

ANALISA DAN DESAIN RUNWAY BEAM PADA HOIST CRANE DALAM BANGUNAN INDUSTRI

Hendry Gunawan¹ dan Daniel Rumbi Teruna²

¹Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No., 1 Kampus USU Medan
Email : Hendry.hg77@gmail.com

²Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Jl. Perpustakaan No. 1 Kampus USU Medan
Email : danielteruna88@gmail.com

Abstract : *The problem of lifting, especially for heavy loads is a problem that has existed since long ago. Along with the development of times, the type of equipment was created that helps in moving goods such as crane, when the load carried by the crane gets heavier, this can result in torsion buckling on the beam that bears the bridge beam. The torsion buckling occurs because when hoist crane moving a heavy load it occurs a very large torque force so that the beam which is usually designed to only lifting bridge beam can not withstand the force and then a failure occurs. This paper aims is to discuss the flexural torsional buckling that occurs on the runway beam with different section. The section that are used are section I ,section I combined with section C and section I with the help of Truss system then the results obtained will be evaluated ,the most economical and safest design will be taken. The results of the analysis show that the 6 m runway beam using section I with the truss system is the most economical beam to use when viewed from the economics of the material used and also resistant to torsional buckling*

Keywords: *crane, runway beam, bridge beam, torsional buckling.*

Keywords: *crane, runway beam, bridge beam, lateral torsional buckling, truss system*

Abstrak : Masalah pengangkatan terutama untuk beban-beban berat merupakan masalah yang telah ada sejak dulu. Seiring dengan berkembangnya zaman maka diciptakan jenis peralatan yang membantu dalam memindahkan barang yaitu crane. Ketika beban yang dipikul oleh crane semakin berat hal ini mengakibatkan timbulnya tekuk torsi pada profil yang memikul balok jembatan. Tekuk torsi terjadi karena ketika crane mengangkat/memindahkan beban terjadinya gaya torsi yang sangat besar yang diakibatkan oleh gerak hoist crane baik secara vertical maupun horizontal sehingga profil yang biasanya hanya dirancang untuk menahan balok jembatan tidak dapat menahan dan kemudian terjadilah kegagalan. Tugas akhir ini bertujuan untuk membahas mengenai analisis buckling yang terjadi pada runway beam dengan 3 profil yang berbeda yaitu Profil I, Profil I + UNP dan Profil I dengan system Truss kemudian hasil yang didapat akan dievaluasi dan diambil design profil yang paling ekonomis dan juga aman. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada bentang runway beam 6 m yang memakai profil I dengan sistem truss merupakan profil yang paling ekonomis untuk digunakan jika dilihat dari keekonomisan bahan yang digunakan serta tahan terhadap lateral torsional buckling

Kata kunci: *krane, balok runway, balok jembatan, tekuk torsi lateral, sistem truss*

Pendahuluan

Crane merupakan salah satu pesawat pengangkat dan pemindah material yang banyak di gunakan. Crane juga merupakan mesin alat berat (heavy equipment) yang memiliki bentuk dan kemampuan angkat yang besar dan mampu berputar hingga 360 derajat dan jangkauan hingga puluhan meter. Crane biasanya digunakan dalam pekerjaan pekerjaan proyek, pelabuhan, perbengkelan, industri, pergudangandll

Pada penelitian ini yang akan dikaji adalah hoist crane yang digunakan pada bangunan - bangunan industry. Pada zaman dulu terutama di tempat industry alat-alat berat, barang-barang yang penting atau pun proses produksi perpindahannya masih menggunakan tangan sehingga sangat tidaklah ekonomis dalam hal tenaga maupun waktu sehingga perlu digunakan alat

yang memudahkan perpindahan barang yaitu Hoist Crane, Hoist Crane adalah salah satu dari jenis pesawat angkat yang banyak dipakai sebagai alat pengangkat dan pengangkut pada daerah-daerah industri, pabrik, maupun bengkel.

Pesawat angkat ini dilengkapi dengan roda dan lintasan rel agar dapat bergerak maju dan mundur sebagai penunjang proses kerjanya. Crane Hoist digunakan dalam proses pengangkatan muatan dengan berat ringan hingga muatan dengan berat medium. Crane Hoist biasa digunakan untuk pengangkatan dan pengangkutan muatan di dalam ruangan. Letak Crane Hoist berada di atas, dekat dengan atap ruangan dan disampingnya adalah runway beam yang memikul.

Dalam perencanaan struktur runway beam hampir semua balok yang dirancang memikul lentur dan geser pada sumbu mayor saya, sedangkan dalam arah minor tidak diperhitungkan, dalam kenyataannya perlu perancangan lentur dalam arah minor termasuk gaya torsi. Terjadinya torsi pada tepi balok akibat beban lateral yang tidak seimbang bisa mengakibatkan instabilitas. Fenomena instabilitas biasanya diakibatkan oleh rasio h/t_w , b/t_f (perbedaan lebar dan tebal dari penampang)

Berbagai keruntuhan yang terjadi pada balok yang memikul lentur (tanpa melihat tercapai atau tidaknya momen plastis) yaitu tekuk lokal pada sayap, tekuk lokal pada badan dan tekuk torsi lateral

Tekuk torsi lateral adalah kondisi dimana kekakuan penampangnya relatif kecil dibandingkan dengan pertambahan lateral yang tersedia dengan kata lain jika beban yang diberikan tidak melebihi momen kritis maka tekuk torsi lateral tidak akan terjadi.

Tinjauan Pustaka

Penampang Kompak dan Non Kompak

Balok yang dikekang secara lateral dapat mencapai kapasitas momen plastisnya bila tidak terjadi lokal buckling lebih dahulu. Jadi kapasitas momen nominal tergantung kepada kelangsingan penampang

Berdasarkan kelangsingan penampang, dapat digolongkan atas 3 jenis yaitu penampang terpadu (penampang kompak), penampang tidak terpadu (non kompak) dan penampang langsing (slender)

1. Penampang kompak

Penampang kompak adalah penampang yang memenuhi criteria sebagai berikut

- Sayap profil I dan kanal akibat lentur

$$\lambda = \frac{b_f}{2 t_f} \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}}$$

- Badan profil I dan kanal akibat lentur

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}}$$

2. Penampang tidak kompak

Penampang non kompak adalah penampang yang dimana kelangsingannya melebihi kelangsingan dari sayap profil dan badan profil kompak tetapi tidak melebihi kelangsingan λ_r

- Sayap profil I dan kanal akibat lentur

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$$

- Badan profil I dan kanal akibat lentur

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_y}}$$

3. Penampang Langsing

Penampang yang dimana kelangsingannya melebihi kelangsingan pada penampang non kompak

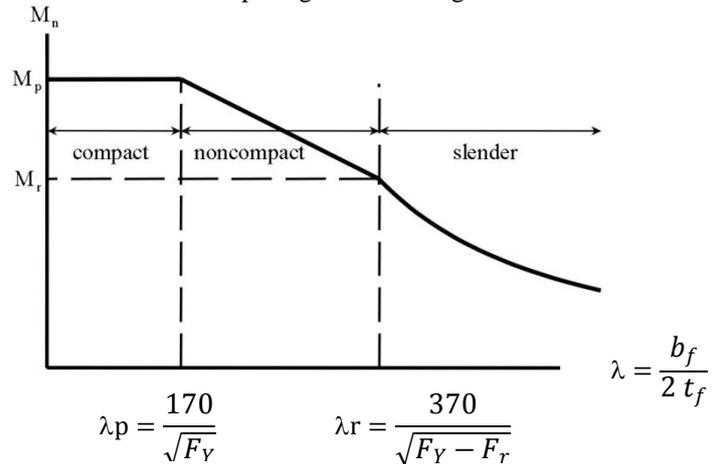
Jadi dapat disimpulkan Batasan penampang kompak, tak kompak dan langsing adalah :

Penampang kompak : $\lambda < \lambda_p$

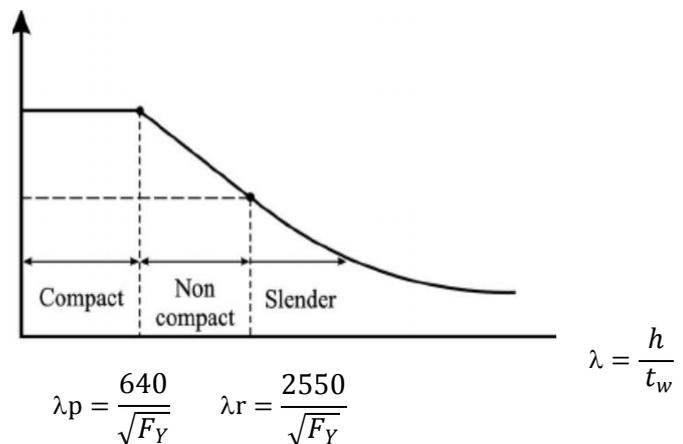
Penampang tak kompak : $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

Langsing : $\lambda > \lambda_r$

Detail Batasan –batasan tekuk lokal pada sayap dan badan diberikan pada gambar 1 dan gambar 2



Gambar 1. Batasan tekuk lokal sayap



Gambar 2. Batasan tekuk lokal badan

Kuat Lentur Nominal Penampang

Kuat lentur nominal balok ditinjau dari kegagalan tekuk lateral sangat tergantung kepada panjang balok tanpa sokongan (unbraced length) L_b . Dalam menghitung nominal lentur dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan SNI 2015 yang mengatur tentang Komponen struktur I dan Kanal yang kompak

- 1) Untuk komponen struktur yang memenuhi ($L \leq L_p$) kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah

$$M_n = M_p$$

- 2) Untuk komponen struktur yang memenuhi ($L_p \leq L \leq L_r$) kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah

$$M_n = C_b \cdot [M_p - (M_p - 0,7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)] \leq M_p$$

- 3) Untuk komponen struktur yang memenuhi ($L_r \leq L$) kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

Dimana:

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J \cdot c}{S_x \cdot H_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

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

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

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}}$$

$$C_w = \frac{1}{4} \cdot I_y \cdot h_o^2$$

$$h_o = H - t_f$$

$$J = (H_w \cdot t_w^3) + (2 \cdot B \cdot t_f^3)$$

Keterangan :

M_{max} = Momen maksimum pada bentang yang ditinjau.

M_A = Momen pada $\frac{1}{4}$ bentang.

M_B = Momen pada $\frac{1}{2}$ bentang.

M_C = Momen pada $\frac{3}{4}$ bentang.

C_b = Koefisien pengali momen tekuk torsi lateral.

L_b = Panjang bentang antara 2 pengekang yang berdekatan, mm.

r_y = Jari-jari girasi terhadap sumbu tengah, mm.

A = Luas penampang, mm².

S_x = Modulus penampang, mm³.

J = Konstanta torsi, mm⁴.

C_w = Konstanta wrapping, mm⁶.

Batas-Batas Lentutan

Batas-batas lentutan untuk keadaan kemampuan-layan batas harus sesuai peraturan yang berlaku. Batas lentutan maksimum menurut AS 1418.18—2015

Tabel 1. Lentutan Maksimum

Kondisi	Batas lentutan
defleksi statis vertikal karena semua beban mati dan beban hidup tanpa faktor dinamis (untuk semua bentuk girder)	$\frac{L}{500}$
lentutan lateral flens atas yang disebabkan oleh gaya inersia (maksimum 10 mm)	$\frac{L}{600}$

Gaya Torsi

Gaya torsi yang terjadi pada runway beam atau profil dihitung dengan cara menghitung terlebih dahulu gaya tekuk (bending) yang terjadi pada profil tersebut kemudian ditambah dengan torsi murni yang terjadi pada keseluruhan profil I tersebut

Dalam menghitung tekuk torsi (bending) yang terjadi digunakan lah rumus torsi pada penampang terbuka karena profil I (Runway Beam) yang kita kaji itu merupakan penampang terbuka

$$F_T = \frac{(P_y)(Q_s)}{(I_x)(T_{ef})}$$

Dimana

Q_s = Statis momen pada penampang

P_y = Gaya horizontal yang terjadi akibat pergerakan bridge beam

T_{ef} = merupakan tebal dari sayap atas profil

Kemudian dalam menghitung torsi murni yang terjadi akan digunakan rumus torsi yaitu

$$F_T = \frac{T \cdot T_{ef}}{J}$$

Dengan J = Konstanta torsi

Beban hidup Derek adalah berdasarkan nilai kapasitas dari Derek tetapi pada bagian beban rencana untuk balok runway beam dan sebagainya harus memasukkan nilai dari gaya dampak vertical dan lateral yang diakibatkan oleh Derek yang bergerak

Berikut dalam menghitung gaya-gaya yang terjadi pada runway beam didasarkan pada persamaan entase nilai dari pengaruh gaya dampak vertical atau gaya getaran beban Derek SNI Pembebanan 1727 – 2013

Tabel 2. Gaya Impak Vertical Pada Crane

JENIS DEREK	PERSAMAAN ENTASE (%)
Derek rel tunggal (dengan tenaga)	25
Kabin dengan operator atau derek jembatan dioperasikan secara remote(dengan tenaga)	
Derek jembatan dioperasikan denggantungan (dengantenaga)	10
Derek jembatan atau derek re ltunggal dengan jembatan gigi berkendali tangan, troli, dan alat pengangkat	0

Pada balok runway beam tentunya memiliki gaya horizontal, Gaya lateral diasumsikan bekerja arah horizontal pada permukaan traksi dari balok runway. Gaya lateral pada Derek balok runway beam dengan troli bertenaga listrik menurut SNI 1727-2013 diambil nilai sebesar 20% dari jumlah nilai kapasitas Derek dan beban dari alat angkat troli

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Duerr, P.E (2015) dalam jurnal nya yang berjudul "Lateral-Torsional Buckling of Suspended I-Shape Lifting Beams, "Practice Periodical on Structural Design and Construction" for Beams menyimpulkan bahwa total beban yang dipikul oleh sebuah profil proporsional terhadap gaya lateral torsional yang terjadi

Penelitian yang dilakukan oleh A.Y.T (2007) dalam jurnal nya yang berjudul "Exact dynamic stiffness for axial-torsional buckling of structural frames" mengatakan bahwa dalam menghitung axial torsional buckling juga harus dihitung dynamic stiffness karena peranan dynamic stiffness sangatlah penting

Kajian Prakash M Mohite (2015) analisa buckling dengan menggunakan direct analisis method pada baja menyimpulkan bahwa buckling yang terjadi proporsional terhadap rasio panjang dan kedalaman sayap profil

Torsional buckling yang terjadi pada baja canai panas yang elastic dikaji oleh Zdenek Kala (2013) menyimpulkan bahwa deformasi yang terjadi itu tidak akan melewati $L/1000$ dan pada struktur tipis I section akan mempunyai sensitivitas yang merugikan / ketidak sempurnaan

Selanjutnya Paulus Karta Wijayadan Paulina Jacinta melakukan penelitian tentang tekuk torsi lateral pada balok non pragmatis menunjukkan bahwa kemiringan sisi badan berpengaruh kecil terhadap momen kritis balok bila beban bekerja pada pusat geser, akan tetapi pengaruh ketinggian letak beban terhadap pusat geser sangat dipengaruhi oleh

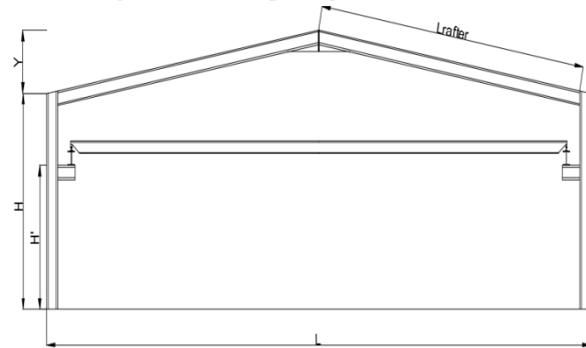
kemiringan sisi badan selain itu telah didapat persamaan – persamaan untuk memperkirakan besarnya momen kritis elastic balok kantilever non pragmatis melalui analisis regres iterhadap data hasil metode elemen hingga

Metode Penelitian

Tahapan Penelitian dalam tugas akhir ini diawali dengan penentuan ukuran – ukuran gudang tempat dibangunnya hoist crane, Berikut geometri struktur gudang tersebut

Geometri Struktur

Detail Geometri struktur bangunan tempat hoist crane dibangun diberikan pada gambar 3

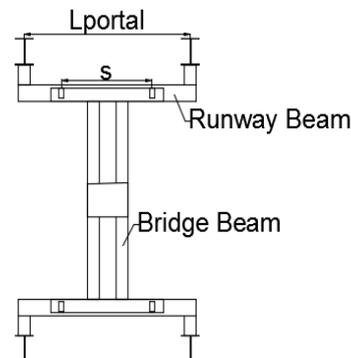


- $L = 30$ m
- $H = 8$ m
- $H' = 6$ m
- $Y = 2,645$ meter
- $L_{rafter} = 15,232$ m
- $L_{portal} = 6$ meter
- $L_{console} = 0,5$ meter

Gambar 3. Portal Baja

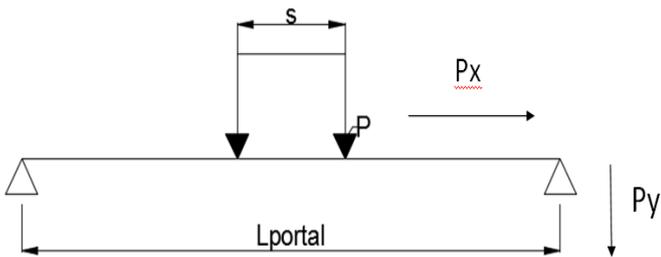
Pembebanan Pada Runway Beam

Beban dari bridge beam dan angkatan crane didistribusikan menjadi 2 beban terpusat pada runway beam dengan jarak antar roda crane (s) sebesar 1500 mm. Konfigurasi Runway beam dalam memikul bridge beam diberikan pada gambar 4



Gambar 4. Konfigurasi sistem crane

Gaya – gaya yang berpengaruh pada runway beam dapat disimpulkan pada gambar 5

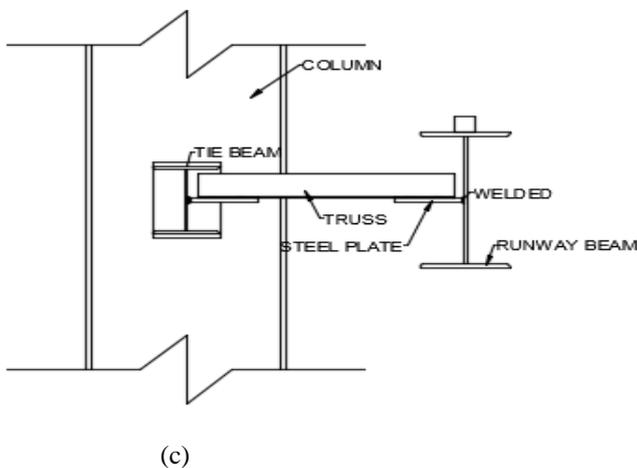
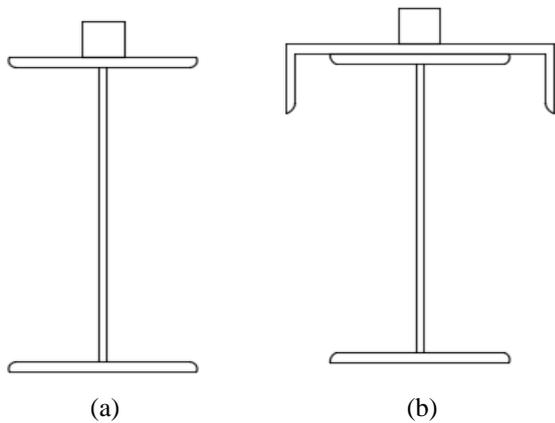


Gambar 5. Gaya Gaya Pada Runway Beam

P_x = Gaya yang terjadi pada crane diakibatkan oleh gaya vertical (gerak maju mundur) dari crane
 P_y = Gaya yang terjadi akibat gerak horizontal dari crane

Bentuk dan Jenis Profil Runway Beam

Tiga jenis bentuk profil runway beam yang akan digunakan dalam studi ini yaitu profil IWF, profil IWF dengan channel cap serta profil IWF dengan sistem truss dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6 : Bentuk dan jenis Profil;
 (a) Profil IWF
 (b) Profil IWF dengan Channel Cap
 (c) Profil IWF dengan Sistem Truss

Studi Kasus

Dalam tugas akhir ini, saya akan menguji keekonomisan balok runway dengan panjang 6m yang memikul sebuah bridge beam dengan panjang 29m serta dibebani beban sebesar 2,5 T. Balok runway beam yang diuji akan menggunakan 3 profil yang berbeda yaitu Profil I, Profil built up antara profil I dan profil Channel Cap serta Profil I dengan bantuan sistem Truss

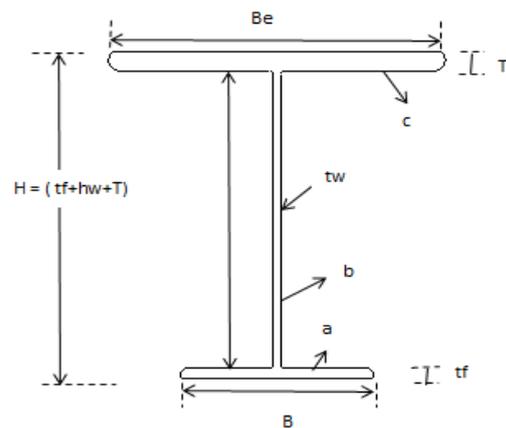
Perancangan profil Runway Beam

Profil IWF

Pada profil IWF ukuran profil yang digunakan akan melalui tahap trial and error, profil yang dipilih akan dihitung momen nominal lendutan serta ketahanan terhadap gaya torsi yang terjadi kemudian dari ukuran profil yang memenuhi syarat akan dibandingkan dan diambil yang paling ekonomis

Profil IWF dengan Channel Cap

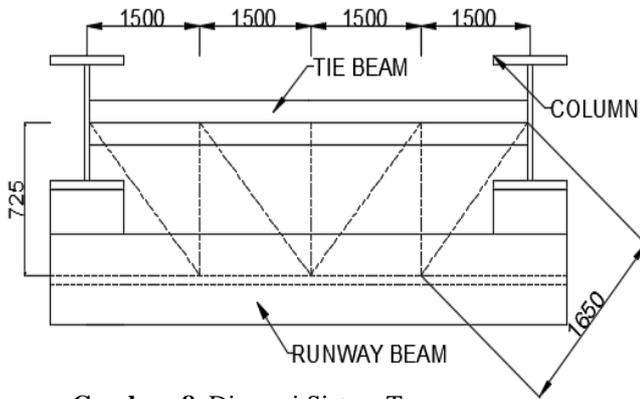
Pada profil IWF dengan channel cap karena tidak adanya ketentuan yang mengatur profil gabungan tersebut dalam SNI 2015 maka profil tersebut terlebih dahulu diequivalenkan menjadi profil I dengan bentuk seperti pada gambar 7



Gambar 7. Profil IWF dengan Channel Cap equivalent

Profil IWF dengan sistem Truss

Untuk mendapatkan ukuran profil balok truss dan tie beam yang digunakan, dihitung dengan bantuan SAP 2000 agar didapat demand/capacity ratio yang kemudian digunakan sebagai acuan untuk menentukan ukuran truss yang paling ekonomis. Permodelan sistem truss yang digunakan dalam SAP dapat dilihat pada gambar 8



Gambar 8. Dimensi Sistem Truss

Hasil dan Pembahasan

Tabel 3. Ukuran ukuran Profil Yang dipakai

Jadi dari hasil kajian studi diperoleh ukuran profil sebagai berikut

Tipe Profil		Ukuran Profil Yang Digunakan
IWF		450x200x9x14
IWF Dengan Channel Cap	IWF	350x17x11x7
	Channel Cap	250x90x9x13
IWF Dengan Sistem Truss	Tie Beam	C150x50x20x5
	Truss	L50x50x5

Tabel 4. Perbandingan berat besi tiap runway beam

Dari ukuran profil yang didapat pada tabel 3 diperoleh berat besi dari tiap profil yaitu

Tipe Runway Beam	Panjang (m)	Berat/m (kg/m)	Total Berat (kg)
Tipe WF			
WF 450.200.9.14	6	76	456
Tipe WF + Channel Cap			
WF 400.200.8.13	6	66	396
UNP 250.90.9.13	6	34,6	207,6
		Total	603,6
Tipe Truss			
WF 396.199.7.11	6	56,5	339
L 50.50.5	4 x 2,6	3,77	24,8
L 50.50.5	3 x 0,725	3,77	8,2
C 150.20.3	6	6,37	38,22
		Total	410,22

Kesimpulan

Jadi dari tabel 4 dapat disimpulkan bahwa dari 3 jenis bentuk profil yang digunakan yaitu profil IWF, Profil IWF dengan Channe Cap serta profil I dengan bantuan sistem Truss. Profil I dengan Sistem truss merupakan profil yang paling ekonomis jika kita tinjau dari segi material dan juga dari segi keamanan. Hal ini di sebabkan karena pada truss terdapat tie beam yang direncanakan khusus untuk menahan torsi sehingga ukuran profil IWF yang dipakai menjadi kecil ,otomatis total berat besi berkurang

Referensi

- American Institute of Steel Construction (AISC) (2010) "Specification for Structural Steel" Building, 14thed., Chicago, IL.
- A.Y. T. Leung (2007) "Exact dynamic stiffness for axial – torsional buckling of structural frames ", Hong Kong
- Dongxiao Wu P. Eng. (Alberta Canada) (2012) "Crane Load and Crane Runway Beam Design"
- Duerr, Duerr, P.E. (2015). "Lateral-Torsional Buckling of Suspended I-Shape Lifting Beams, "Practice Periodical on Structural Design and Construction, vol. 21, No 1 "
- Dux, P.F., and Kitipornchai, S. (1990). "Buckling of Suspended I-Beams." Journal of structural Engineering, Vol. 116, No 7, pp. 1877-1891

- Paulus Karta Wijayadan Paulina Jacintha (2014) “Tekuk Torsi Lateral BalokKantiliver Non Pragmatis”,Bandung
- PrakashM.Mohite C. Karoo (2015) “Buckling Analysis of Cold Formed Steel For Beams” ,India
- Standar Nasional Indonesia(SNI) 03-1727-2013,Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Jakarta
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1729-2015, Spesifikasi untuk bangunan baja structural ,Jakarta
- Wiryanto Dewobroto (AISC) (2010) “Struktur Baja Perilaku , Analisis dan Desain” Luminas Press., April 2015
- Zdenek Kalla (2013) “Elastic Lateral – Torsional Buckling of Simply Supported Hot-Rolled Steel I-Beams with Random Imperfections”,Czech Republik