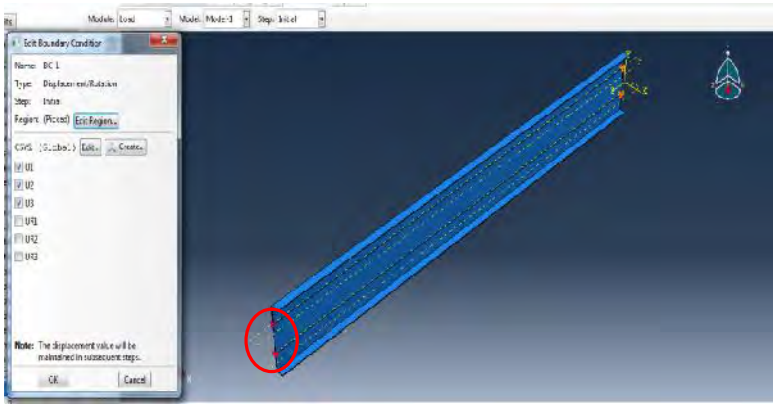
Ada 2 jenis step yaitu *initial step* yang menjadi default dari *finite element analysis* yaitu merupakan pendefinisian dari input-input gaya *interior elemen*, dan *load step* yang merupakan pendefinisian dari input - input beban. Pada tahap step pengisian beban dari 10% sampai 100%.



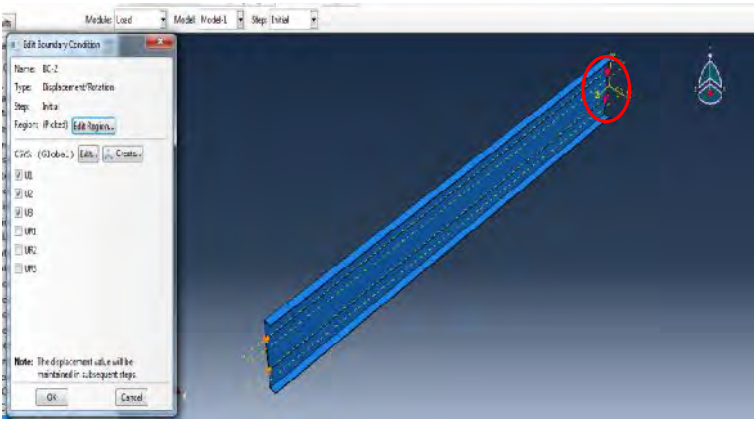
Gambar 6.6. Tahap Pengisian Beban.

6.1.1.5 *Load*

Tahapan selanjutnya adalah pemberian beban pada sambungan balok kolom. Namun sebelum diberi beban maka perletakan portal tersebut harus diasumsikan sendi - sendi terlebih dahulu (Gambar 6.7 dan Gambar 6.8).



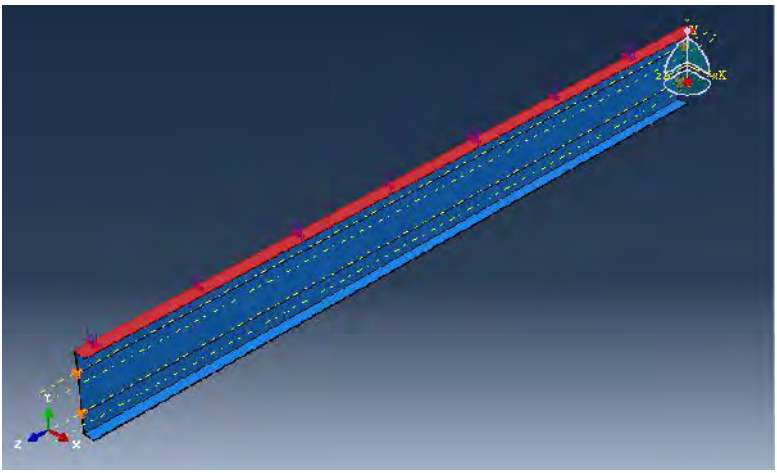
Gambar 6.7. Perletakan Sendi di Ujung Kiri pada balok baja canai dingin.



Gambar 6.8. Perletakan Sendi di Ujung Kanan pada balok baja canai dingin.

Beban - beban yang digunakan pada permodelan balok baja canai dingin adalah beban aksial pada balok :

- Beban Merata pada Balok
  Beban aksial pada balok direncanakan mulai dari 10% sampai 100% dari beban mati dan hidup yang di pikul oleh balok (Q_u). Beban merata pada balok dari kemudian dibagi dengan lebar profil yang di gunakan sehingga menjadi beban per luasan. Hal ini dilakukan agar beban titik tersebut dapat terdistribusikan ke semua penampang balok bagian teratas (Gambar 6.9).



Gambar 6.9. Pembebanan pada balok baja canai dingin.

- *Perhitungan beban pada profil LC 350.50.50.4*

  Lebar Profil (B) : 50mm

  Beban yang di berikan pada balok adalah beban yang di perhitungkan dalam lendutan sebagai berikut :

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  $= 12{,}49$ N/mm $+ 7{,}5$N/mm

  $= 19{,}99$ N/mm

  Beban 10% $= \frac{0{,}1 \, x \, Q_u}{B}$

  $= \frac{0{,}1 \, x \, 19{,}99 N/mm}{50mm}$

  $= 0{,}03998$ N/mm^2

Untuk perhitungan pembebanan 10% sampai 100% di tampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 6.1 pembebanan balok LC 350.50.50.4

STEP	Beban	Qu	B	Beban pada balok
	%	N/mm	mm	N/mm^2
1	10	19.99	50	0.040
2	20	19.99	50	0.080
3	30	19.99	50	0.120
4	40	19.99	50	0.160
5	50	19.99	50	0.200
6	60	19.99	50	0.240
7	70	19.99	50	0.280
8	80	19.99	50	0.320
9	90	19.99	50	0.360
10	100	19.99	50	0.400

- *Perhitungan beban pada profil LC 300.50.50.4*

  Lebar profil (B) : 50 mm

  Beban yang di berikan pada balok adalah beban yang di perhitungkan dalam lendutan sebagai berikut :

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  = 10,4 N/mm + 6,25N/mm

  = 16,65N/mm

  Beban 10% $= \frac{0{,}1 \, x \, Q_u}{B}$

  $= \frac{0{,}1 \, x \, 16{,}65 \, N/mm}{50 \, mm}$

  = 0,03330 N/mm^2

  Untuk perhitungan pembebanan 10% sampai 100% di tampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 6.2 pembebanan balok LC 300.50.50.4

STEP	Beban	Qu	B	Beban pada balok
	%	N/mm	mm	N/mm^2
1	10	16.65	50	0.033
2	20	16.65	50	0.067
3	30	16.65	50	0.100
4	40	16.65	50	0.133
5	50	16.65	50	0.167
6	60	16.65	50	0.200
7	70	16.65	50	0.233
8	80	16.65	50	0.266
9	90	16.65	50	0.300
9	100	16.65	50	0.333

- *Perhitungan beban pada profil LC 250.50.50.4*

  Lebar Profil (B) : 50 mm

  Beban yang di berikan pada balok adalah beban yang di perhitungkan dalam lendutan sebagai berikut :

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  = 8,435 N/mm + 5N/mm

  = 13,435N/mm

  Beban 10% $= \frac{0{,}1 \, x \, Q_u}{B}$

  $= \frac{0{,}1 \, x \, 13{,}435 \, N/mm}{50 \, mm}$

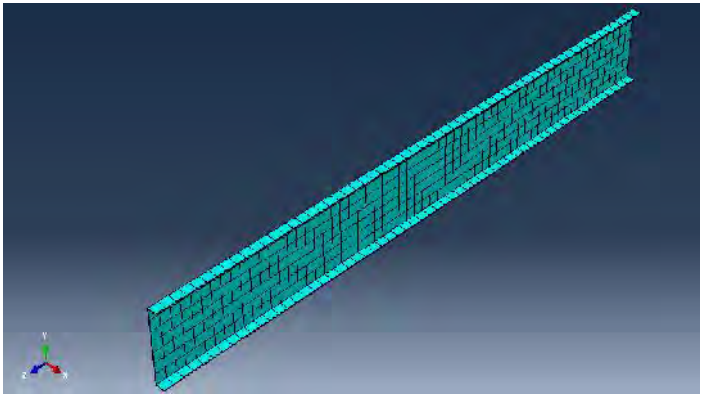
  = 0,02687 N/mm^2

Tabel 6.3 pembebanan balok LC 250.50.50.4

STEP	Beban	Qu	B	Beban pada balok
	%	N/mm	mm	N/mm^2
1	10	13.435	50	0.02687
2	20	13.435	50	0.05374
3	30	13.435	50	0.08061
4	40	13.435	50	0.10748
5	50	13.435	50	0.13435
6	60	13.435	50	0.16122
7	70	13.435	50	0.18809
8	80	13.435	50	0.21496
9	90	13.435	50	0.24183
10	100	13.435	50	0.26870

6.1.1.6 *Meshing*

Setiap *part* yang terdapat pada struktur permodelan harus dibagi menjadi bagian-bagian kecil. Pada tahap *meshing* ini dilakukan pada ketiga balok baja canai dinging yang tidak berlubang. Seperti pada Gambar 6.10 yaitu meshing pada balok baja canai dingin yang tidak berlubang. Hal ini berfungsi untuk menganalisis setiap elemen balok lebih mendalam.



Gambar 6.10. *Meshing* pada balok baja canai dingin.

6.1.1.7 Hasil Analisa *Software Finite Element Analysis* Balok Baja Canai Dingin Tidak Berlubang

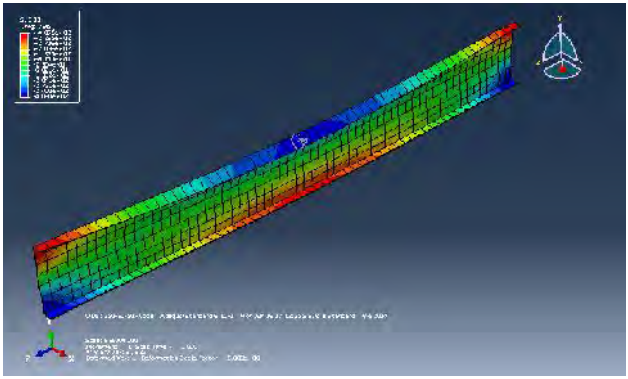
Dari permodelan yang telah dilakukan dan telah diberi beban maka akan dilihat hasilnya berupa tegangan lentur, tegangan geser dan defleksi yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4, LC 300.50.50.4 dan 250.50.50.4.

1. Tegangan Lentur

Pada Hasil Analisa di dapatkan besarnya tegangan lentur yang berbeda-beda di karenakan adanya step beban yang diberikan pada balok mulai dari 10% hingga 100

Beban yang dimasukkan pada permodelan adalah beban merata yang menyebabkan balok mengalami kelenturan sepanjang bentang balok. Dari Gambar 6.11, 6.12 dan gambar 6.13 di peroleh balok LC 350.50.50.4, LC 300.50.50.4 dan 250.50.50.4, yang akan ditinjau berdasarkan nilai tegangan lentur pada elemen tersebut. Nilai tegangan lentur di ambil terbesar berdasarkan hasil analisa *software finite element analysis*. . Berikut ini hasil dari tegangan lentur yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4, LC 300.50.50.4 dan 250.50.50.4

1. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 350.50.50.4



Gambar 6.11. Tegangan lentur pada balok LC 350.50.50.4

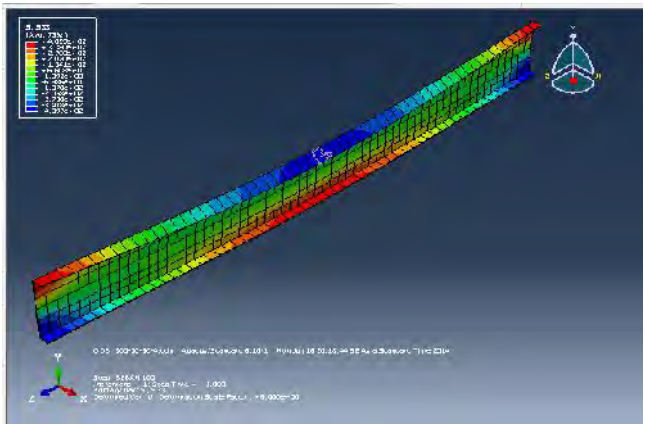
Pada Gambar 6.13 profil balok baja canai dingin LC 350.50.50.4tegangan lentur terbesar terjadi di tengah bentang profil balok yaitu pada element 273

Tabel 6.4 Tegangan lentur pada balok LC 350.50.50.4

BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S33 Mpa
LC 350 50 50 4	0	0	273	0
	1	10%		5.03976
	2	20%		15.11930
	3	30%		30.23860
	4	40%		50.39760
	5	50%		75.59640
	6	60%		105.83500
	7	70%		146.15300
	8	80%		187.01900
	9	90%		244.80900
	10	100%		362.23200

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan lentur yang di hasilkan juga semakin besar

2. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 300.50.50.4



Gambar 6.12. Tegangan lentur pada balok LC 300.50.50.4

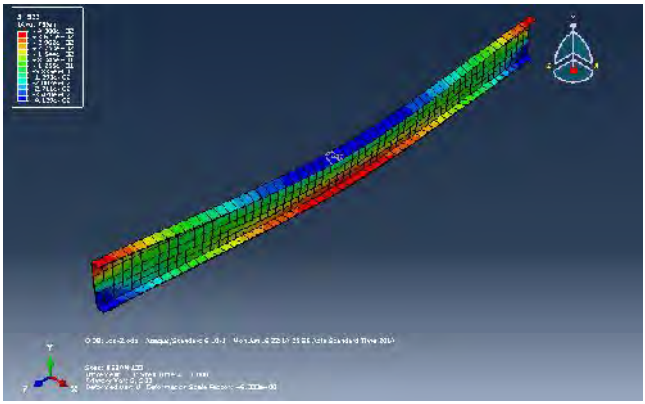
Pada Gambar 6.14 profil balok baja canai dingin LC 300.50.50.4 tegangan lentur terbesar terjadi pada element 213

Tabel 6.5 Tegangan lentur pada balok LC 300.50.50.4

BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S33 Mpa
LC 300 50 50 4	0	0	213	0
	1	10%		5.31828
	2	20%		16.11600
	3	30%		32.23200
	4	40%		53.66630
	5	50%		80.58000
	6	60%		112.81200
	7	70%		150.36200
	8	80%		193.51000
	9	90%		254.38300
	10	100%		379.04000

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan lentur yang di hasilkan juga semakin besar.

3. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 250.50.50.4



Gambar 6.13. Tegangan lentur pada balok LC 250.50.50.4

Pada Gambar 6.13 profil balok baja canai dingin LC 300.50.50.4 tegangan lentur terbesar terjadi pada element 213

Tabel 6.6 Tegangan lentur pada balok LC 250.50.50.4

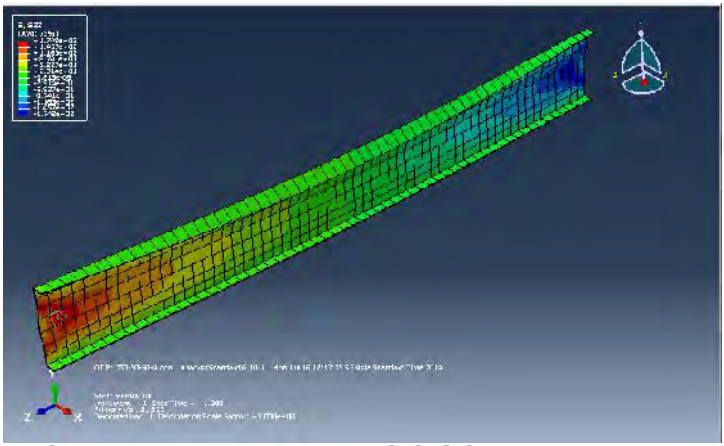
BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S33 Mpa
LC 250 50 50 4	0	0	213	0
	1	10%		5.32477
	2	20%		15.97430
	3	30%		31.94860
	4	40%		53.24770
	5	50%		79.87160
	6	60%		111.82000
	7	70%		149.09400
	8	80%		191.83200
	9	90%		249.92900
	10	100%		370.91200

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan lentur yang di hasilkan juga semakin besar

2. Tegangan Geser

Tegangan geser juga terjadi pada balok baja canai dingin. Nilai tegangan geser di ambil terbesar berdasarkan hasil analisa *software finite element analysis*. Berikut ini hasil dari tegangan geser yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4, LC 300.50.50.4 dan 250.50.50.4

1. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 350.50.50.4



Gambar 6.14. Tegangan geser pada balok LC 350.50.50.4

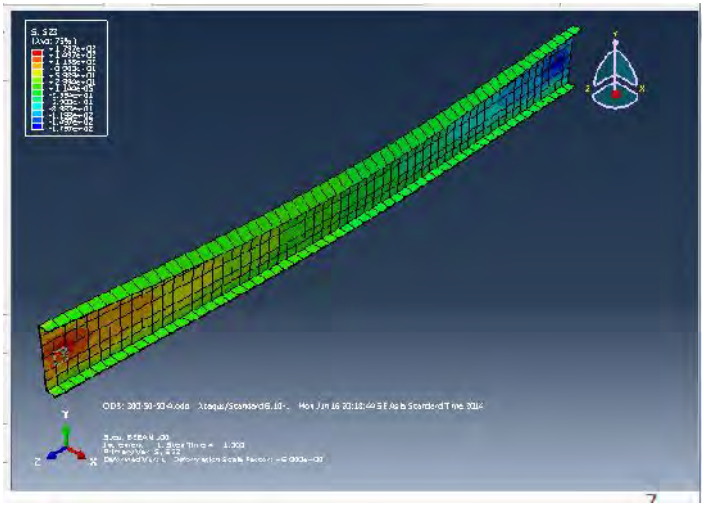
Pada Gambar 6.14 profil balok baja canai dingin LC 350.50.50.4 tegangan geser terbesar terjadi di ujung kiri balok element 119.

Tabel 6.7 Tegangan geser pada balok LC 250.50.50.4

STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S23 Mpa
0	**0**		**0**
1	10%		6.836750
2	20%		20.510300
3	30%		41.020500
4	40%		58.367500
5	50%	**119**	78.572000
6	60%		95.536000
7	70%		118.327000
8	80%		134.303000
9	90%		184.414000
10	100%		218.447100

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan geser yang di hasilkan juga semakin besar

2. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 300.50.50.4



Gambar 6.15. Tegangan geser pada balok LC 300.50.50.4

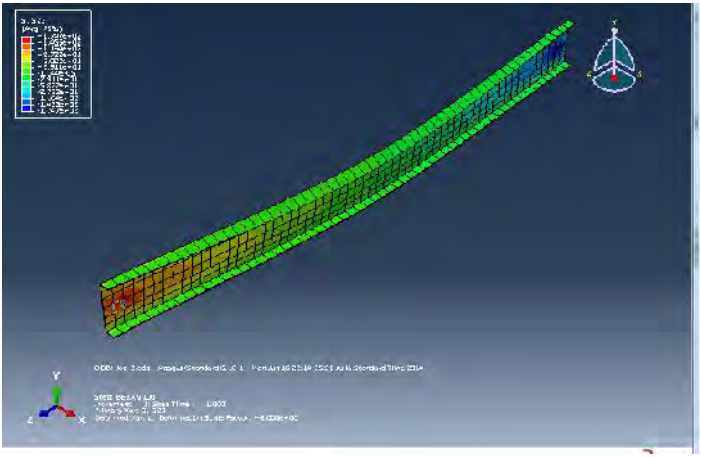
Pada Gambar 6.15 profil balok baja canai dingin LC 300.50.50.4 tegangan geser terbesar terjadi di ujung kiri balok element 59.

Tabel 6.8 Tegangan geser pada balok LC 300.50.50.4

BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S23 Mpa
LC 300 50 50 4	0	0	59	0
	1	10%		3.61737
	2	20%		7.93142
	3	30%		15.86280
	4	40%		26.41160
	5	50%		39.65710
	6	60%		55.51990
	7	70%		74.00020
	8	80%		96.43790
	9	90%		142.09200
	10	100%		194.39400

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan geser yang di hasilkan juga semakin besar

3. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 250.50.50.4



Gambar 6.16. Tegangan geser pada balok LC 250.50.50.4

Pada Gambar 6.16 profil balok baja canai dingin LC 250.50.50.4 tegangan geser terbesar terjadi di ujung kiri balok element 119.

Tabel 6.9 Tegangan geser pada balok LC 250.50.50.4

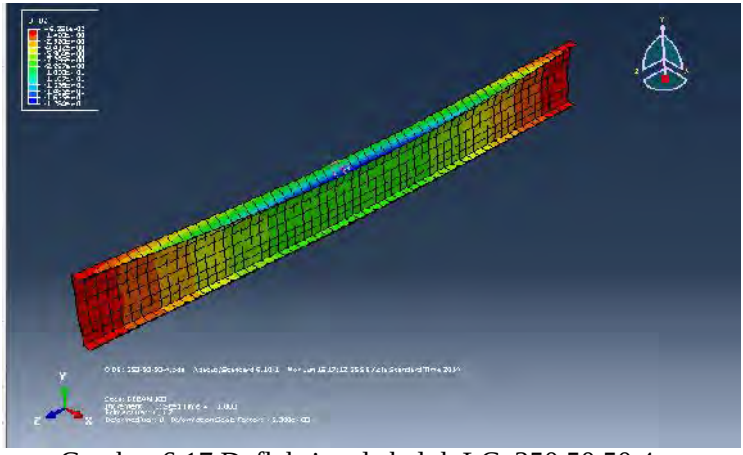
BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S23 Mpa
	0	**0**		**0**
	1	10%		2.5081
	2	20%		7.5244
	3	30%		15.0487
	4	40%		25.0812
LC 250 50 50 4	5	50%	**119**	37.6218
	6	60%		52.6705
	7	70%		70.2274
	8	80%		91.2318
	9	90%		128.6740
	10	100%		185.8660

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan geser yang di hasilkan juga semakin besar

3. Defleksi

Untuk defleksi arah Magnitude hasil ini diperoleh dari resultan dari 3 gaya yaitu arah X, Y dan Z. Berdasarkan hasil analisa defleksi terbesar terjadi pada arah Y. Berikut ini hasil dari defleksi yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4, LC 300.50.50.4 dan 250.50.50.4

1. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 350.50.50.4



Gambar 6.17 Defleksi pada balok LC 350.50.50.4

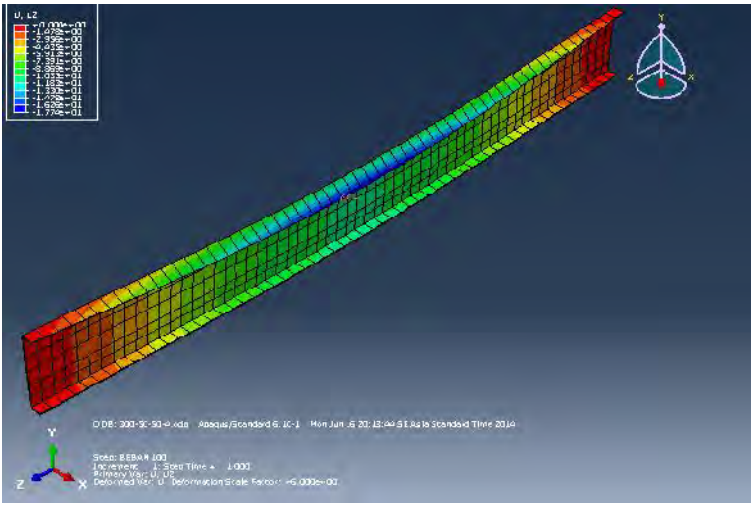
Pada Gambar 6.17 profil balok baja canai dingin LC 350.50.50.4 defleksi terbesar berada pada tengah bentang node 654

Tabel 6.10 Defleksi pada balok LC 350.50.50.4

BALOK	STEP	STEP BEBAN	NODE	U2 (arah y) mm
LC 350 50 50 4	0		654	0
	1	10%		-0.26458
	2	20%		-0.79373
	3	30%		-1.58746
	4	40%		-2.64576
	5	50%		-3.96864
	6	60%		-5.55610
	7	70%		-7.67271
	8	80%		-9.81226
	9	90%		-11.61070
	10	100%		-12.43300

Defleksi terbesar terjadi pada profil balok step 10 beban 100% pada balok LC 350.50.50.4. Hal ini dikarenakan semakin besar beban yang yang di berikan pada balok maka semakin besar pula defleksi yang terjadi pada arah Y

2. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 300.50.50.4



Gambar 6.18. Defleksi pada balok LC 300.50.50.4

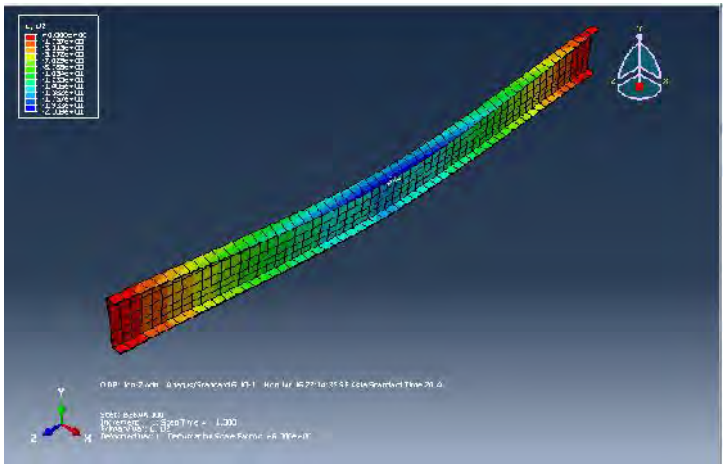
Pada Gambar 6.18 profil balok baja canai dingin LC 300.50.50.4 defleksi terbesar berada pada tengah bentang node 820

Tabel 6.11 Defleksi pada balok LC 300.50.50.4

BALOK	STEP	STEP BEBAN	NODE	U2 (arah Y) mm
LC 300 50 50 4	**0**	**0**	657	**0**
	1	10%		-0.25498
	2	20%		-0.77267
	3	30%		-1.54534
	4	40%		-2.57299
	5	50%		-3.85335
	6	60%		-5.40869
	7	70%		-7.20901
	8	80%		-9.27725
	9	90%		-11.98030
	10	100%		-12.47100

Defleksi terbesar terjadi pada profil balok step 10 beban 100% pada balok LC 300.50.50.4. Hal ini dikarenakan semakin besar beban yang yang di berikan pada balok maka semakin besar pula defleksi yang terjadi pada arah Y

3. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 250.50.50.4



Gambar 6.19. Defleksi pada balok LC 250.50.50.4

Pada Gambar 6.19 profil balok baja canai dingin LC 250.50.50.4 defleksi terbesar berada pada tengah bentang node 654

Tabel 6.12 Defleksi pada balok LC 250.50.50.4

BALOK	STEP	STEP BEBAN	NODE	U2 (arah Y) mm
LC 250 50 50 4	0	0	654	0
	1	10%		-0.23489
	2	20%		-0.70468
	3	30%		-1.40936
	4	40%		-2.34894
	5	50%		-3.52341
	6	60%		-4.93278
	7	70%		-6.57703
	8	80%		-8.46374
	9	90%		-10.99970
	10	100%		-12.43900

Defleksi terbesar terjadi pada profil balok step 10 beban 100% pada balok LC 250.50.50.4. Hal ini dikarenakan semakin besar beban yang yang di berikan pada balok maka semakin besar pula defleksi yang terjadi pada arah Y

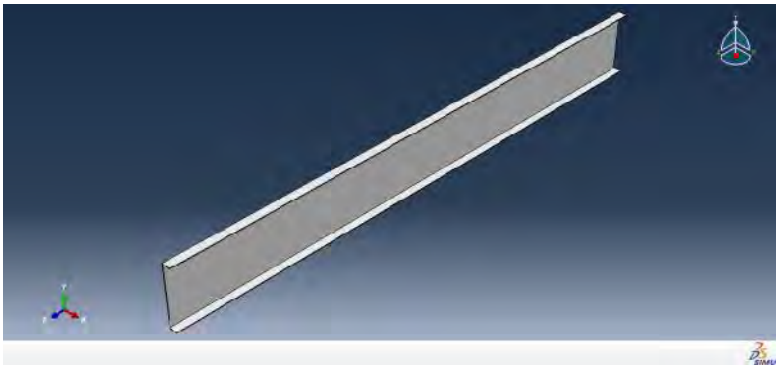
6.1.2 Balok Baja Canai Dingin Yang Berlubang

Permodelan balok baja canai dingin di modelkan menggunakan tiga profil yaitu LC 350.50.50.4,5; LC 300.50.50.4,5 dan LC 250.50.50.4. Sebelum menganalisis perilaku balok baja canai dingin yang berlubang pada program bantu software, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan diantaranya yaitu:

6.1.2.1 *Part*

Langkah ini merupakan tahapan awal pembentukan geometrik struktur dengan menggunakan titik koordinat dalam penggambaran sebuah bentuk penampang untuk masing-masing elemen yang ditunjukan pada Gambar berikut ini:

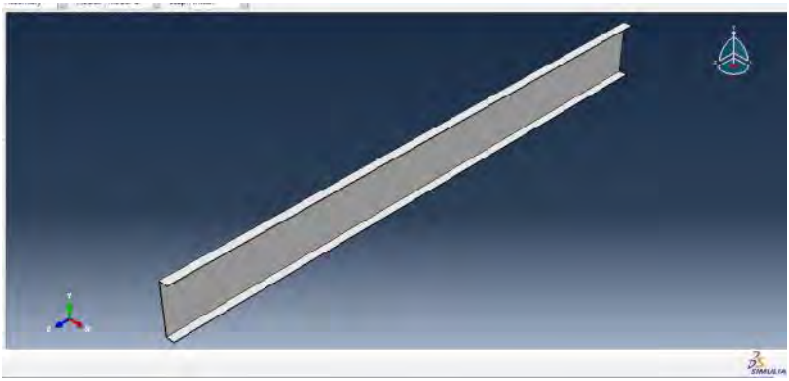
- Penampang balok menggunakan profil LC 350.50.50.4,5 dengan panjang 3 meter serta silinder dengan diameter lubang yang sudah di rencanakan (dh = 195 mm).



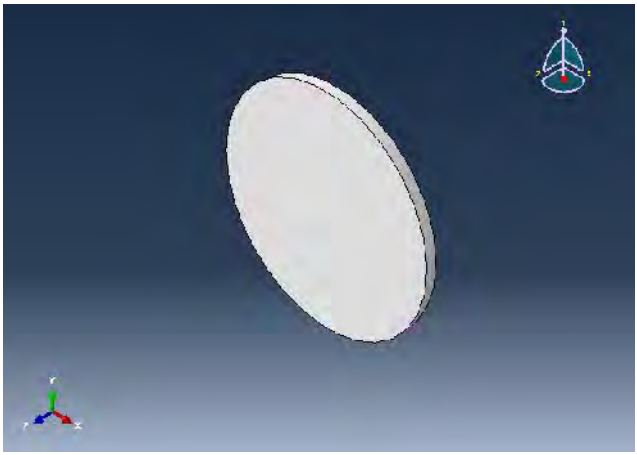
Gambar 6.20. Penampang Balok baja canai dingin LC 350.50.50.4,5

Gambar 6.21. Penampang silinder dengan diameter dh=195mm

- Penampang balok menggunakan profil LC 300.50.50.4,5 dengan panjang 3 meter serta silinder dengan diameter lubang yang sudah di rencanakan (dh = 172 mm).

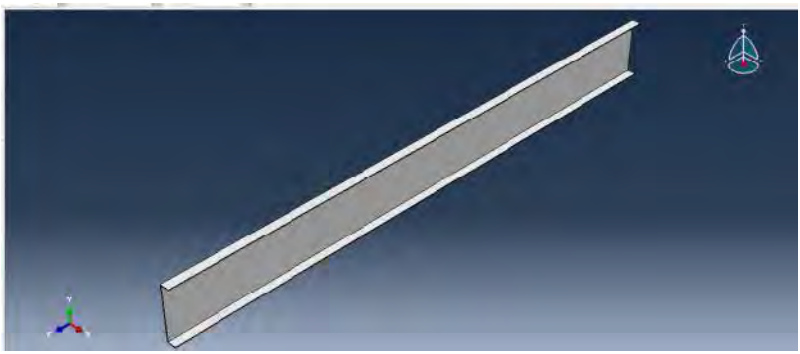


Gambar 6.22. Penampang Balok baja canai dingin LC 300.50.50.4,5

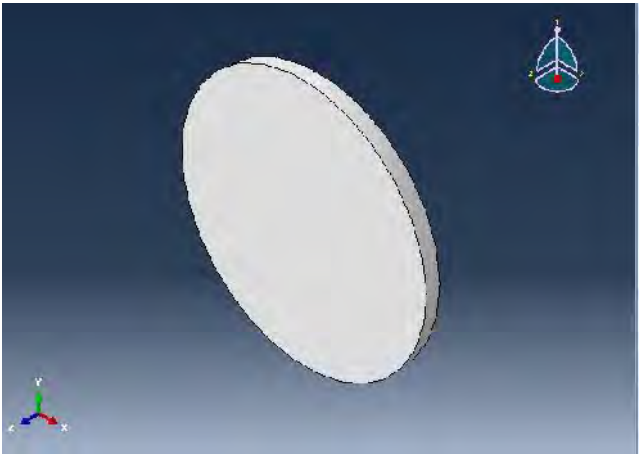


Gambar 6.23. Penampang silinder dengan diameter dh=172 mm

- Penampang balok menggunakan profil LC 250.50.50.4,5 dengan panjang 3 meter.



Gambar 6.24. Penampang Balok baja canai dingin LC 250.50.50.4,5

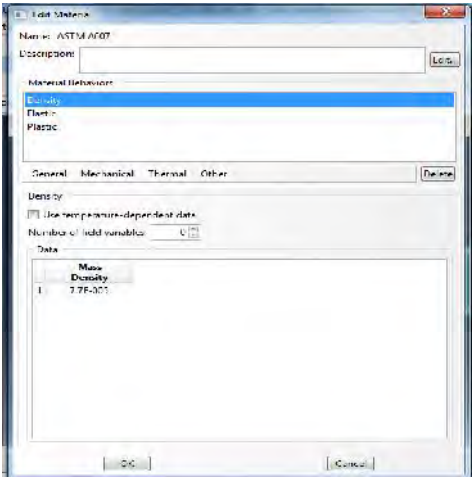


Gambar 6.25. Penampang silinder dengan diameter dh=143 mm

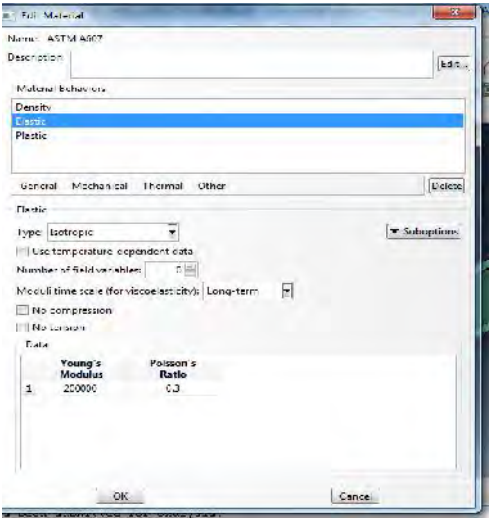
6.1.2.2 *Property*

Tahap ini merupakan penentuan jenis material yang akan digunakan untuk masing-masing elemen yang telah dibuat dengan mengisi mass density, elastisitas material dan plastisitas material.

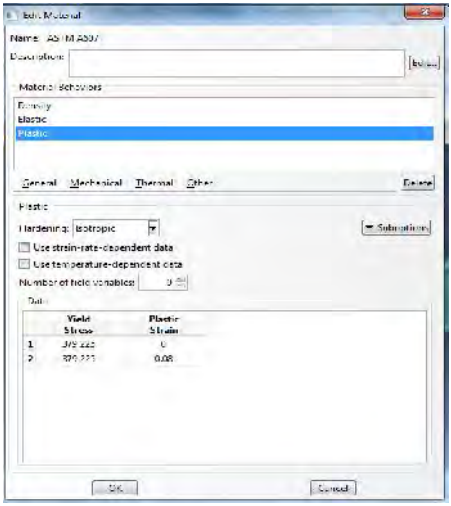
- *Mass Density*
  Mass density untuk baja adalah = 7850 kg/m^3 = 7.70085×10^{-5} N/mm^3.
- *Elastic Menu*
  Modulus Young Baja adalah 200000 Mpa dengan *Poisson ratio* = 0,3.
- *Plastic Menu*
  Karena material baja yang digunakan adalah ASTM A607, f_y = 379,225MPa dan f_u = 480,650 MPa, sehingga untuk *plastic stress* dimulai dari angka 379,225 MPa untuk batas leleh dengan *plastic strain* dimulai dari angka 0. Kemudian, *plastic stress* dinaikan menjadi 480,650 MPa dengan *plastic strain* = 0,028



a. Mass density



b.Elastisitas Material



c.Plastisitas material

Gambar 6.26. Tahap Pengisisan material.

6.1.2.3 *Assembly*

Pada tahap ini merupakan penggabungan dari elemen-elemen yang telah dibuat menjadi satu kesatuan sebelum melakukan *Interaction*. Pada tahap ini balok dan silinder di panggil dari tahap *part*. Pada tahap ini silinder di fungsikan untuk mebuat lubang pada balok *light channel*. Pada tahap ini di bagi menjadi beberapa tahap yaitu:

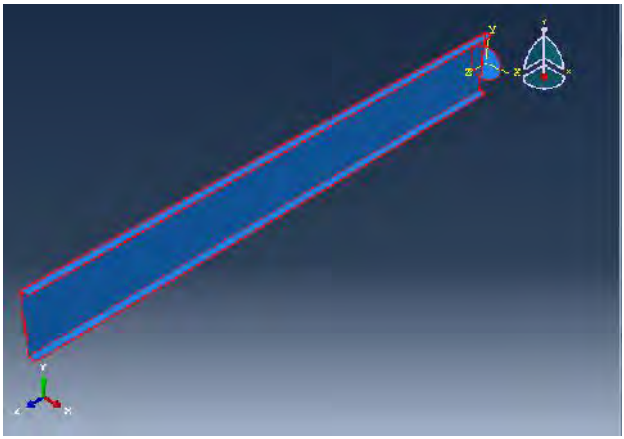
- *Instances* (memanggil *parts* untuk dibentuk)
  Instances ada tahap untuk memanggil part-part untuk dibentuk menjadi satu kesatuan. Seprti terlihat pada Gambar 6.27.

- *Rotate* (Putar)
  Pada tahap ini yang mengalami rotate hanya silinder di karenakan fungsi dari silinder adalah hanya untuk membuat lubang pada badan profil balok LC. Waktu akan memutar

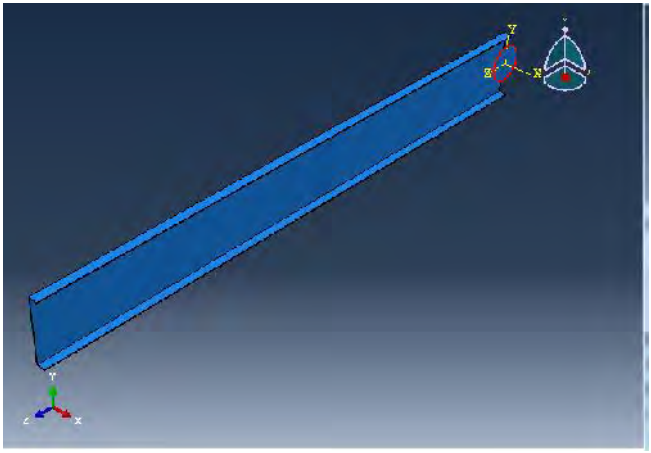
suatu elemen silinder diputar sebesar 90º harus dilakukan dengan langkah *rotate*, dengan memilih frame yang akan diputar setelah itu isi start point 0,0,0 dan end point 0,-1,0. Hal ini dilakukan untuk memutar frame sebesar 90º arah 1 atau y. Setelah itu masukan sudut yang akan diputar yaitu 90º seperti terlihat pada Gambar 6.28

- *Translate* (Pindah)
  Hal ini dilakukan jika akan memindahkan elemen silinder berada pada tempat yang diinginkan. Contoh memindahkan silinder, Hal pertama yang dilakukan yaitu menge-blok silinder yang akan dipindahkan setelah itu isi start point 0,0,0 dan untuk memindahkan balok pada arah berlawananan sumbu x sejarak -20 mm (-20,0,0) kemudian di pindahkan kea arah sumbu z sebesar 0,5 dari diameter silinder (0,0,1/2dh). Setelah itu silinder di translate lagi kearah sumbu z sesuai jarak lubang yang telah di rencanakan (Gambar 6.29).

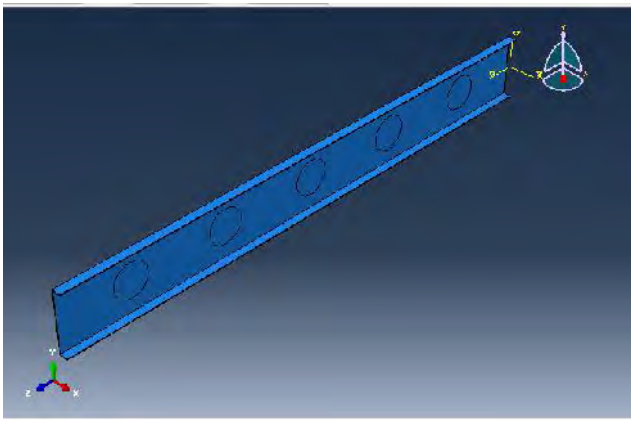
- Merge/Cut Instance
  Dilakukan untuk meng-cut silinder pada balok LC yang telah di rencanakan. (Gambar 6.30)



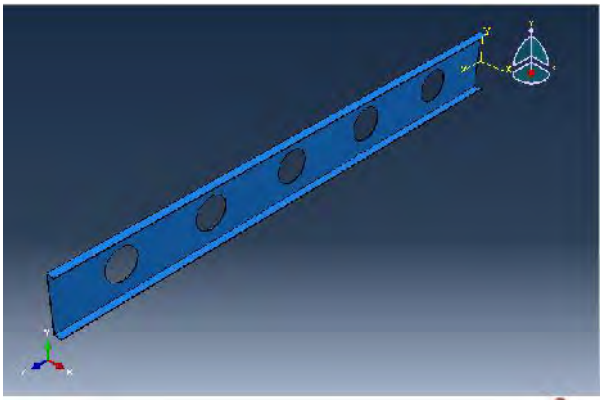
Gambar 6.27. Balok LC dan silinder di panggil dari tahap Part



Gambar 6.28. Silinder di putar kearah sumbu y



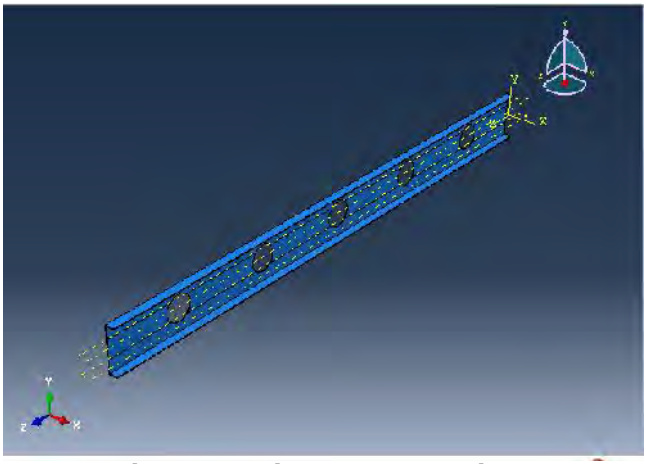
Gambar 6.29. Silinder yang sudah di translate pada balok LC.



Gambar 6.30. Silinder yang sudah di cut pada balok LC.

6.1.2.4 *Step*

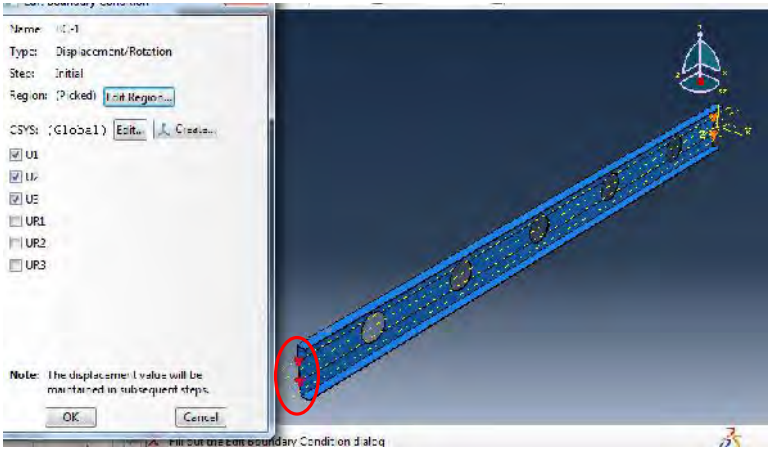
Ada 2 jenis step yaitu *initial step* yang menjadi default dari *finite element analysis* yaitu merupakan pendefinisian dari input-input gaya *interior elemen*, dan *load step* yang merupakan pendefinisian dari input - input beban. Pada tahap step pengisian beban dari 10% sampai 100%



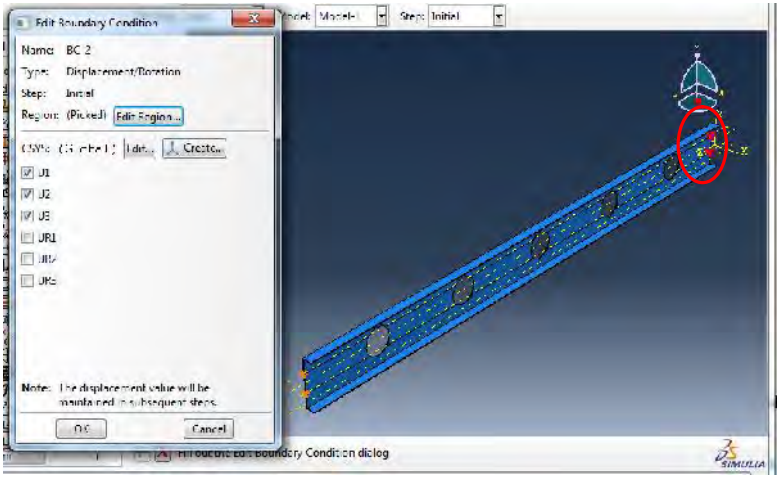
Gambar 6.31. Tahap Pengisian Beban.

6.1.2.4 *Load*

Tahapan selanjutnya adalah pemberian beban pada sambungan balok kolom. Namun sebelum diberi beban maka perletakan portal tersebut harus diasumsikan sendi - sendi terlebih dahulu (Gambar 6.32dan Gambar 6.33).



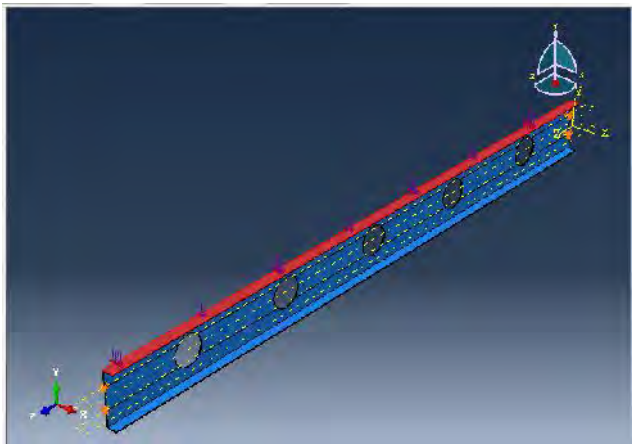
Gambar 6.32. Perletakan Sendi di Ujung Kiri pada balok baja canai dingin.



Gambar 6.33. Perletakan Sendi di Ujung Kanan pada balok baja canai dingin.

Beban - beban yang digunakan pada permodelan balok baja canai dingin adalah beban aksial pada balok :

- Beban Merata pada Balok
  Beban aksial pada balok direncanakan mulai dari 10% sampai 100% dari beban mati dan hidup yang di pikul oleh balok (Q_u). Beban merata pada balok dari kemudian dibagi dengan lebar profil yang di gunakan sehingga menjadi beban per luasan. Hal ini dilakukan agar beban titik tersebut dapat terdistribusikan ke semua penampang balok bagian teratas (Gambar 6.34).



Gambar 6.34 Pembebanan pada balok baja canai dingin yang berlubang

- *Perhitungan beban pada profil LC 350.50.50.4,5*
  Lebar Profil (B) : 50mm
  Beban yang di berikan pada balok adalah beban yang di perhitungkan dalam lendutan sebagai berikut :
  $Q_u = Q_D + Q_L$
  = 12,49 N/mm + 7,5N/mm
  = 19,99 N/mm

Beban 10% $= \frac{0{,}1\ x\ Q_u}{B}$

$= \frac{0{,}1\ x\ 19{,}99 N/mm}{50 mm}$

$= 0{,}03998\ N/mm^2$

Untuk perhitungan pembebanan 10% sampai 100% di tampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 6.13 pembebanan balok LC 350.50.50.4,5

STEP	Beban	Qu	B	Beban pada balok
	%	N/mm	mm	N/mm^2
1	10	19.99	50	0.040
2	20	19.99	50	0.080
3	30	19.99	50	0.120
4	40	19.99	50	0.160
5	50	19.99	50	0.200
6	60	19.99	50	0.240
7	70	19.99	50	0.280
8	80	19.99	50	0.320
9	90	19.99	50	0.360
10	100	19.99	50	0.400

- *Perhitungan beban pada profil LC 300.50.50.4,5*

  Lebar profil (B) : 50 mm

  Beban yang di berikan pada balok adalah beban yang di perhitungkan dalam lendutan sebagai berikut :

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  $= 10{,}4\ N/mm + 6{,}25 N/mm$

  $= 16{,}65 N/mm$

  Beban 10% $= \frac{0{,}1\ x\ Q_u}{B}$

  $= \frac{0{,}1\ x\ 16{,}65\ N/mm}{50\ mm}$

  $= 0{,}03330\ N/mm^2$

Untuk perhitungan pembebanan 10% sampai 100% di tampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 6.14 pembebanan balok LC 300.50.50.4,5

STEP	Beban	Qu	B	Beban pada balok
	%	N/mm	mm	N/mm^2
1	10	16.65	50	0.033
2	20	16.65	50	0.067
3	30	16.65	50	0.100
4	40	16.65	50	0.133
5	50	16.65	50	0.167
6	60	16.65	50	0.200
7	70	16.65	50	0.233
8	80	16.65	50	0.266
9	90	16.65	50	0.300
9	100	16.65	50	0.333

- *Perhitungan beban pada profil LC 250.50.50.4*

  Lebar Profil (B) : 50 mm

  Beban yang di berikan pada balok adalah beban yang di perhitungkan dalam lendutan sebagai berikut :

  $Q_u = Q_D + Q_L$

  = 8,435 N/mm + 5N/mm

  = 13,435N/mm

  Beban 10% $= \frac{0{,}1 \; x \; Q_u}{B}$

  $= \frac{0{,}1 \; x \; 13{,}435 \; N/mm}{50 \; mm}$

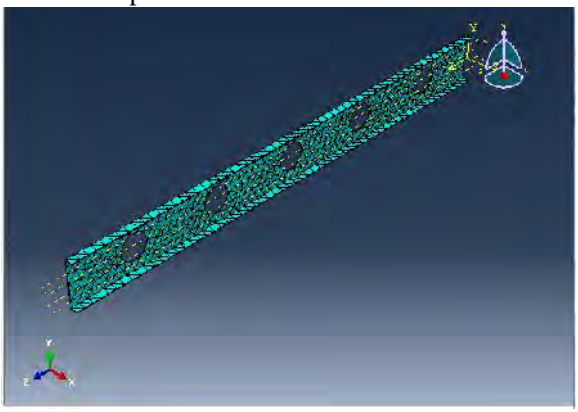
  = 0,02687 N/mm^2

Tabel 6.15 pembebanan balok LC 250.50.50.4,5

STEP	Beban	Qu	B	Beban pada balok
	%	N/mm	mm	N/mm^2
1	10	13.435	50	0.02687
2	20	13.435	50	0.05374
3	30	13.435	50	0.08061
4	40	13.435	50	0.10748
5	50	13.435	50	0.13435
6	60	13.435	50	0.16122
7	70	13.435	50	0.18809
8	80	13.435	50	0.21496
9	90	13.435	50	0.24183
10	100	13.435	50	0.26870

6.1.2.4 *Meshing*

Setiap *part* yang terdapat pada struktur permodelan harus dibagi menjadi bagian-bagian kecil. Pada tahap *meshing* ini dilakukan pada ketiga balok baja canai dinging yang tidak berlubang. Seperti pada Gambar 6.35 yaitu meshing pada balok baja canai dingin yang tidak berlubang. Hal ini berfungsi untuk menganalisis setiap elemen balok lebih mendalam.



Gambar 6.35. *Meshing* pada balok baja canai dingin.

6.1.2.6 Hasil Analisa *Software Finite Element Analysis* Balok Baja Canai Dingin yang Berlubang

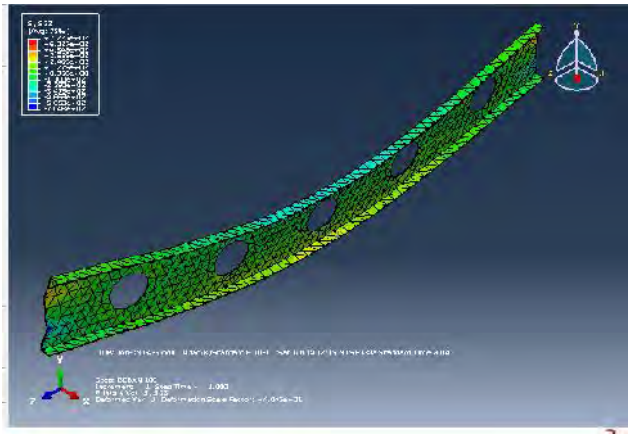
Dari permodelan yang telah dilakukan dan telah diberi beban maka akan dilihat hasilnya berupa tegangan lentur, tegangan geser dan defleksi yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4,5;LC 300.50.50.4,5 dan 250.50.50.4,5.

1. Tegangan Lentur

Pada Hasil Analisa di dapatkan besarnya tegangan lentur yang berbeda-beda di karenakan adanya step beban yang diberikan pada balok mulai dari 10% hingga 100

Beban yang dimasukkan pada permodelan adalah beban merata yang menyebabkan balok mengalami kelenturan sepanjang bentang balok. Dari Gambar 6.36, 6.37 dan gambar 6.38 di peroleh balok LC 350.50.50.4,5; LC 300.50.50.4,5 dan 250.50.50.4,5 yang akan ditinjau berdasarkan nilai tegangan lentur pada elemen tersebut. Nilai tegangan lentur di ambil terbesar berdasarkan hasil analisa *software finite element analysis*. Berikut ini hasil dari tegangan lentur yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4,5; LC 300.50.50.4,5 dan 250.50.50.4,5

1. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 350.50.50.4,5



Gambar 6.36. Tegangan lentur pada balok LC 350.50.50.4,5

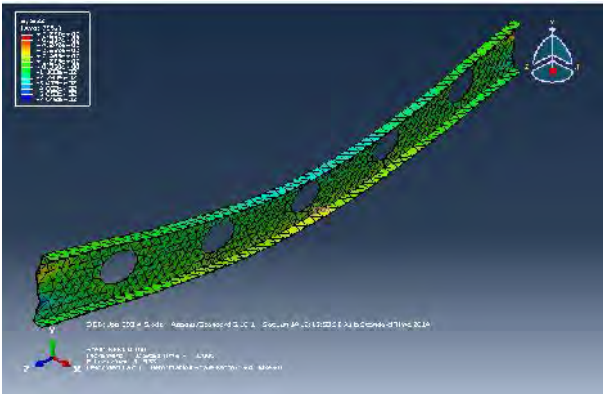
Pada Gambar 6.36 profil balok baja canai dingin LC 350.50.50.4,5 tegangan lentur terbesar terjadi di tengah bentang profil balok yaitu pada element 956

Tabel 6.16 Tegangan lentur pada balok LC 350.50.50.4,5

BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S33 Mpa
LC 350 50 50 4,5	0	0	956	0
	1	10%		3.96514
	2	20%		11.89540
	3	30%		23.79080
	4	40%		39.65140
	5	50%		59.47710
	6	60%		83.26800
	7	70%		111.50700
	8	80%		147.73100
	9	90%		195.36300
	10	100%		257.03400

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan lentur yang di hasilkan juga semakin besar

2. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 300.50.50.4,5



Gambar 6.37. Tegangan lentur pada balok LC 300.50.50.4,5

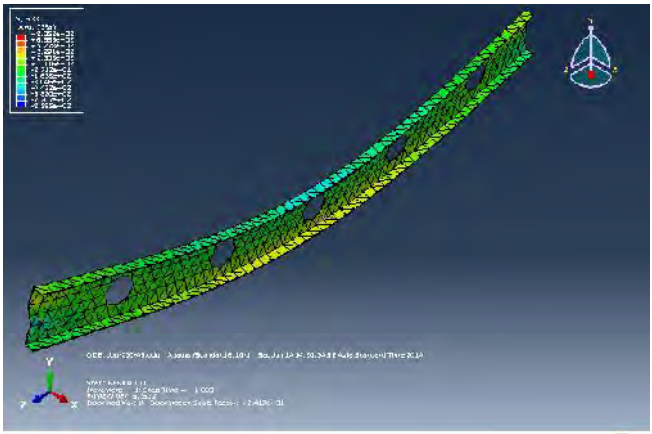
Pada Gambar 6.37 profil balok baja canai dingin LC 300.50.50.4,5 tegangan lentur terbesar terjadi pada element 1661

Tabel 6.17 Tegangan lentur pada balok LC 300.50.50.4,5

BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S33 Mpa
LC 300 50 50 4,5	0	0	1661	0
	1	10%		4.47588
	2	20%		13.42760
	3	30%		26.85530
	4	40%		44.75880
	5	50%		67.13820
	6	60%		93.99350
	7	70%		126.97800
	8	80%		171.16500
	9	90%		231.58000
	10	100%		308.41400

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan lentur yang di hasilkan juga semakin besar.

3. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 250.50.50.4,5



Gambar 6.38. Tegangan lentur pada balok LC 250.50.50.4,5

Pada Gambar 6.38 profil balok baja canai dingin LC 250.50.50.4,5 tegangan lentur terbesar terjadi pada element 577

Tabel 6.18 Tegangan lentur pada balok LC 250.50.50.4,5

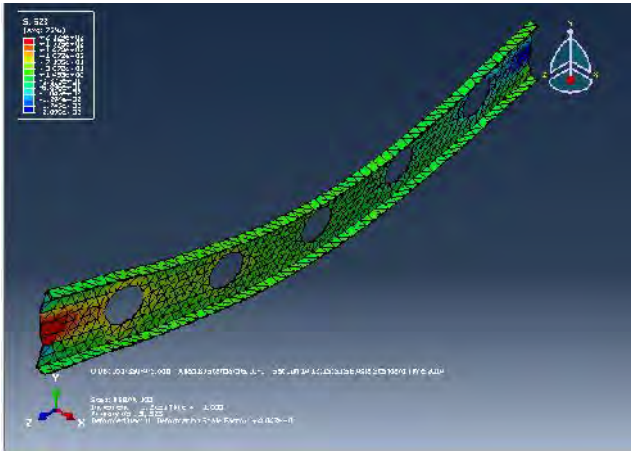
BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S33 Mpa
LC 250 50 50 4,5	0	0	577	0
	1	10%		4.45517
	2	20%		13.36550
	3	30%		26.73100
	4	40%		44.55170
	5	50%		66.82750
	6	60%		95.94930
	7	70%		126.42600
	8	80%		171.87700
	9	90%		233.62600
	10	100%		308.36300

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan lentur yang di hasilkan juga semakin besar

2. Tegangan Geser

Tegangan geser juga terjadi pada balok baja canai dingin. Nilai tegangan geser di ambil terbesar berdasarkan hasil analisa *software finite element analysis*. Berikut ini hasil dari tegangan geser yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4,5; LC 300.50.50.4,5 dan 250.50.50.4,5

1. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 350.50.50.4,5



Gambar 6.39. Tegangan geser pada balok LC 350.50.50.4,5

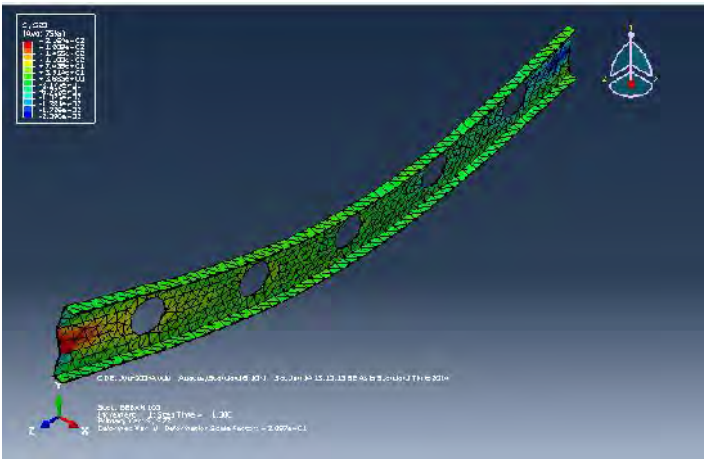
Pada Gambar 6.39 profil balok baja canai dingin LC 350.50.50.4,5 tegangan geser terbesar terjadi di ujung kiri balok element 112.

Tabel 6.19 Tegangan geser pada balok LC 350.50.50.4,5

BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S23 Mpa
	0	**0**		**0**
LC 350 50 50 4,5	1	10%	**112**	3.26360
	2	20%		9.79081
	3	30%		19.58160
	4	40%		32.63600
	5	50%		48.95410
	6	60%		68.53570
	7	70%		92.06060
	8	80%		121.56800
	9	90%		178.24500
	10	100%		210.00800

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan geser yang di hasilkan juga semakin besar

2. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 300.50.50.4,5



Gambar 6.40. Tegangan geser pada balok LC 350.50.50.4,5

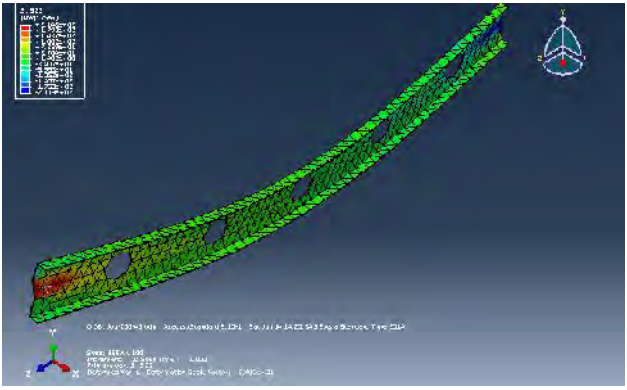
Pada Gambar 6.40 profil balok baja canai dingin LC 300.50.50.4,5 tegangan geser terbesar terjadi di ujung kiri balok element 12.

Tabel 6.20 Tegangan geser pada balok LC 300.50.50.4,5

BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S23 Mpa
LC 300 50 50 4,5	0	0	22	0
	1	10%		2.88323
	2	20%		8.64970
	3	30%		17.29940
	4	40%		28.83230
	5	50%		33.24850
	6	60%		60.54790
	7	70%		91.47700
	8	80%		106.16500
	9	90%		146.35300
	10	100%		176.76800

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan geser yang di hasilkan juga semakin besar

3. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 250.50.50.4,5



Gambar 6.41. Tegangan geser pada balok LC 250.50.50.4,5

Pada Gambar 6.41 profil balok baja canai dingin LC 250.50.50.4,5 tegangan geser terbesar terjadi di ujung kiri balok element 17.

Tabel 6.21Tegangan geser pada balok LC 250.50.50.4,5

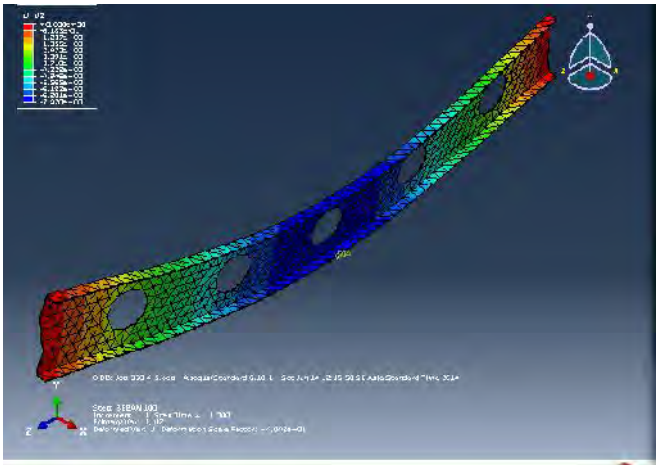
BALOK	STEP	STEP BEBAN	ELEMENT	S23 Mpa
LC 250 50 50 4,5	0	0	13	0
	1	10%		2.12574
	2	20%		6.37722
	3	30%		12.75440
	4	40%		21.25740
	5	50%		31.88610
	6	60%		44.64060
	7	70%		60.04030
	8	80%		79.89820
	9	90%		106.03500
	10	100%		179.22700

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dengan adanya perubahan step beban yang di berikan pada balok, maka nila tegangan geser yang di hasilkan juga semakin besar

3. Defleksi

Untuk defleksi arah Magnitude hasil ini diperoleh dari resultan dari 3 gaya yaitu arah X, Y dan Z. Berdasarkan hasil analisa defleksi terbesar terjadi pada arah Y. Berikut ini hasil dari defleksi yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4,5; LC 300.50.50.4,5 dan 250.50.50.4,5

1. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 350.50.50.4,5



Gambar 6.42. Defleksi pada balok LC 350.50.50.4,5

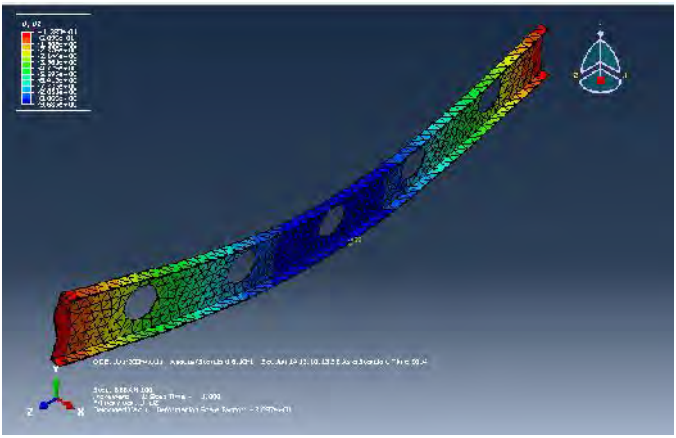
Pada Gambar 6.42 profil balok baja canai dingin LC 350.50.50.4,5 defleksi terbesar berada pada tengah bentang node 17

Tabel 6.22 Defleksi pada balok LC 350.50.50.4,5

BALOK	STEP	STEP BEBAN	NODE	U2 (arah y) mm
LC 350 50 50 4,5	0		12	0
	1	10%		-0.10859
	2	20%		-0.32577
	3	30%		-0.65154
	4	40%		-1.08590
	5	50%		-1.62885
	6	60%		-2.28039
	7	70%		-3.06311
	8	80%		-4.09948
	9	90%		-5.48162
	10	100%		-7.33647

Defleksi terbesar terjadi pada profil balok step 10 beban 100% pada balok LC 350.50.50.4,5. Hal ini dikarenakan semakin besar beban yang yang di berikan pada balok maka semakin besar pula defleksi yang terjadi pada arah Y

2. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 300.50.50.4,5



Gambar 6.43. Defleksi pada balok LC 300.50.50.4,5

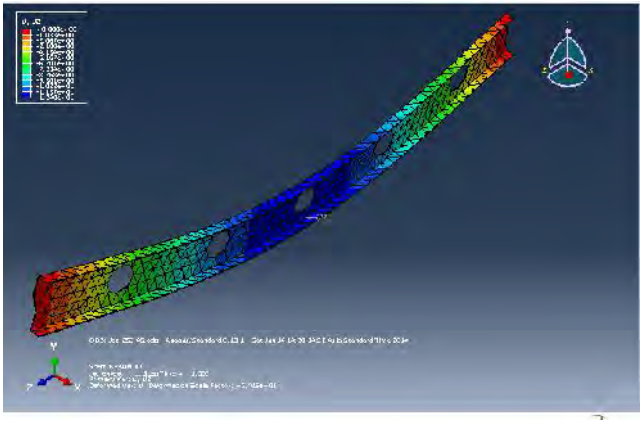
Pada Gambar 6.43 profil balok baja canai dingin LC 300.50.50.4,5 defleksi terbesar berada pada tengah bentang node

Tabel 6.23 Defleksi pada balok LC 300.50.50.4,5

BALOK	STEP	STEP BEBAN	NODE	U2 (arah Y) mm
LC 300 50 50 4,5	0	0	485	0
	1	10%		-0.12992
	2	20%		-0.38977
	3	30%		-0.77955
	4	40%		-1.29924
	5	50%		-1.94887
	6	60%		-2.72841
	7	70%		-3.71081
	8	80%		-5.07635
	9	90%		-7.02824
	10	100%		-9.62459

Defleksi terbesar terjadi pada profil balok step 10 beban 100% pada balok LC 300.50.50.4. Hal ini dikarenakan semakin besar beban yang yang di berikan pada balok maka semakin besar pula defleksi yang terjadi pada arah Y

3. Balok baja canai dingin tidak berlubang LC 250.50.50.4,5



Gambar 6.44. Defleksi pada balok LC 250.50.50.4,5

Pada Gambar 6.44 profil balok baja canai dingin LC 250.50.50.4,5 defleksi terbesar berada pada tengah bentang node 283

Tabel 6.24 Defleksi pada balok LC 250.50.50.4,5

BALOK	STEP	STEP BEBAN	NODE	U2 (arah Y) mm
LC 250 50 50 4,5	**0**	**0**	**283**	**0**
	1	10%		-0.16172
	2	20%		-0.48516
	3	30%		-0.97032
	4	40%		-1.61720
	5	50%		-2.42580
	6	60%		-3.39612
	7	70%		-4.60966
	8	80%		-6.39024
	9	90%		-7.95271
	10	100%		-10.15150

Defleksi terbesar terjadi pada profil balok step 10 beban 100% pada balok LC 250.50.50.4,5. Hal ini dikarenakan semakin besar beban yang yang di berikan pada balok maka semakin besar pula defleksi yang terjadi pada arah Y

6.2 Analisa Perbandingan Perilaku Balok Baja Canai Dingin tidak Berlubang dan Berlubang

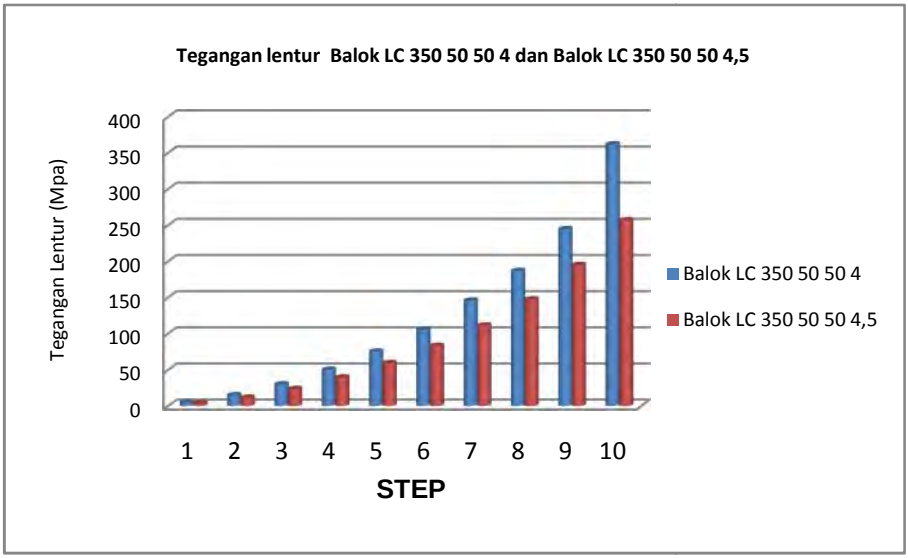
6.2.1 Balok LC 350.50.50.4 dan Balok LC 350.50.50.4,5

Berdasarkan analisa hasil *finite element analisys* pada kedua balok di dapatkan perbedaan hasil dari tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan.

- Tegangan Lentur
  Perbedaan tegangan lentur yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4 dan balok LC 350.50.50.4,5 tampak pada Tabel 6.25 dan Gambar grafik 6.45 di bawah ini:

Tabel 6.25 Tegangan Lentur balok LC350.50.50.4 dan LC350.50.50.4,5

STEP	LC 350 50 50 4		LC 350 50 50 4,5	
	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa
0	273	0	119	0
1		5.03976		3.96514
2		15.11930		11.89540
3		30.23860		23.79080
4		50.39760		39.65140
5		75.59640		59.47710
6		105.83500		83.26800
7		146.15300		111.50700
8		187.01900		147.73100
9		244.80900		195.36300
10		362.23200		257.03400



Gambar 6.45. Grafik tegangan lentur balok LC350.50.50.4 dan LC350.50.50.4,5

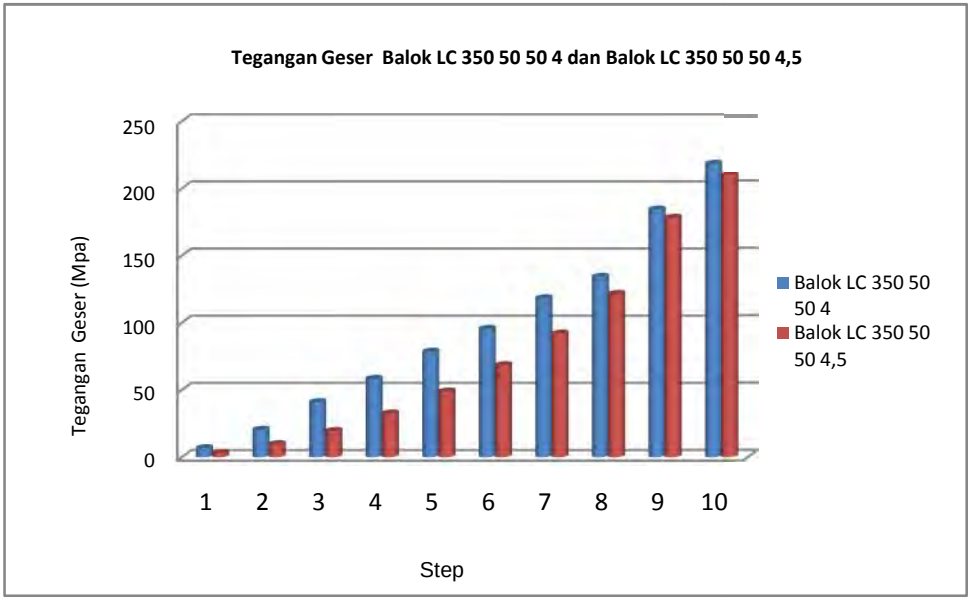
Dari Tabel 6.26 dan Gambar 6.47 di dapat perbedaan nilai tegangan lentur pada balok tidak berlubang LC 350.50.50.4 dan balok berlubang LC 350.50.50.4,5 yang cukup jauh. Tegangan lentur maksimum pada Balok LC 350.50.50.4 lebih besar di bandingkan dengan balok LC 350.50.50.4,5 pada pembebanan step 10.

- Tegangan Geser

  Perbedaan tegangan geser yang terjadi pada kedua balok dapat di lihat Tabel 6.26 dan Gambar grafik 6.46 di bawah ini:

Tabel 6.26 Tegangan Geser balok LC350.50.50.4 dan LC350.50.50.4,5

STEP	LC 350 50 50 4		LC 350 50 50 4,5	
	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa
0	119	0	112	0
1		6.83675		3.26360
2		20.51030		9.79081
3		41.02050		19.58160
4		58.36750		32.63600
5		78.57200		48.95410
6		95.53600		68.53570
7		118.32700		92.06060
8		134.30300		121.56800
9		184.41400		178.24500
10		218.44710		210.00800



Gambar 6.46. Grafik tegangan geser balok LC350.50.50.4 dan LC350.50.50.4,5

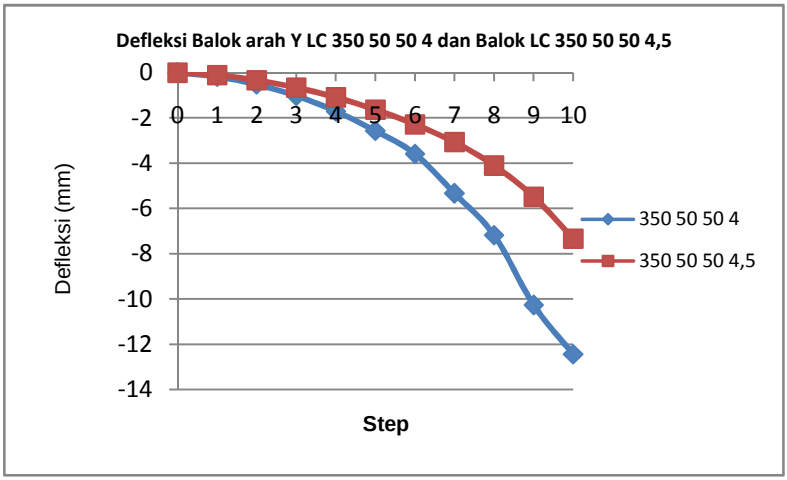
Dari tabel 6.27 dan gambar 6.47 tegangan geser yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4,5 lebih kecil daripada balok LC 350.50.50.4. Tegangan geser ijin profil LC 0,6 Fy = 227,535 Mpa.

- Defleksi

  Defleksi adalah lendutan yang terjadi pada balok. Defleksi merupakan salah satu persyaratan penting dalam merencanakan suatu balok. Defleksi maksimum yang terjadi pada balok LC 350.50.50.4 dan LC 350.50.50.4,5 dengan panjang balok 3m adalah 12,5 mm

Tabel 6.27 Defleksi balok LC350.50.50.4 dan LC350.50.50.4,5

STEP	LC 350 50 50 4		LC 350 50 50 4,5	
	NODE	U2 (arah y) mm	NODE	U2 (arah y) mm
0		**0**		**0**
1		-0.26458		-0.10859
2		-0.79373		-0.32577
3		-1.58746		-0.65154
4		-2.64576		-1.08590
5	**654**	-3.96864	**12**	-1.62885
6		-5.55610		-2.28039
7		-7.67271		-3.06311
8		-9.81226		-4.09948
9		-11.61070		-5.48162
10		-12.43300		-7.33647



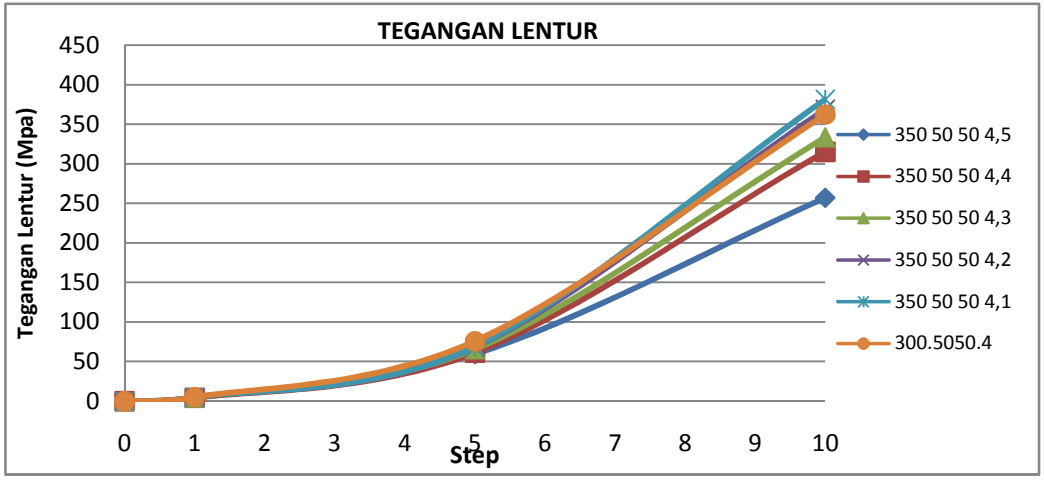
Gambar 6.47. Grafik defleksi balok LC350.50.50.4 dan LC350.50.50.4,5

Nilai defleksi dari balok LC 350.50.50.4 hampir mendekati dari defleksi yang di ijinkan yaitu 12,4345mm < 12,5 mm. Sedangkan pada balok LC 350.50.50.4,5 defleksi maksimum yang terjadi yaitu 7,33647mm

Dari analisa kedua balok nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan balok tidak berlubang LC 350.50.50.4 lebih besar di bandingkan Balok berlubang LC 350.50.50.4,5. Dengan dimensi yang sama hanya bebeda 0,5mm ketebalan sangat berdampak pada besar nilai tegangan dan lendutan yang terjadi pada balok tersebut. Oleh karena itu akan di uji balok berlubang dengan variasi ketebalan yang berbeda-beda yaitu ketebalan 4,1mm; 4,2mm; 4,3mm ;4,4 mm. Dengan pemberian beban yang sama seperti kedua balok tersebut

Tabel 6.28 Tegangan lentur yang terjadi pada balok baja canai dingin 350.50.50 dengan variasi ketebalan

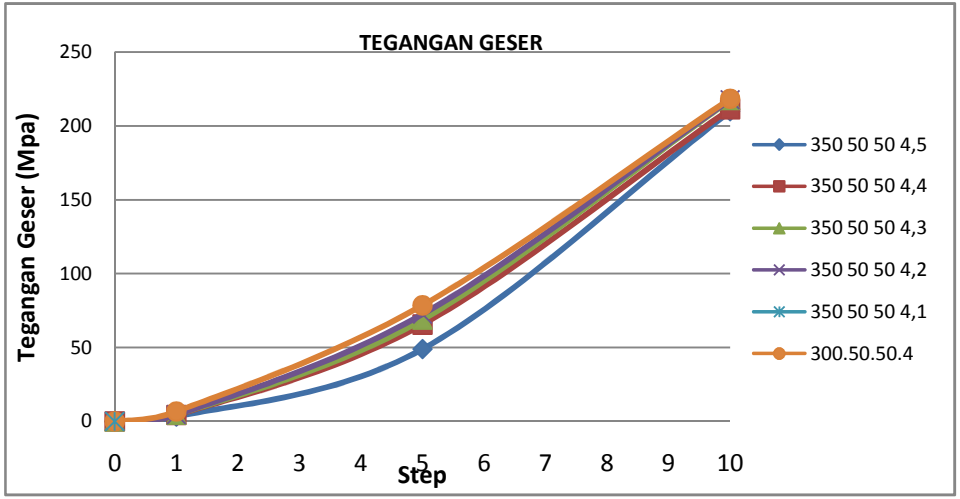
STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	350 50 50 4		350 50 50 4,5		350 50 50 4,4		350 50 50 4,3		350 50 50 4,2		350 50 50 4,1	
	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa
0	279	0	956	0	1961	0	1613	0	1035	0	1048	0
1		5.0398		3.9651		4.0891		4.3857		4.6654		4.8596
5		75.5964		59.4771		61.3366		65.7848		68.3831		69.0269
10		362.2320		257.0340		315.1010		333.3360		369.1310		381.4240



Gambar 6.48. Grafik tegangan lentur balok

Tabel 6.29 Tegangan geser yang terjadi pada balok baja canai dingin 350.50.50 dengan variasi ketebalan

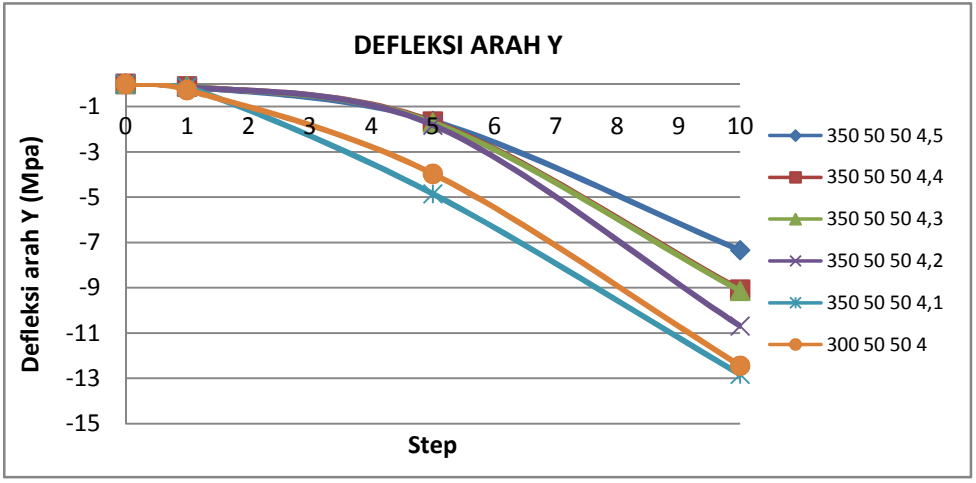
STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	350 50 50 4		350 50 50 4,5		350 50 50 4,4		350 50 50 4,3		350 50 50 4,2		350 50 50 4,1	
	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa
0		0		0		0		0		0		0
1	119	6.8368	112	3.26360	98	4.3757	13	4.4905	100	4.60242	58	7.14699
5		78.5720		48.95410		65.6353		67.3577		72.87170		113.16100
10		218.4471		210.00800		211.4310		217.1090		217.12900		218.97700



Gambar 6.49. Grafik tegangan geser balok

Tabel 6.30 Defleksi yang terjadi pada balok baja canai dingin 350.50.50 dengan variasi ketebalan

STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	350 50 50 4		350 50 50 4,5		350 50 50 4,4		350 50 50 4,3		350 50 50 4,2		350 50 50 4,1	
	NODE	U2 Mpa	NODE	U2 Mpa	NODE	U2 Mpa	NODE	S23 Mpa	ELEMENT	U2 Mpa	ELEMENT	U2 Mpa
0	479	0	12	0	447	0	502	0	502	0	502	0
1		-0.2646		-0.10859		-0.1105		-0.11305		-0.11495		-0.11712
5		-3.9686		-1.62885		-1.6574		-1.69577		-1.82007		-4.85435
10		-12.4330		-7.33647		-9.0825		-9.13428		-10.68150		-12.82200



Gambar 6.50. Grafik defleksi balok

Dari ketiga tabel di atas dapat di analisa bahwa :

1. Dengan diberikan beban yang sama, tegangan lentur pada balok baja canai dingin tanpa lubang mendekati leleh, sedangkan pada balok baja canai dengan lubang masih jauh dari leleh.
   - Balok tanpa lubang LC 350.50.50.4 tegangan lentur maksimum 362,232 Mpa, balok berlubang LC 350.50.50.4,5 tegangan lentur maksimum 257,034 Mpa. Tegangan leleh profil *light channel* 379,225 Mpa.
   - Untuk variasi ketebalan tegangan lentur balok dengan lubang LC 350.50.50.4,2 yaitu 369,131 Mpa mendekati tegangan leleh profil 379,225 Mpa.
2. Tegangan geser pada balok baja canai dingin tanpa lubang lebih besar dari pada balok baja canai dengan lubang.
   - Balok tanpa lubang LC 350.50.50.4 tegangan geser maksimum 218,447 Mpa, balok berlubang LC 350.50.50.4,5 tegangan geser maksimum 210,008 Mpa. Tegangan geser profil *light channel* 227,535 Mpa.
   - Untuk variasi ketebalan Tegangan geser balok dengan lubang LC 350.50.50.4,2 yaitu 192,18 Mpa lebih kecil dari tegangan geser profil 227,535 Mpa.
3. Lendutan pada balok baja canai dingin tanpa lubang lebih besar dari pada balok baja canai dengan lubang.
   - Balok tanpa lubang LC 350.50.50.4 lendutan maksimum 12,433 mm, balok berlubang LC 350.50.50.4,5 tegangan geser maksimum 7,336 mm. Lendutan ijin profil *light channel* 12,50 mm.

- Untuk variasi ketebalan Lendutan balok dengan lubang LC 350.50.50.4,2 yaitu 10,681 mm lebih kecil dari lendutan ijin profil 12,50 mm

6.2.2 Balok LC 300.50.50.4 dan Balok LC 300.50.50.4,5

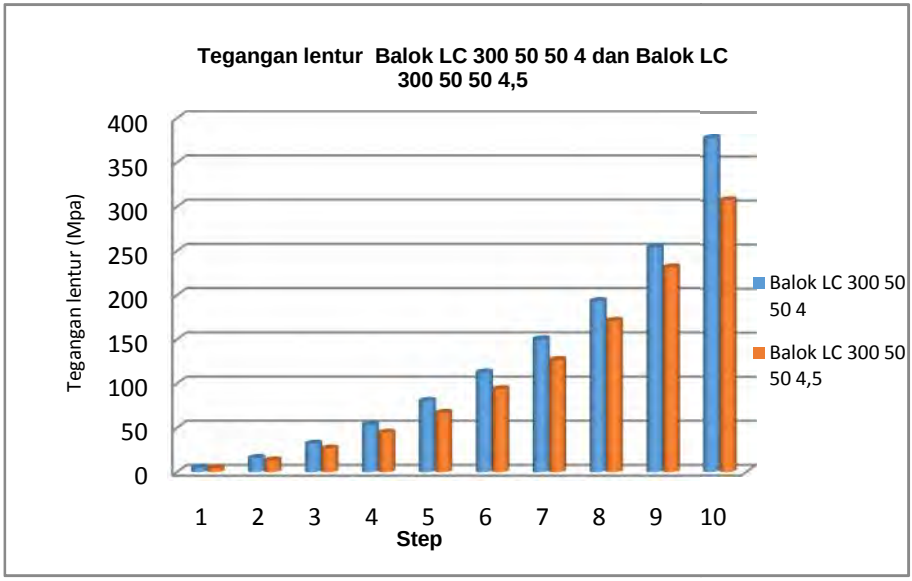
Berdasarkan analisa hasil *finite element analisys* pada kedua balok di dapatkan perbedaan hasil dari tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan.

- Tegangan Lentur

  Perbedaan tegangan lentur yang terjadi pada balok LC 300.50.50.4 dan balok LC 300.50.50.4,5 tampak pada Tabel 6.32 dan Gambar grafik 6.53 di bawah ini:

Tabel 6.31 Tegangan Lentur balok LC300.50.50.4 dan LC300.50.50.4,5

STEP	LC 300 50 50 4		LC 300 50 50 4,5	
	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa
0		**0**		**0**
1		5.318		4.476
2		16.116		13.428
3		32.232		26.855
4		53.666		44.759
5	**219**	80.580	**1661**	67.138
6		112.812		93.994
7		150.362		126.978
8		193.510		171.165
9		254.383		231.580
10		379.040		308.414



Gambar 6.51. Grafik tegangan lentur balok LC300.50.50.4 dan LC300.50.50.4,5

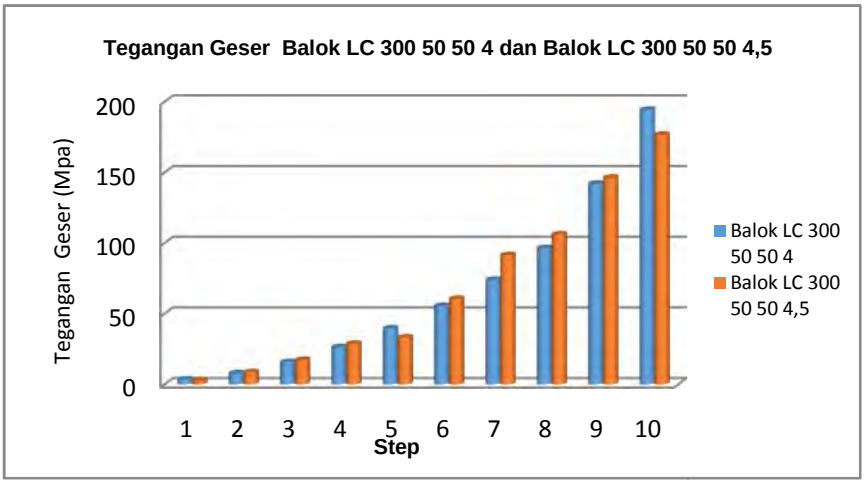
Dari Tabel 6.31 dan Gambar 6.53 di dapat perbedaan nilai tegangan lentur pada balok tidak berlubang LC 300.50.50.4 dan balok berlubang LC 300.50.50.4,5 yang cukup jauh. Tegangan lentur pada Balok LC 300.50.50.4 lebih besar di bandingkan dengan balok LC 300.50.50.4,5 pada pembebanan step 10.

- Tegangan Geser

  Perbedaan tegangan geser yang terjadi pada kedua balok dapat di lihat Tabel 6.32 dan Gambar grafik 6.54 di bawah ini:

Tabel 6.32 Tegangan Geser balok LC300.50.50.4 dan LC300.50.50.4,5

STEP	LC 300 50 50 4		LC 300 50 50 4,5	
	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa
0	**59**	**0**	**22**	**0**
1		3.61737		2.88323
2		7.93142		8.64970
3		15.86280		17.29940
4		26.41160		28.83230
5		39.65710		33.24850
6		55.51990		60.54790
7		74.00020		91.47700
8		96.43790		106.16500
9		142.09200		146.35300
10		194.39400		176.76800



Gambar 6.52. Grafik tegangan geser balok LC300.50.50.4 dan LC300.50.50.4,5

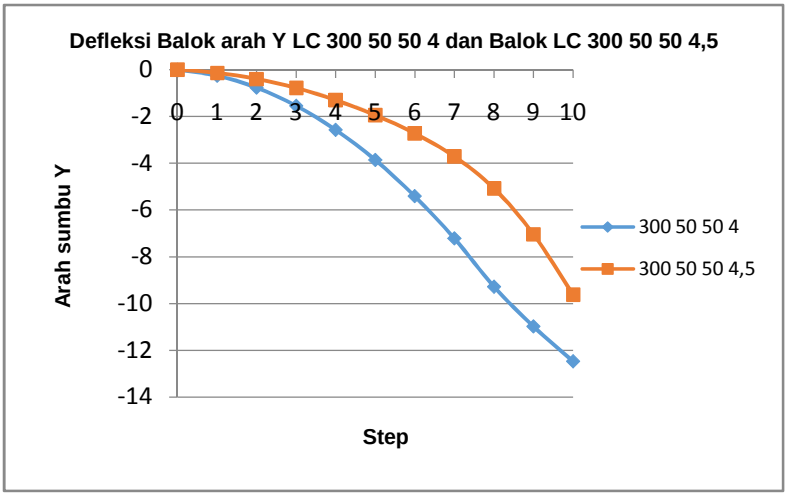
Dari tabel 6.32 dan gambar 6.48 tegangan geser yang terjadi pada balok LC 300.50.50.4,5 lebih kecil daripada balok LC 300.50.50.4. Tegangan geser ijin profil LC 0,6 Fy = 227,535 Mpa.

- Defleksi

  Defleksi adalah lendutan yang terjadi pada balok. Defleksi merupakan salah satu persyaratan penting dalam merencanakan suatu balok. Defleksi maksimum yang terjadi pada balok LC 300.50.50.4 dan LC 300.50.50.4,5 dengan panjang balok 3m adalah 12,5 mm

Tabel 6.33 Defleksi balok LC300.50.50.4 dan LC300.50.50.4,5

STEP	LC 300 50 50 4		LC 300 50 50 4,5	
	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa
0	**820**	**0**	**485**	**0**
1		-0.25498		-0.12992
2		-0.77267		-0.38977
3		-1.54534		-0.77955
4		-2.57299		-1.29924
5		-3.85335		-1.94887
6		-5.40869		-2.72841
7		-7.20901		-3.71081
8		-9.27725		-5.07635
9		-10.98030		-7.02824
10		-12.47100		-9.62459



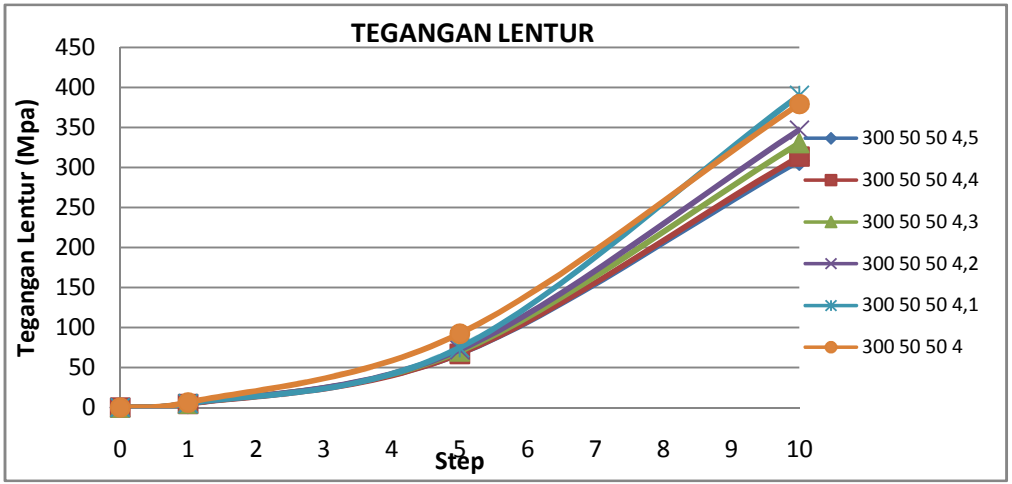
Gambar 6.53. Grafik defleksi balok LC300.50.50.4 dan LC300.50.50.4,5

Nilai defleksi dari balok LC 300.50.50.4 hampir mendekati dari defleksi yang di ijinkan yaitu 12,471 mm < 12,5 mm. Sedangkan pada balok LC 300.50.50.4,5 defleksi yang terjadi yaitu 9,624 mm

Dari analisa kedua balok nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan balok tidak berlubang LC 300.50.50.4 lebih besar di bandingkan Balok berlubang LC 300.50.50.4,5. Dengan dimensi yang sama hanya bebeda 0,1mm ketebalan sangat berdampak pada kekuatan balok tersebut. Oleh karena itu akan di uji balok berlubang dengan variasi ketebalan yang berbeda-beda yaitu ketebalan 4,1mm; 4,2mm; 4,3mm ;4,4 mm. dengan pemberian beban yang sama seperti kedua balok tersebut

Tabel 6.34 Tegangan lentur yang terjadi pada balok baja canai dingin 300.50.50 dengan variasi ketebalan

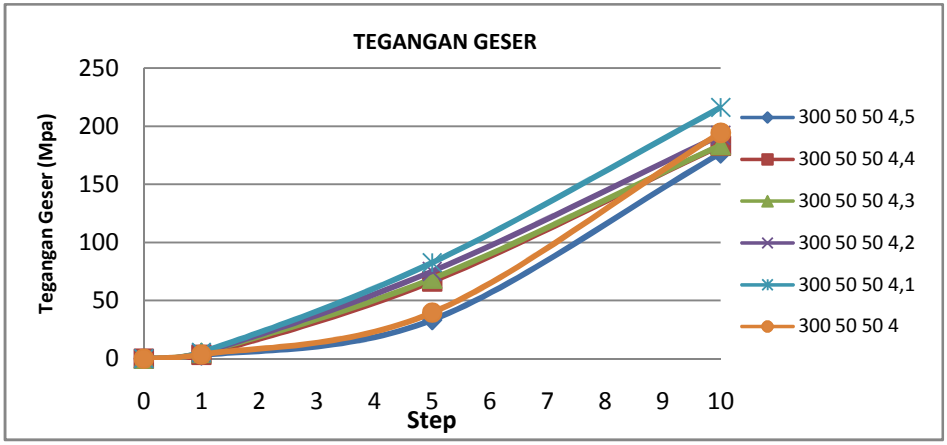
STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	300 50 50 4		300 50 50 4,5		300 50 50 4,4		300 50 50 4,3		300 50 50 4,2		300 50 50 4,1	
	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa
0		0		0		0		0		0		0
1	219	5.3183	1661	4.47588	768	4.4582	1086	4.6597	1369	4.8027	701	4.9711
5		80.5800		67.13820		66.8724		69.8951		72.0400		74.5671
10		379.0400		308.41400		313.4720		330.4010		346.7420		390.1890



Gambar 6.54. Grafik tegangan lentur balok

Tabel 6.35 Tegangan geser yang terjadi pada balok baja canai dingin 300.50.50 dengan variasi ketebalan

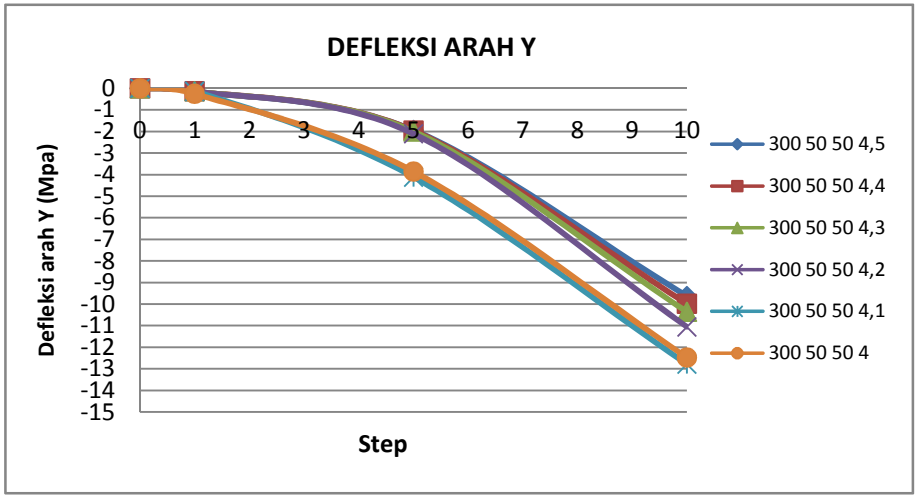
STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	300 50 50 4		300 50 50 4,5		300 50 50 4,4		300 50 50 4,3		300 50 50 4,2		300 50 50 4,1	
	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa
0		0		0		0		0		0		0
1	120	3.6174	29	2.883230	13	3.4394	21	4.8757	3	5.00429	12	5.51490
5		39.6571		33.248500		66.5903		68.7650		75.06430		82.71440
10		194.3940		176.768000		183.3840		183.5910		192.1800		216.17200



Gambar 6.55. Grafik tegangan geser balok

Tabel 6.36 Defleksi yang terjadi pada balok baja canai dingin 300.50.50 dengan variasi ketebalan

STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	300 50 50 4		300 50 50 4,5		300 50 50 4,4		300 50 50 4,3		300 50 50 4,2		300 50 50 4,1	
	NODE	U2 Mpa	NODE	U2 Mpa	NODE	U2 Mpa	NODE	U2 Mpa	ELEMENT	U2 Mpa	ELEMENT	U2 Mpa
0		0		0		0		0		0		0
1	820	-0.2550	485	-0.12992	480	-0.1306	423	-0.13381	439	-0.14035	480	-0.14100
5		-3.8534		-1.94887		-1.9597		-2.00713		-2.10528		-4.11446
10		-12.4710		-9.62459		-9.9878		-10.3584		-11.05910		-12.79000



Gambar 6.56. Grafik defleksi balok

Dari ketiga tabel di atas dapat di analisa bahwa :

1. Dengan diberikan beban yang sama, tegangan lentur pada balok baja canai dingin tanpa lubang mendekati leleh, sedangkan pada balok baja canai dengan lubang masih jauh dari leleh.
   - Balok tanpa lubang LC 300.50.50.4 tegangan lentur maksimum 379,040 Mpa, balok berlubang LC 300.50.50.4,5 tegangan lentur maksimum 194,394 Mpa. Tegangan leleh profil *light channel* 379,225 Mpa.
   - Variasi ketebalan Tegangan lentur balok dengan lubang LC 300.50.50.4,2 yaitu 346,742 Mpa mendekati tegangan leleh profil 379,225 Mpa.
2. Tegangan geser pada balok baja canai dingin tanpa lubang lebih besar dari pada balok baja canai dengan lubang.
   - Balok tanpa lubang LC 300.50.50.4 tegangan geser maksimum 194,394 Mpa, balok berlubang LC 300.50.50.4,5 tegangan geser maksimum 176,768 Mpa. Tegangan geser profil *light channel* 227,535 Mpa
   - Untuk variasi ketebalan Tegangan geser balok dengan lubang LC 300.50.50.4,2 yaitu 192,18 Mpa lebih kecil dari tegangan geser profil 227,535 Mpa.
3. Lendutan pada balok baja canai dingin tanpa lubang lebih besar dari pada balok baja canai dengan lubang.
   - Balok tanpa lubang LC 300.50.50.4 lendutan maksimum 12,471 mm, balok berlubang LC 300.50.50.4,5 tegangan geser maksimum 9,625 mm. Lendutan ijin profil *light channel* 12,50 mm

- Lendutan balok dengan lubang LC 300.50.50.4,2 yaitu 11,059 mm lebih kecil dari lendutan ijin profil 12,50 mm

6.2.3 Balok LC 250.50.50.4 dan Balok LC 250.50.50.4,5

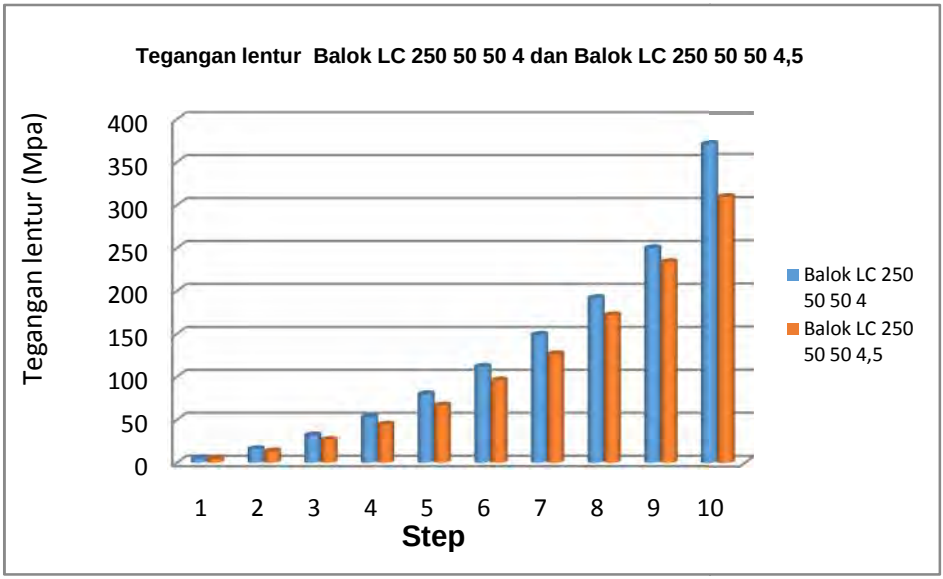
Berdasarkan analisa hasil *finite element analisys* pada kedua balok di dapatkan perbedaan hasil dari tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan.

- Tegangan Lentur

  Perbedaan tegangan lentur yang terjadi pada balok LC 250.50.50.4 dan balok LC 250.50.50.4,5 tampak pada Tabel 6.38 dan Gambar grafik 6.59 di bawah ini:

Tabel 6.37 Tegangan Lentur balok LC 250.50.50.4 dan LC250.50.50.4,5

STEP	LC 250 50 50 4		LC 250 50 50 4,5	
	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa
0		**0**		**0**
1		5.32477		4.45517
2		15.97430		13.36550
3		31.94860		26.73100
4		53.24770		44.55170
5	**213**	79.87160	**577**	66.82750
6		111.82000		95.94930
7		149.09400		126.42600
8		191.83200		171.87700
9		249.92900		233.62600
10		370.91200		308.36300



Gambar 6.57. Grafik tegangan lentur balok LC250.50.50.4 dan LC250.50.50.4,5

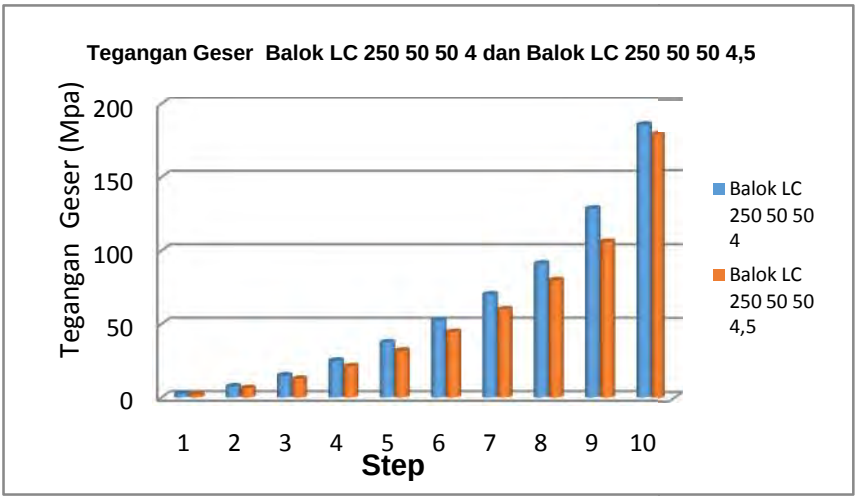
Dari Tabel 6.38 dan Gambar 6.59 di dapat perbedaan nilai tegangan lentur pada balok tidak berlubang LC 250.50.50.4 dan balok berlubang LC 250.50.50.4,5 yang cukup jauh. Tegangan lentur pada Balok LC 250.50.50.4 lebih besar di bandingkan dengan balok LC 250.50.50.4,5 pada pembebanan step 10.

- Tegangan Geser

  Perbedaan tegangan geser yang terjadi pada kedua balok dapat di lihat Tabel 6.39 dan Gambar grafik 6.60 di bawah ini:

Tabel 6.38 Tegangan Geser balok LC250.50.50.4 dan LC250.50.50.4,5

STEP	LC 250 50 50 4		LC 250 50 50 4,5	
	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa
0		**0**		**0**
1		2.5081		2.12574
2		7.5244		6.37722
3		15.0487		12.75440
4		25.0812		21.25740
5	**119**	37.6218	**13**	31.88610
6		52.6705		44.64060
7		70.2274		60.04030
8		91.2318		79.89820
9		128.6740		106.03500
10		185.8660		179.22700



Gambar 6.58. Grafik tegangan geser balok LC250.50.50.4 dan LC250.50.50.4,5

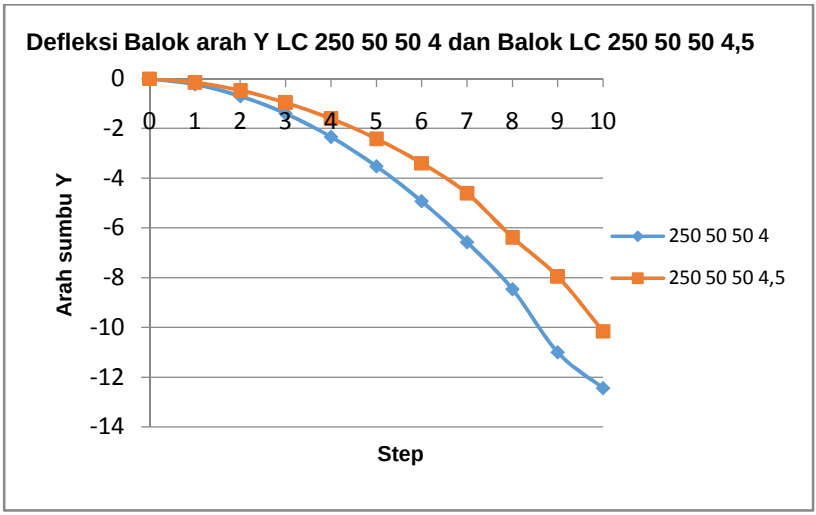
Dari tabel 6.39 dan gambar 6.60 tegangan geser yang terjadi pada balok LC 250.50.50.4,5 lebih kecil daripada balok LC 250.50.50.4. Tegangan geser ijin profil LC 0,6 Fy = 227,535 Mpa.

- Defleksi

  Defleksi adalah lendutan yang terjadi pada balok. Defleksi merupakan salah satu persyaratan penting dalam merencanakan suatu balok. Defleksi maksimum yang terjadi pada balok LC250.50.50.4 dan LC 250.50.50.4,5 dengan panjang balok 3m adalah 12,5 mm

Tabel 6.39 Defleksi balok LC250.50.50.4 dan LC250.50.50.4,5

STEP	LC 250 50 50 4		LC 250 50 50 4,5	
	NODE	U2 (arah Y) mm	NODE	U2 (arah Y) mm
0		**0**		**0**
1		-0.26801		-0.16172
2		-0.80403		-0.48516
3		-1.59395		-0.97032
4		-2.65187		-1.61720
5	**473**	-3.97781	**283**	-2.42580
6		-5.58657		-3.39612
7		-7.34600		-4.60966
8		-8.87300		-6.39024
9		-10.33610		-7.95271
10		-12.15150		-10.15150



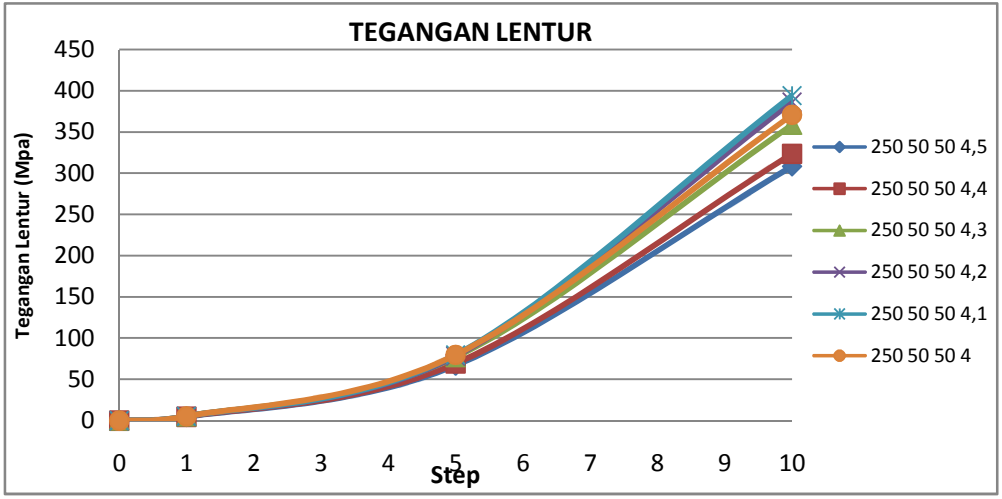
Gambar 6.59. Grafik defleksi balok LC250.50.50.4 dan LC250.50.50.4,5

Nilai defleksi dari balok LC 250.50.50.4 hampir mendekati dari defleksi yang di ijinkan yaitu 12,15150mm < 12,5 mm. Sedangkan pada balok LC 250.50.50.4,5 defleksi yang terjadi yaitu 10.15150mm

Dari analisa kedua balok nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan balok tidak berlubang LC 250.50.50.4 lebih besar di bandingkan Balok berlubang LC 250.50.50.4,5. Dengan dimensi yang sama hanya bebeda 0,1mm ketebalan sangat berdampak pada kekuatan balok tersebut. Oleh karena itu akan di uji balok berlubang dengan variasi ketebalan yang berbeda-beda yaitu ketebalan 4,1mm; 4,2mm; 4,3mm ;4,4 mm. dengan pemberian beban yang sama seperti kedua balok tersebut

Tabel 6.40 Tegangan lentur yang terjadi pada balok baja canai dingin 250.50.50 dengan variasi ketebalan

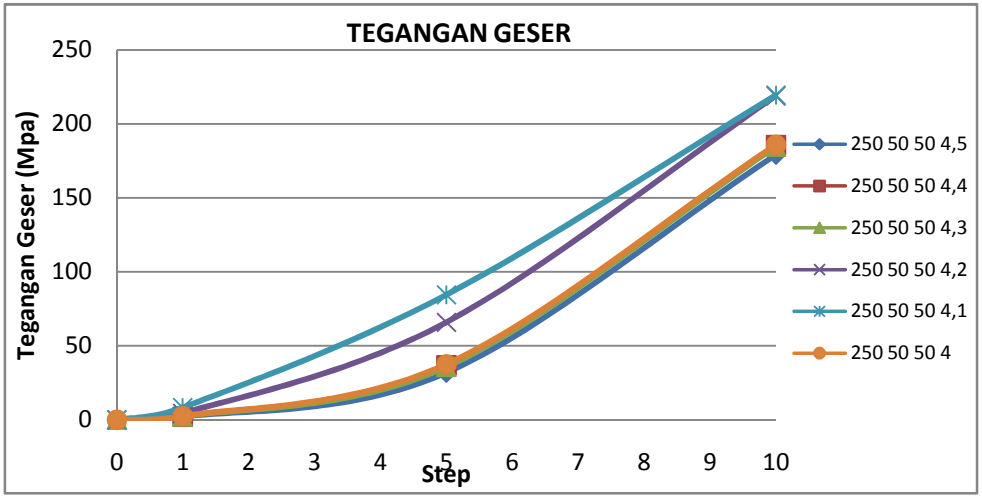
STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	250 50 50 4		250 50 50 4,5		250 50 50 4,4		250 50 50 4,3		250 50 50 4,2		250 50 50 4,1	
	ELEMENT	S33	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa	ELEMENT	S33 Mpa
0	213	0	577	0	1076	0	1265	0	596	0	500	0
1		5.3248		4.45517		4.6151		5.1296		5.2206		5.3258
5		79.8716		66.82750		69.2260		76.9441		78.3094		79.8864
10		370.9120		308.36300		323.5520		358.9370		386.1600		394.0800



Gambar 6.60. Grafik tegangan lentur balok

Tabel 6.41Tegangan geser yang terjadi pada balok baja canai dingin 250.50.50 dengan variasi ketebalan

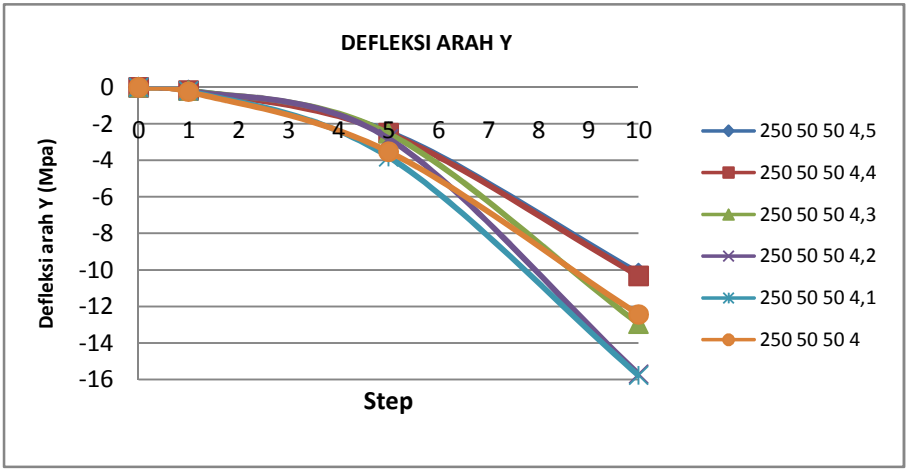
STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	250 50 50 4		250 50 50 4,5		250 50 50 4,4		250 50 50 4,3		250 50 50 4,2		250 50 50 4,1	
	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa	ELEMENT	S23 Mpa
0	60	0	17	0	48		66	0	64	0	23	0
1		2.5081		2.125740		2.1224		2.3505		4.39573		8.30134
5		37.6218		31.886100		36.8352		35.7697		65.93590		84.52000
10		185.8660		179.227000		185.6620		184.6660		218.94600		219.46200



Gambar 6.61. Grafik tegangan geser balok

Tabel 6.42 Defleksi yang terjadi pada balok baja canai dingin 250.50.50 dengan variasi ketebalan

STEP	Balok Tanpa Lubang		Balok Berlubang									
	250 50 50 4		250 50 50 4,5		250 50 50 4,4		250 50 50 4,3		250 50 50 4,2		250 50 50 4,1	
	ELEMENT	S23 Mpa	NODE	U2 Mpa	NODE	U2 Mpa	NODE	U2 Mpa	ELEMENT	U2 Mpa	ELEMENT	U2 Mpa
0	473	0	283	0	403	0	248	0	460	0	460	0
1		-0.23489		-0.16172		-0.1667		-0.16839		-0.18666		-0.18702
5		-3.52341		-2.42580		-2.4998		-2.52586		-2.79990		-2.80525
10		-12.43900		-10.15150		-10.3236		-12.9484		-15.68770		-15.75900



Gambar 6.62. Grafik defleksi balok

Dari ketiga tabel di atas dapat di analisa bahwa :

1. Dengan diberikan beban yang sama, tegangan lentur pada balok baja canai dingin tanpa lubang mendekati leleh, sedangkan pada balok baja canai dengan lubang masih jauh dari leleh.
   - Balok tanpa lubang LC 250.50.50.4 tegangan lentur maksimum 370,912 Mpa, balok berlubang LC 350.50.50.4,5 tegangan lentur maksimum 308,363 Mpa. Tegangan leleh profil *light channel* 379,225 Mpa.
   - Variasi ketebalan balok dengan lubang LC 250.50.50.4,3 yaitu 358,937 Mpa mendekati tegangan leleh profil 379,225 Mpa
2. Tegangan geser pada balok baja canai dingin tanpa lubang lebih besar dari pada balok baja canai dengan lubang.
   - Balok tanpa lubang LC 250.50.50.4 tegangan geser maksimum 185,866 Mpa, balok berlubang LC 350.50.50.4,5 tegangan geser maksimum 179,227 Mpa. Tegangan geser profil *light channel* 227,535 Mpa
   - Tegangan geser balok dengan lubang LC 250.50.50.4,3 yaitu 184,666 Mpa lebih kecil dari tegangan geser profil 227,535 Mpa.
3. Lendutan pada balok baja canai dingin tanpa lubang lebih besar dari pada balok baja canai dengan lubang.
   - Balok tanpa lubang LC 250.50.50.4 lendutan maksimum 12,439 mm, balok berlubang LC250.50.50.4,5 tegangan geser maksimum 10,151 mm. Lendutan ijin profil *light channel* 12,50 mm.

- Lendutan balok dengan lubang LC 250.50.50.4,3 yaitu 12,484 mm lebih kecil dari lendutan ijin profil 12,50 mm.

6.2.4 Perbandingan Perhitungan Analitik dan *Finite Element Analysis.*

Pada perhitungan ini hanya digunakan satu profil balok baja canai dingin baik yang berlubang maupun tidak berlubang yaitu profil yang terkecil. Untuk balok yang tidak berlubang digunakan profil LC 250.50.50.4 sedangkan balok yang berlubang 250.50.50.4,5.

6.2.4.1 Balok Tidak Berlubang LC 250.50.50.4

q = Qd + Ql
= 843,48 kg/m + 500 kg/m
= 1343,48 kg/m ≈ 13,4348 N/mm

L = 3000 mm

y = 0,5 x h_{profil}
= 0,5 x 250 mm
= 125 mm

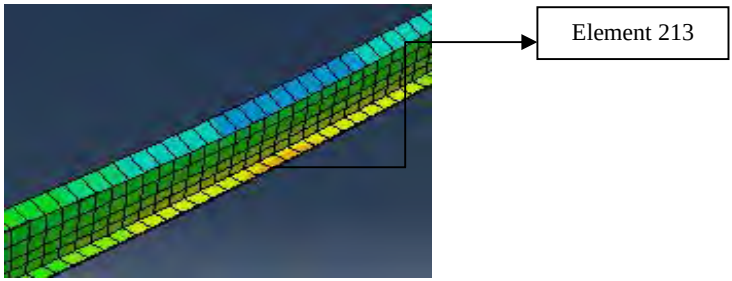
I_x = 10500000 mm^4
M = 1/8 x q x L^2
= 1/8 x 13,4348 N/mm x $(3000\ mm)^2$
= 15114150 N.mm

- *Perhitungan Analitik Tegangan Lentur :*

$$\sigma = \frac{M}{I_x}\ x\ y$$

$$= \frac{15114150\ \text{N.mm}}{10500000\ \text{mm4}}\ x\ 125\ \text{mm}$$

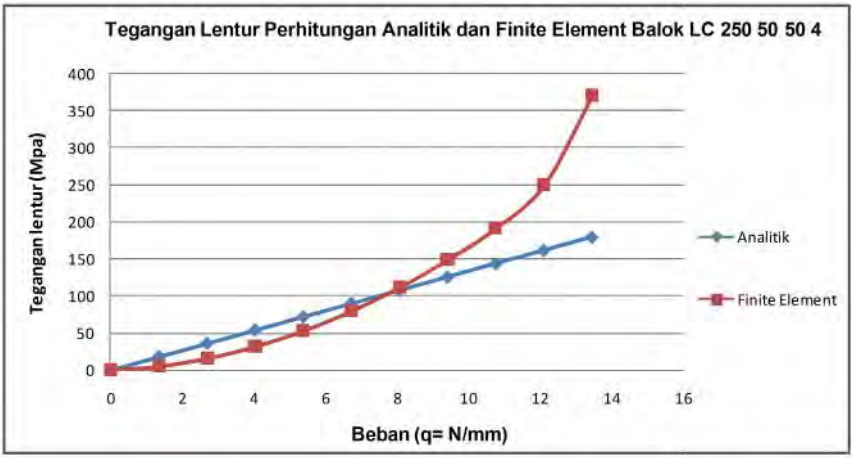
$$= 179{,}9303\ Mpa$$



Gambar 6.63. Tegangan Lentur *finite element analysis* LC 250.50.50.4

Tabel 6.43 Tegangan Lentur Perhitungan Analitik dan *Finite Element Analysis* LC 250.50.50.4

NO	STEP BEBAN	Analitik						*Finite Element*
		q	y	Ix	L	M	Teg. Lentur (σ)	Teg. Lentur (σ)
	(%)	N/mm	mm	mm^4	mm	N.mm	Mpa	Mpa
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	1.343	125	10500000	3000	1511415	17.993	5.32477
2	20	2.687	125	10500000	3000	3022830	35.986	15.97430
3	30	4.030	125	10500000	3000	4534245	53.979	31.94860
4	40	5.374	125	10500000	3000	6045660	71.972	53.24770
5	50	6.717	125	10500000	3000	7557075	89.965	79.87160
6	60	8.061	125	10500000	3000	9068490	107.958	111.82000
7	70	9.404	125	10500000	3000	10579905	125.951	149.09400
8	80	10.748	125	10500000	3000	12091320	143.944	191.83200
9	90	12.091	125	10500000	3000	13602735	161.937	249.92900
10	100	13.435	125	10500000	3000	15114150	179.930	370.91200



Gambar 6.64. Grafik tegangan lentur perhitungan analitik dan *finite element analysis* LC 250.50.50.4

- *Perhitungan Analitik Lendutan :*
  q = 13,4348 kg/cm

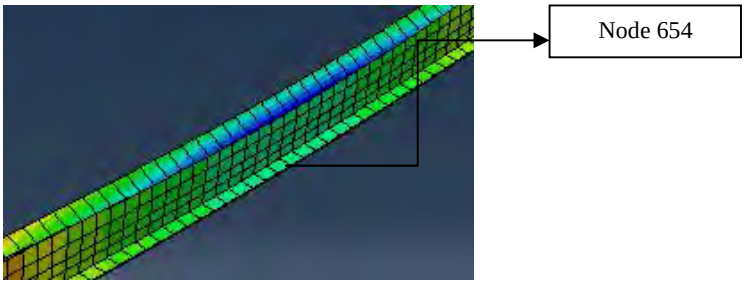
  - Lendutan ijin
    $\bar{y}_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm
  - Lendutan akibat beban mati dan hidup

$$y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\,.\,I_x}$$

$$= \frac{5}{384}\frac{13{,}4348\ \text{kg/cm}\,.\,(300^4)\ cm4}{2x10^6\text{kg/cm}^2\,.\,1050\ cm4}$$

$$= 0{,}67474cm \approx 6{,}7474\ \text{mm}$$

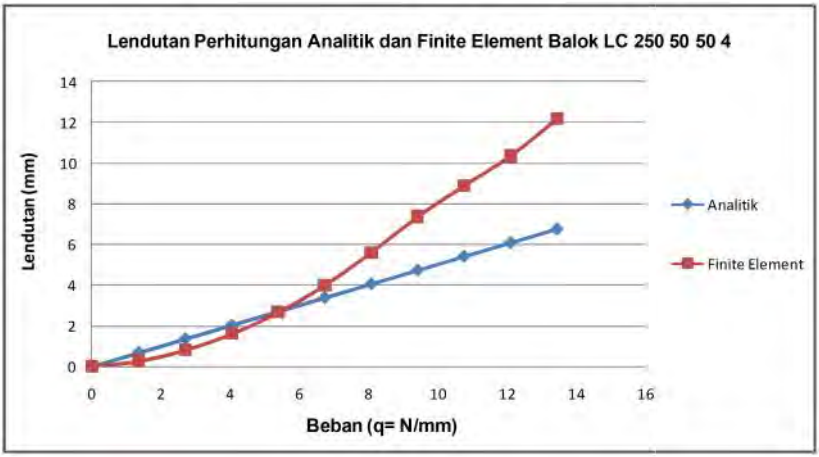
y_{max} = 6,7474 mm < $\bar{y}_{ijin}$ = 12,5 cm ….OK



Gambar 6.65. Lendutan *finite element analysis* LC 250.50.50.4

Tabel 6.44 Lendutan Perhitungan Analitik dan *Finite Element Analysis* LC 250.50.50.4

NO	STEP BEBAN	Analitik						*Finite Element*
		q	5/384	Ix	L	E	Lendutan (τ)	Lendutan (τ)
	(%)	kg/cm		cm^4	cm	kg/cm^2	mm	mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	1.343	0.0130	1050	300	2000000	0.675	0.26801
2	20	2.687	0.0130	1050	300	2000000	1.349	0.80403
3	30	4.030	0.0130	1050	300	2000000	2.024	1.59395
4	40	5.374	0.0130	1050	300	2000000	2.699	2.65187
5	50	6.717	0.0130	1050	300	2000000	3.374	3.97781
6	60	8.061	0.0130	1050	300	2000000	4.048	5.58657
7	70	9.404	0.0130	1050	300	2000000	4.723	7.34600
8	80	10.748	0.0130	1050	300	2000000	5.398	8.87300
9	90	12.091	0.0130	1050	300	2000000	6.073	10.33610
10	100	13.435	0.0130	1050	300	2000000	6.747	12.15150



Gambar 6.66. Grafik lendutan perhitungan analitik dan *finite element analysis* LC 250.50.50.4

6.2.4.2 Balok Berlubang LC 250.50.50.4,5

q = Qd + Ql
= 839,07 kg/m + 500 kg/m
= 1339,07 kg/m ≈ 13,3907N/mm

L = 3000 mm

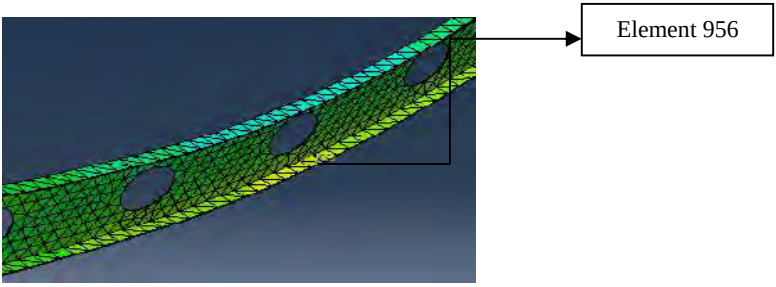
y = 0,5 x h_{profil}
= 0,5 x 250 mm
= 125 mm

I_x = 11600000 mm^4
M = 1/8 x q x L^2
= 1/8 x 13,3907N/mm x $(3000\ mm)^2$
= 15064537,5 N.mm

- *Perhitungan Analitik Tegangan Lentur :*

$$\sigma = \frac{M}{I_x} x\, y$$

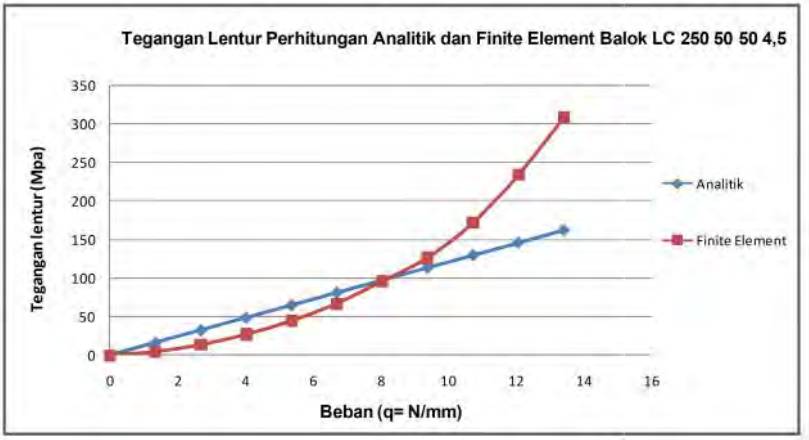
$$= \frac{15064537{,}5\ \text{N.mm}}{11600000\ \text{mm4}}\ x\ 125\ \text{mm}$$
$$= 162{,}333\ Mpa$$



Gambar 6.67. Tegangan Lentur *finite element analysis* LC 250.50.50.4,5

Tabel 6.45 Tegangan Lentur Perhitungan Analitik dan *Finite Element Analysis* LC 250.50.50.4,5

NO	STEP BEBAN	Analitik						*Finite Element*
		q	y	Ix	L	M	Teg. Lentur (σ)	Teg. Lentur (σ)
	(%)	N/mm	mm	mm^4	mm	N.mm	Mpa	Mpa
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	1.339	125	11600000	3000	1506453.75	16.233	4.45517
2	20	2.678	125	11600000	3000	3012907.5	32.467	13.36550
3	30	4.017	125	11600000	3000	4519361.25	48.700	26.73100
4	40	5.356	125	11600000	3000	6025815	64.933	44.55170
5	50	6.695	125	11600000	3000	7532268.75	81.167	66.82750
6	60	8.034	125	11600000	3000	9038722.5	97.400	95.94930
7	70	9.373	125	11600000	3000	10545176.25	113.633	126.42600
8	80	10.713	125	11600000	3000	12051630	129.867	171.87700
9	90	12.052	125	11600000	3000	13558083.75	146.100	233.62600
10	100	13.391	125	11600000	3000	15064537.5	162.333	308.36300



Gambar 6.68. Grafik tegangan lentur perhitungan analitik dan *finite element analysis* LC 250.50.50.4,5

- *Perhitungan Analitik Lendutan :*
  q = 13,3907 kg/cm

  - Lendutan ijin

    $\bar{y}_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240}$ = 1,25 cm ≈ 12,5 mm

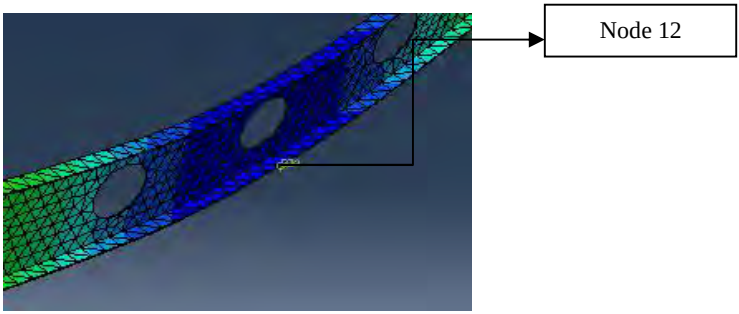
  - Lendutan akibat beban mati dan hidup

    $$y_{max} = \frac{5}{384}\frac{q.L^4}{E\,.\,I_x}$$

    $$= \frac{5}{384}\frac{13{,}3907\ \text{kg/cm}\,.\,(300^4)\ cm4}{2x10^6\text{kg/cm}^2\,.\,1160\ cm4}$$

    $$= 0{,}6088cm \approx 6{,}088\ \text{mm}$$

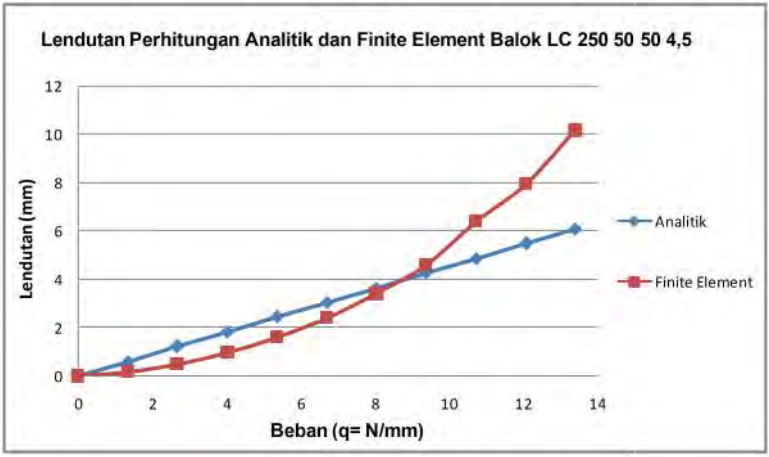
y_{max} = 6,088mm < $\bar{y}_{ijin}$ = 12,5 cm ….OK



Gambar 6.69. Lendutan *finite element analysis* LC 250.50.50.4,5

Tabel 6.46 Lendutan Perhitungan Analitik dan *Finite Element Analysis* LC 250.50.50.4,5

NO	STEP BEBAN	Analitik						*Finite Element*
		q	5/384	Ix	L	E	Lendutan (τ)	Lendutan (τ)
	(%)	kg/cm		cm^4	cm	kg/cm^2	mm	mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	1.339	0.0130	1160	300	2000000	0.6088	0.16172
2	20	2.678	0.0130	1160	300	2000000	1.218	0.48516
3	30	4.017	0.0130	1160	300	2000000	1.826	0.97032
4	40	5.356	0.0130	1160	300	2000000	2.435	1.61720
5	50	6.695	0.0130	1160	300	2000000	3.044	2.42580
6	60	8.034	0.0130	1160	300	2000000	3.653	3.39612
7	70	9.373	0.0130	1160	300	2000000	4.261	4.60966
8	80	10.713	0.0130	1160	300	2000000	4.870	6.39024
9	90	12.052	0.0130	1160	300	2000000	5.479	7.95271
10	100	13.391	0.0130	1160	300	2000000	6.088	10.15150



Gambar 6.70. Grafik lendutan perhitungan analitik dan *finite element analysis* LC 250.50.50.4,5

Pada perhitungan secara analitik dan hasil dari *finite element analysis* dapat dilihat perbedaan teganngan lentur dan lendutan balok baja canai dingin tidak berlubang LC. 250.50.50.4 dan berlubang 250.50.50.4,5. Perbedaan terlihat pada gambar 6.64, gambar 6.66, gambar 6.68 dan gambar 6.70 terlihat cukup signifikan. Hal ini di sebabkan oleh beban terbagi rata yang bekerja pada profil C tidak terletak pada pusat geser (*shear center*) sehingga pada metode *finite element analysis* terjadi tegangan lentur tambahan akibat *momen warping* (pilin) di luar skup ini.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB VII
KESIMPULAN & SARAN

7.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah hasil yang dapat disimpulkan berdasarkan perilaku balok baja canai dingin yang berlubang dan tidak berlubang menggunakan *software finite element analisys* dan juga analisa dalam menentukan rekomendasi kekuatan balok baja canai dingin.

1. Dari hasil perhitungan kontrol penampang yang telah dihitung secara manual, untuk balok baja canai dingin yang tidak belubang LC 350.50.50.4; LC 300.50.50.4; LC 250.50.50.4 dan balok baja canai dingin yang berlubang LC 350.50.50.4,5; LC 300.50.50.4,5; LC 250.50.50.4,5 sudah memenuhi kontrol kekuatan profil.
2. Jenis pembebanan yang diberikan adalah beban *pressure* yang di bebankan merata pada seluruh penampang atas balok dengan rencana *load factor* 10 % (step 1) sampai 100% (step 10). Dan di dapatkan pada step 10 balok baja canai dingin yang tidak berlubang hampir mengalami *collapse* sedangkan balok baja canai dingin yang berlubang masih mampu menerima beban.
3. Pada *software finite element analysis* didapatkan nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan balok baja canai dingin yang tidak berlubang lebih besar daripada balok baja canai dingin yang berlubang. Untuk balok tanpa lubang nilai tegangan lentur dan lendutan hampir mendekati tegangan leleh serta lendutan yang di ijinkan sebesar f_y=379,225 Mpa ; y_{ijin}= 12,5 mm
4. Jenis ketebalan pada profil balok baja canai dingin yang berlubang yaitu LC 350.50.50.4,2; LC 300.50.50.4,2; LC 250.50.50.4,4 nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan yang di hasilkan mendekati balok baja canai dingin yang tidak berlubang.

5. Apabila merencanakan suatu balok baja canai dingin yang berlubang dengan menambah tebal profil akan di dapatkan balok yang mempunyai nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan lebih kecil daripada balok baja canai dingin yang tidak berlubang. Namun dengan memvariasikan ketebalan profil balok berlubang di dapatkan nilai tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan yang mendekati profil balok tanpa lubang.

7.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sesuai dengan Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi lebih lanjut mengenai perilaku balok baja canai dingin dengan mendesain sendiri dimensi profil yang akan di gunakan dalam analisa
2. Studi lebih lanjut mengenai perbandingan perilaku balok baja canai dingin dengan menggunakan beberapa macam profil.
3. Studi lebih lanjut dengan meninjau tingkat keringanan berat profil pada masing-masing balok dengan mempertimbangkan ke efisiensian dalam pelaksanaan di lapangan.
4. Rekomendasi untuk studi selanjutnya bisa dilakukan tes secara langsung dengan material maupun konfigurasi yang sama untuk lebih bisa mendapatkan hasil yang lebih sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BIODATA PENULIS

Yeni Dwi Rachmawati,

Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 12 Oktober 1989, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita (Sidoarjo), SDN Pucang I (Sidoarjo), SLTP Negeri 1 (Sidoarjo), SMAN I (Sidoarjo). Setelah lulus dari SMAN I tahun 2008, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP - ITS pada tahun 2008 dan terdaftar dengan NRP 3108 030 019. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Penulis mengikuti ujian masuk Sarjana ITS program Lintas Jalur Teknik Sipil ITS dan diterima serta terdaftar dengan NRP 3111 106 030. Penulis mengambil Tugas Akhir di bidang struktur.