

PERENCANAAN PENYANGGA PIPA STRUKTUR BAJA PADA SISTEM PERPIPAAN *LPG* TERMINAL PLAN DEVELOPMENT PROJECT

Dycka Anugerah Susilo Puryantoro^{1*}, Adi Wirawan Husodo², Moch. Luqman Ashari³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1,2}*

Program Studi D-IV Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: dyckaanugrah19@gmail.com^{1*}; aw.husodo@gmail.com^{2*}; ashariluqman63@gmail.com^{3*};

Abstract - In one area, there is design consideration caused by land limitations in existing conditions. Some piping systems with stress by owner priority are designed with a BOP height of +1750 mm. therefore, to be able to place the pipe at the height required pipe support in the form of a steel structure with the type of goal post. But that height exceeds the height covered by the standard pipe support document. For that pipe support design requires analysis and determination of the IWF steel structure profile that can be used in order to get optimal result in terms of technical strength, stable, serviceable, and durable. The analysis will be carried out with reference SNI 1729;2015 using LRFD method. And to model and analyze pipe support design will be carried out with SAP2000 Version 20 software. From the analysis results obtained the optimal pipe support design is Goal Post 3 using beam profile H-125x125x6.5x9 and column H-200x200x8x12. The filler welding metal used is E7015, with the SMAW welding process. Base plate measuring 300 mm x 300 mm with a thickness of 5 mm. Four anchor bolts for base plate with M20 diameter and minimum length of 340 mm.

Keyword: Design, Pipe support, Steel Structure, LRFD, SAP2000

Nomenclature

A_1	Luas beton yang dibebani (mm ²)		
A_2	Luas tumpuan baja konsentris diatas penumpu beton (luas <i>base plate</i>) (mm ²)	R_n	Kekuatan nominal.
A_b	Luas nominal tubuh yang tidak berulir dari baut (mm ²)	R_u	Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK.
A_{las}	Luas efektif las (mm ²)	V_n	Kuat geser nominal (N)
F_{exx}	Kekuatan klasifikasi logam pengisi (MPa)	V_u	Kuat geser terfaktor/ultimate (N)
f_{nv}	Tegangan geser nominal dari Tabel J3.2 SNI 1729;2015 (MPa)	V_{ub}	Gaya geser yang terjadi pada masing-masing baut (N)
f'_c	Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)	ϕ	Faktor ketahanan
M_{nx}	Tahanan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x (N.mm)	ϕ_b	Faktor ketahanan untuk lentur (0,90)
M_{ny}	Tahanan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y (N.mm)	ϕ_{bp}	Faktor ketahanan tekan base plate (0,60)
M_{rx}	Tahanan momen lentur terfaktor terhadap sumbu x (N.mm)	ϕ_c	Faktor ketahanan untuk tekan (0,90)
M_{ry}	Tahanan momen lentur terfaktor terhadap sumbu y (N.mm)	ϕ_{las}	Faktor ketahanan geser untuk sambungan las (0,75)
M_n	Kekuatan lentur nominal (N.mm)	ϕ_{ub}	Faktor ketahanan geser untuk angkur Baut (0,75)
M_u	Kekuatan lentur perlu/ultimate (N.mm)	ϕ_v	Faktor ketahanan untuk geser (0,90)
n	Jumlah angkur baut pelat dasar		
P_n	Kuat tekan nominal komponen struktur (N)		
P_p	Reaksi tumpuan pada beton (N)		
P_u	kuat tekan perlu yang merupakan gaya aksial tekan akibat beban terfaktor (N)		

1. PENDAHULUAN

Pembangunan proyek terminal plan LPG tentu tidak dapat dilepaskan dari sistem perpipaan yang memiliki fungsi utama sebagai jalur transportasi fluida dari tempat satu ke tempat lainnya, atau dari *equipment* satu ke *equipment* lainnya untuk dapat dilakukan proses selanjutnya. Terdapat beberapa fluida yang mengalir pada sistem perpipaan tersebut diantaranya adalah fluida *Instrument Air*, *Utility Air*, *Diesel Fuel*, *Vapour*, *LPG*, dan *Fire Water*. Pada beberapa *line* pipa tersebut terdapat pertimbangan

desain yang disebabkan oleh keterbatasan lahan pada kondisi *existing*. Maka pada tahap *engineering, piping designer* mendesain beberapa pipa yang terdapat pada area tersebut di atas *pipe existing* dengan BOP (*Bottom of Pipe*) +1750 mm. Oleh karena itu, untuk dapat menempatkan pipa-pipa pada ketinggian tersebut dibutuhkan *pipe support* berupa struktur baja IWF dengan jenis *goal post*. Permasalahan yang terjadi yaitu terdapat beberapa pipa dengan fluida uap bertekanan (*vapour*), *LPG*, dan air didesain dengan ketinggian *routing* melewati batas yang ada dalam dokumen *pipe support standard* yaitu pada BOP +1750 mm. Untuk itu diperlukan analisa penentuan ukuran profil baja IWF yang dapat digunakan sebagai *pipe support* agar mendapatkan hasil yang optimal dari segi teknis cukup kuat, stabil, mampu layan, dan awet. Oleh karena itu, tujuan penulisan jurnal ini adalah untuk mendapatkan desain penyangga pipa tipe *goal post* dengan profil baja IWF yang optimal baik dari segi teknis maupun ekonomis sesuai dengan standard yang berlaku.

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Dalam jurnal ini penulis melakukan perencanaan penyangga pipa (*pipe support*) dengan menggunakan hasil analisa tegangan perpipaan untuk mendapatkan nilai beban yang diterima oleh penyangga pipa tersebut. Analisa tegangan pipa dilakukan pada beberapa *line number* berikut 300-6"-PV-A2A-100_sht_2, 300-12"-LPG-A2A-080_sht_1, dan 500-16"-FW-A1A-352_sht_2, dimana *line number* tersebut memberikan beban pada penyangga pipa. Analisa dilakukan dengan menggunakan *software* CAESAR II yang mengacu pada *code* ASME B31.3. *Output* dari analisa tegangan pipa yang akan diambil yaitu *restraint summary*. Nilai tersebut akan dimasukkan pada *software* SAP2000 versi 20 untuk dilakukan pemodelan dan analisa penyangga pipa. Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa penyangga pipa dengan menggunakan metode LRFD dengan mengacu pada standard SNI 1729:2015. Untuk variasi profil baja IWF akan mengacu pada standar penyangga pipa yang telah di sediakan pada dokumen perusahaan. Akan dilakukan perencanaan penyangga pipa tipe *goal post* dengan 4 variasi, dimana 4 variasi tersebut akan dilakukan analisa terlebih dahulu pada *software* SAP2000 versi 20 untuk melihat rasio keamanannya. Bila diterima maka akan dilakukan perhitungan kontrol keamanan dan pemilihan penggunaan profil baja IWF yang optimal. Selanjutnya akan dilakukan analisa untuk perencanaan sambungan pengelasan, dilanjutkan dengan perencanaan *base plate*, dan perencanaan baut angkur untuk *base plate*.

2.2 Metode LRFD

Dua filosofi yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja adalah perencanaan berdasarkan tegangan kerja/*working stress design*

(*Allowable Stress Design/ASD*) dan perencanaan kondisi batas limit states design (*Load and Resistance Factor Design/LRFD*). Metode ASD dalam perencanaan struktur baja telah digunakan dalam kurun waktu kurang lebih 100 tahun, dan dalam 20 tahun terakhir prinsip perencanaan struktur baja mulai beralih ke konsep LRFD yang jauh lebih rasional dengan berdasarkan pada konsep probabilitas. Dalam metode LRFD tidak diperlukan analisa probabilitas secara penuh, terkecuali untuk situasi-situasi tidak umum yang tidak diatur dalam peraturan [7]. Secara umum, suatu struktur dinyatakan aman apabila memenuhi persyaratan Persamaan (1) berikut:

$$\phi R_n \geq R_u \quad (1)$$

2.3 Pembebanan

2.3.1 Beban Mati

Pada *pipe support* atau *pipe rack* beban mati (*Dead Load*) di definisikan oleh IBC adalah berat bahan konstruksi atau struktur itu sendiri, tetapi tidak terbatas pada item yang ada pada struktur dan berat dari peralatan tetap seperti crane, tumpukan pipa dan pengumpan listrik dan lainnya [6]. Pada kasus ini beban mati terdiri dari DSW (*Dead Structure (Self) Weight*) adalah berat bahan yang membentuk struktur dan semua peralatan yang terpasang secara permanen dan DPO (*Dead Piping Operating*) adalah berat dari sistem perpipaan, isolasi perpipaan, *cable tray*, *process equipment* dan *vessel* dengan tambahan fluida yang terdapat di dalamnya (*Fluid Load*).

2.3.2 Beban Hidup

Beban hidup (*Live Load*) adalah beban yang dapat berpindah-pindah. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur.

2.3.3 Beban Termal

Beban termal (*Thermal Load*) didefinisikan dalam IBC sebagai "Kekuatan saring yang timbul dari kontraksi atau ekspansi akibat perubahan suhu." Beban termal dapat disebabkan oleh perubahan suhu sekitar atau mungkin disebabkan oleh desain (operasi) suhu pipa [6]. Pada kasus ini digunakan FF (*Pipe Friction Forces*) yang merupakan gaya gesekan pada bagian struktural *pipe support* yang disebabkan oleh geser pipa sebagai respons terhadap ekspansi termal karena suhu desain (pengoperasian) pipa. Pada pembebanan thermal ini digunakan beban dengan pembebanan terdistribusi yang nilainya 40% dari berat pipa terbesar yang mengalami pergerakan termal.

2.3.4 Beban Gempa

Efek gempa (*Earthquake Load*) berasal dari inersia internal yang arahnya horizontal yang disebabkan oleh adanya percepatan tanah (*ground acceleration*). Dalam penentuan gempa suatu bangunan diperlukan suatu tinjauan guna klasifikasi

jenis tanah dari batuan dasar pada lokasi situs tersebut.

2.4 Kombinasi Beban Yang Digunakan

Beban kombinasi pada analisa pipe support sistem perpipaan ini terdapat 9 beban kombinasi. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kombinasi Pembebanan Penyangga Pipa

Load Combination	Rumus	Reference
Load Comb1	1,4 D	SNI 1729;2015
Load Comb2	1,2 D + 1,6 L	SNI 1729;2015
Load Comb3	1,2 D + 1Ex + L	SNI 1729;2015
Load Comb4	1,2 D + 1Ez + L	SNI 1729;2015
Load Comb5	0,9 D + 1Ex	SNI 1729;2015
Load Comb6	0,9 D + 1Ez	SNI 1729;2015
Load Comb7	1 D + 1L + 1Ex	Load case foundation
Load Comb8	1 D + 1L + 1Ez	Load case foundation
Load Comb9	1,2 D + 1,2T + 1,6L	Journal Fourth Quarter 2010

2.5 Kontrol Kuat Geser

Kuat geser nominal pelat badan harus dihitung berdasarkan pasal G2.1 SNI 1729;2015 [2] dengan Persamaan (2) sebagai berikut.

$$V_u \leq \phi_v V_n \tag{2}$$

2.6 Kontrol Lateral Buckling

Tahanan lentur balok dalam desain LRFD harus memenuhi persyaratan SNI 1729;2015 [2] dengan Persamaan (3) sebagai berikut.

$$M_u \leq \phi_b M_n \tag{3}$$

2.7 Kontrol Lendutan

Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemenelemen yang didukung oleh struktur tersebut. Batas lendutan maksimum diberikan dalam Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Batas Lendutan Maksimum

Komponen Struktur dengan Beban Tidak Terfaktor	Beban Tetap	Beban Sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
Balok biasa	L/240	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	h/500	h/200
Kolom dengan analisis orde kedua	h/300	h/200

(sumber: Tabel 6.4-1 Batas Ledutan Maksimum) [4]

2.8 Kontrol Kekuatan Kolom

Suatu struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor harus memenuhi persyaratan Persamaan (4) berikut.

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_n \tag{4}$$

2.9 Kontrol Kuat Tekan Lentur

Perencanaan komponen struktur balok-kolom, diatur dalam SNI 1729;2015 [2] Bab H yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan Persamaan 5 dan 6 berikut.

a) Untuk $\frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,2$:

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \tag{5}$$

b) Untuk $\frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0,2$:

$$\frac{P_u}{2 \phi_c P_n} + \left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \tag{6}$$

2.10 Sambungan Pengelasan

Sambungan dalam suatu struktur sambungan direncanakan harus lebih kuat dari kekuatan batang, hal ini sebagai antisipasi terhadap kegagalan sambungan. Persyaratan umum seperti Persamaan 1. Tetapi untuk menghitung tahanan nominal pengelasan menggunakan Persamaan (7).

$$R_n = \phi_{las} A_{las} 0,6 F_{exx} \tag{7}$$

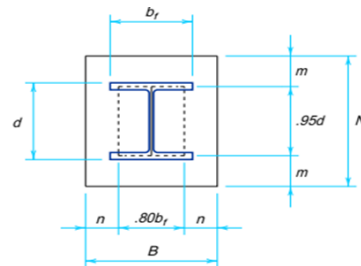
2.11 Perencanaan Pelat Dasar

Pada perencanaan pelat dasar (*base plate*) akan mengacu pada AISC volume II [1] dengan metode LRFD. Beberapa variabel untuk perencanaan pelat dasar dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah. Untuk kontrol tekan pada *base plate* dapat menggunakan Persamaan (8).

$$P_u \leq \phi_{bp} P_P \tag{8}$$

Dimana,

$$P_P = 0,85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \tag{9}$$



Gambar 1. Variabel Desain Base Plate (Sumber : AISC Vol II) [1]

2.12 Perencanaan Angkur Pelat Dasar

Baut angkur diperlukan untuk semua pelat dasar (*baseplate*). Baut angkur digunakan untuk memperkuat semua pelat dan untuk mencegah kolom terbalik. Baut angkur juga diperlukan ketika pelat menerima beban yang besar atau uplift. Menghitung gaya tahanan nominal satu baut yang memikul gaya geser dengan Persamaan (10) berikut.

$$V_n = \phi_{ub} f_{nv} A_b \tag{10}$$

Dengan kontrol tahanan geser pada satu angkur baut seperti pada Persamaan (11).

$$V_{ub} < V_n \tag{11}$$

Dimana,

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} \tag{12}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Desain dan Properti Material

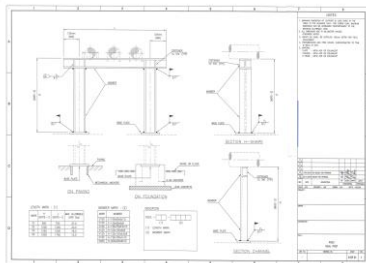
Pada penelitian kali ini penyangga pipa dengan tipe *Goal post* menggunakan profil baja IWF Struktur baja tersebut memiliki spesifikasi material ASTM A36 seperti pada Tabel 4. Untuk berat masing-masing struktur atau DSW (*Dead Structure (Self) Weight*) yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 5. Dengan desain penyangga pipa yang mengacu pada dokumen perusahaan seperti pada Gambar 2.

Tabel 4. Data Desain Penyangga Pipa

Parameter	Nilai	Satuan
Poisson Ratio (U)	0,3	-
Modulus of Elasticity (E)	199947,98	N/mm ²
Shear Modulus (G)	76903,07	N/mm ²
Coefficient of Thermal Expansion (A)	0,117	10 ⁻⁶ /°C
Minimum Yield Stress (Fy)	250,0000	N/mm ²
Minimum Tensile Stress (Fu)	399,8960	N/mm ²
Expected Yield Stress (Fye)	372,3169	N/mm ²
Expected Tensile Stress (Fue)	439,8856	N/mm ²

Tabel 5. DSW (*Dead Structure (Self) Weight*)

IWF-Profil	Nilai	Satuan
H-100x100x6x8	17,19	Kg/m
H-125x125x6,5x9	23,79	Kg/m
H-150x150x7x10	31,51	Kg/m
H-200x200x8x12	49,87	Kg/m



Gambar 2. Desain Goal Post Pipe Support

3.2 Pembebanan Dead Piping Operating

Setelah melakukan analisa tegangan pada sistem perpipaan dan memastikan bahwa sistem perpipaan aman dari terjadinya tegangan yang berlebihan (*overstress*), maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisa penyangga pipa dengan profil baja IWF. *Output* CAESAR II yang dapat diambil adalah nilai *restraint summary* yang terdapat pada masing-masing *line number*. Nilai tersebut telah dirangkum pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. DPO (*Dead Piping Operating*)

Line number 300-6"-PV-A2A-100			
Load case	FX N,	FY N,	FZ N,
Operating (OPE)	338	-531	-1950

Sustained (SUS)	159	-55	-1917
Occasional (OCC)	508	-187	-1911
Expansion (EXP)	200	-534	391
Load Max (N)	508	-534	-1950

Line number 300-12"-LPG-A2A-080

Load case	FX N,	FY N,	FZ N,
Operating (OPE)	937	-2532	-7378
Sustained (SUS)	-271	-68	-7086
Occasional (OCC)	1704	-84	-7184
Expansion (EXP)	700	-2465	1962
Load Max (N)	1704	-2532	-7378

Line number 500-16"-FW-A1A-352

Load case	FX N,	FY N,	FZ N,
Operating (OPE)	-1467	13728	-12754
Sustained (SUS)	-405	-152	-13118
Occasional (OCC)	2499	-138	-13476
Expansion (EXP)	-1062	13879	5039
Load Max (N)	2499	13879	-13476

3.3 Pembebanan Pipe Pressure Operating

Pipe pressure operating merupakan salah satu beban hidup (*Live Load*). Nilai dari beban ini dihasilkan dari gaya yang diakibatkan oleh tekanan fluida pipa searah sumbu Y. Dan nilai dan pemodelannya sesuai pada Tabel 7.

Tabel 7. PPO (*Pipe Pressure Operating*)

Pipe Pressure Operating (PPO)	Berat	Satuan
Pipa 300-6"-PV-A2A-100	534	N
Pipa 300-12"-LPG-A2A-080	2532	N
Pipa 500-16"-FW-A1A-352	13879	N
Total Beban Hidup (L)	16945	N

3.4 Pembebanan Pipe Friction Force

FF (*Pipe Friction Forces*) merupakan salah satu beban termal (*Thermal Load*). Mengacu pada "*calculation report utility steel pipe rack*, oleh PetroChina International Jabung Ltd." Gaya gesekan yang dikenakan pada pipe support beam dan sleepers karena beban termal sistem perpipaan harus sebagai berikut:

- 1) Untuk 4 pipa atau lebih, nilai Pipe Friction Forces adalah 10% dari beban vertikal saat kondisi operasi.
- 2) Untuk 1 sampai 3 pipa, nilai Pipe Friction Forces adalah 30% dari beban vertikal saat kondisi operasi.

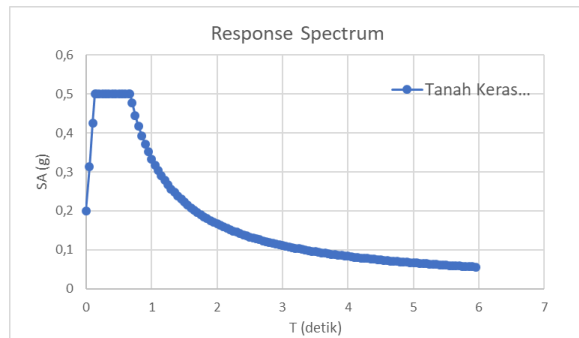
Gaya gesekan pada arah melintang harus berlaku sebagai beban terkonsentrasi atau terpusat pada setiap tingkat balok (*beam*).

Tabel 8. FF (*Pipe Friction Force*)

Pipe Friction Forces (FF)	X Dir.	Y Dir.	Satuan
Pipa 300-6"-PV-A2A-100	585	585	N
Pipa 300-12"-LPG-A2A-080	2213,4	2213,4	N
Pipa 500-16"-FW-A1A-352	4042,8	4042,8	N
Total Beban Thermal (T)	6841,2	6841,2	N

3.5 Pembebanan Response Spectrum

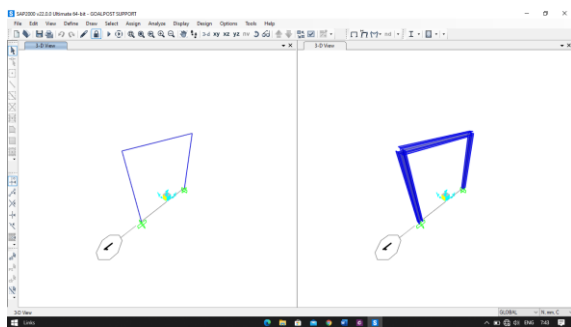
Parameter yang digunakan dalam perencanaan pembebanan gempa pada struktur gedung menurut SNI 1726–2012 [3] adalah kelas lokasi tanah, Koefisien implikasi getaran, dan parameter respon spectra. Dan Gambar 3 merupakan respon spectrum area proyek.



Gambar 3. Response Spectrum Area Proyek

3.6 Hasil Desain Pemodelan SAP2000

Hasil dari pemodelan SAP2000 dapat berupa joint displacement, momen, gaya geser, dan gaya tekan atau gaya tarik pada struktur portal terhadap beban yang bekerja (beban luar dan beban gravitasi). Selain itu juga dapat memunculkan nilai rasio desain pada profil struktur baja untuk menyatakan keamanan. Nilai keamanan rasio adalah kurang dari 1 (< 1). Pada Tabel 10 menunjukkan nilai dari output program SAP2000 tentang rasio keamanan profil baja IWF yang direncanakan. Dan hasil pemodelan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan Pipe Support

Tabel 10. Hasil Rasio Balok Kolom Yang Direncanakan

Tipe Goal Post yang Direncanakan	Rasio	Keterangan
Goal Post 1		
Balok H-100x100x6x8	1,434	Rejected
Kolom H-150x150x7x10	1,624 (L) 0,861 (R)	Rejected
Goal Post 2		
Balok H-125x125x6.5x9	0,753	Accepted
Kolom H-150x150x7x10	1,624 (L) 0,861 (R)	Rejected
Goal Post 3		
Balok H-125x125x6.5x9	0,753	Accepted

Kolom H-200x200x8x12	0,780 (L) 0,417 (R)	Accepted
Goal Post 4		
Balok H-150x150x7x10	0,486	Accepted
Kolom H-200x200x8x12	0,775 (L) / 0,411 (R)	Accepted

Pada Tabel 10 diatas diketahui terdapat 4 variasi model goal post pipe support yang akan di direncanakan. Dari keempat variasi desain tersebut goal post 3 dan 4 yang dapat dipilih sebagai rekomendasi profil baja IWF serta dilakukan tahap cek kontrol keamanan sesuai SNI 1729;2015. Goal post 1 dan 2 tersebut ditolak karena memiliki ratio yang melebihi angka 1 (> 1).

3.7 Perhitungan Balok Kolom Goal Post 3

Perhitungan dengan metode LRFD sesuai SNI 1729;2015 menghasilkan nilai sesuai pada Tabel 11 berikut. sedangkan perhitungan kolom pada Tabel 12.

Tabel 11. Perhitungan Balok Goal Post 3

Hasil Perhitungan	Nilai	Allowable	Keterangan
Kontrol kuat geser (N)	19766,45	109687,5	Accepted
Kontrol lateral buckling (N.mm)	5889049	33525000	Accepted
Kontrol ledutan (mm)	0,4788	4,861	Accepted
Pemeriksaan interaksi lentur geser	0,288	1,375	Accepted

Tabel 12. Perhitungan Kolom Goal Post 3

Hasil Perhitungan	Nilai	Allowable	Keterangan
Kolom 1 (kiri)			
Kontrol kuat geser (N)	4166	216000	Accepted
Kontrol lateral buckling (N.mm)	5692567	115425000	Accepted
Kontrol ledutan (mm)	0,085	3,5	Accepted
Kontrol kekuatan kolom (N)	20937,18	1407781	Accepted
Kontrol kombinasi kuat lentur dan aksial)	0,801	1	Accepted
Kolom 2 (kanan)			
Kontrol kuat geser (N)	7668,83	216000	Accepted
Kontrol lateral buckling (N.mm)	5889049	115425000	Accepted
Kontrol ledutan (mm)	0,0486	3,5	Accepted
Kontrol kekuatan kolom (N)	13916,1	1407781	Accepted
Kontrol kombinasi kuat lentur dan aksial)	0,405	1	Accepted

3.8 Perhitungan Balok Kolom Goal Post 4

Perhitungan dengan metode LRFD sesuai SNI 1729;2015 menghasilkan nilai sesuai pada Tabel 13 berikut. sedangkan perhitungan kolom pada Tabel 14.

Tabel 13. Perhitungan Balok Goal Post 4

Hasil Perhitungan	Nilai	Allowable	Keterangan
Kontrol kuat geser (N)	19683	141750	Accepted
Kontrol lateral buckling (N.mm)	6191079,5	54000000	Accepted
Kontrol ledutan (mm)	0,3003	4,861	Accepted
Pemeriksaan interaksi lentur geser	0,201	1,375	Accepted

Tabel 14. Perhitungan Kolom *Goal Post 4*

Hasil Perhitungan	Nilai	Allowable	Keterangan
Kolom 1 (kiri)			
Kontrol kuat geser (N)	3838,63	216000	Accepted
Kontrol <i>lateral buckling</i> (N.mm)	5119150,3	115425000	Accepted
Kontrol ledutan (mm)	0,0731	3,5	Accepted
Kontrol kekuatan kolom (N)	20854,35	1407781	Accepted
Kontrol kombinasi kuat lentur (lentur dan aksial)	0,795	1	Accepted
Kolom 2 (kanan)			
Kontrol kuat geser (N)	7389,15	216000	Accepted
Kontrol <i>lateral buckling</i> (N.mm)	6191079,5	115425000	Accepted
Kontrol ledutan (mm)	0,0493	3,5	Accepted
Kontrol kekuatan kolom (N)	14752,6	1407781	Accepted
Kontrol kombinasi kuat lentur (lentur dan aksial)	0,409	1	Accepted

Pada hasil perhitungan *goal post 3* dan *goal post 4* menunjukkan bahwa keduanya cukup kuat dan mampu layan. Ditunjukkan dengan momen *ultimate (Mu)* yang diterima balok lebih kecil dari momen nominal (ϕMn). Tetapi nilai momen nominal yang dimiliki balok pada penyangga pipa *goal post 4* terlalu besar dibandingkan dengan *goal post 3* hal ini yang akan menyebabkan boros dalam pemilihan material dan menyebabkan biaya jauh lebih mahal. Jadi untuk menekan nilai ekonomis penggunaan penyangga pipa tipe *goal post 3* lebih disarankan.

3.9 Perhitungan Sambungan Pengelasan

Berdasarkan SNI 1729;2015 logam pengisi untuk material ASTM A36 dengan tebal kurang dari $\frac{3}{4}$ " dapat menggunakan logam pengisi E7015 ksi. proses pengelasan direncanakan menggunakan metode SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Tipe pengelasan disesuaikan dengan dokumen perusahaan yaitu *fillet weld* dengan pad 6 mm.

Tabel 15. Perhitungan Sambungan Pengelasan

Parameter	Nilai	Satuan
Tebal efektif (throat) (te)	4,24	mm
L1	250	mm
L2	284	mm
L3	300	mm
Ltotal	834	mm
A pengelasan	3537,828	mm ²
Tahanan nominal pengelasan	767354,893	N
Nilai keamanan kontrol geser	7668,83	N

3.10 Perhitungan Pelat Dasar

Perencanaan dan perhitungan pelat dasar (*base plate*) didapatkan hasil seperti pada Tabel 16.

Tabel 16. Perhitungan Pelat Dasar

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang (N)	300	mm
Lebar (B)	300	mm
Tebal pelat (tp)	5	mm
Luas pelat dasar (A1)	90000	mm ²
Luas Pondasi (A2)	360000	mm ²
Tahanan nominal tekan (Pp)	2754000	N
Gaya tekan maksimum (Pmax)	20937,18	N

3.11 Perhitungan Angkur Pelat Dasar

Pada jurnal ini direncanakan angkur baut yang digunakan adalah baut mutu tinggi dengan tipe material ASTM A325. Hasil yang didapatkan seperti pada Tabel 17 berikut ini.

Tabel 17. Perhitungan Angkur Pelat Dasar

Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah angkur yang direncanakan	4	buah
Material angkur	ASTM A325	-
Kekuatan tarik nominal (Fnt)	620	MPa
Kekuatan geser nominal (Fnv)	372	MPa
Diameter baut yang direncanakan	M20	-
Gaya geser pada angkur baut	1917,2075	N
Gaya tahanan nominal	87650,435	N
Panjang angkur baut minimum (Lmin)	340	mm

4. KESIMPULAN

Desain penyangga pipa (*pipe support*) yang optimal adalah *Goal Post 3* dengan menggunakan profil balok H-125x125x6.5x9 dan kolom H-200x200x8x12. Dengan rasio 0.685 untuk balok, dan untuk kolom 0.732 (kiri), 0.412(kanan). Dengan sambungan las menggunakan logam pengisi E7015, proses pengelasan SMAW. Pelat dasar yang digunakan berukuran 300 mm x 300 mm dengan tebal 5 mm. Sambungan baut angkur untuk *base plate* sebanyak 4 buah dengan diameter M20 dengan Panjang angkur baut minimum 340 mm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] AISC, 2005. *Specification for Structural Steel Building*, Chicago, American Institute of Steel Construction.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. 2015. SNI 1729-2015 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktural Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- [4] Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-1729-2002 *Tata cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Drake, M. R. and Walter, J. R. (2010), *Design of Structural Steel Pipe Racks*, ENGINEERING JOURNAL / FOURTH QUARTER.
- [6] ICC (2009), *International Building Code*, International Code Council, Whittier, CA.
- [7] Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Load Resistance and Factor Design)*. Jakarta: Erlangga.