

Perencanaan *Pipe Rack* Struktur Baja dengan Metode *LRFD (Load Resistance and Factor Design) ANSI/AISC 360-10* pada Sistem Perpipaan *Air Separation Plant*

Moch. Dimas Pratama^{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: dimas.pratama@gmail.com^{1*}; aw.husodo@gmail.com^{2*}; ashariluqman63@gmail.com^{3*};

Abstract – The piping system designed to convey Cooling Water Return, Cooling Water Supply, and Nitrogen Gas in a specific area considers pipe design in the constraints of limited space. Thus, the pipes are designed with BOP (Bottom of Pipe) elevations of +2600 mm and +4800 mm. To accommodate these heights, a steel structure pipe rack is required. Pipe rack steel structure design are conducted according to ANSI/AISC 360-10:2010 standards using STAADPro Edition 22 software for steel structure analysis employing the LRFD (Load Resistance and Factor Design) method. For that pipe rack design requires analysis and determination of the W-shape steel structure profile that can be used in order to get optimal result in terms of technical strength, stable, serviceable, and durable. This final project aims to obtain an optimal W-shape steel structure profile from a technical perspective and in compliance with applicable standards. From the analysis results obtained the optimal pipe rack design is W-shape 6X15, with filler metal E7015 for welding joints using the SMAW process, and a base plate measuring 25.5 cm x 25.5 cm with a thickness of 1 cm, featuring 4 anchor bolts with a diameter of M18 and a minimum length of 30.6 cm.

Keyword: Pipe Rack structure analysis, STAADPro V22, AISC 360-10:2010

Nomenclature

S_L	Tegangan Akibat Beban Sustain (KPa)	M_{ny}	Tahanan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y (N.mm)
S_a	Stress Due to Sustained Longitudinal Force (KPa)	M_{rx}	Tahanan momen lentur terfaktor terhadap sumbu x (N.mm)
S_b	Stress Due to Sustained Bending Moments (KPa)	M_{ry}	Tahanan momen lentur terfaktor terhadap sumbu y (N.mm)
S_t	Stress Due to Sustained Torsional Moments (KPa)	M_n	Kekuatan lentur nominal (N.mm)
S_A	Tegangan izin untuk ekspansi termal, (KPa).	M_u	Kekuatan lentur perlu/ultimate (N.mm)
A_1	Luas beton yang dibebani (mm ²)	n	Jumlah angkur baut pelat dasar
A_2	Luas tumpuan baja konsentris diatas penumpu beton (luas <i>base plate</i>) (mm ²)	P_n	Kuat tekan nominal komponen struktur (N)
A_b	Luas nominal tubuh yang tidak berulir dari baut (mm ²)	P_p	Reaksi tumpuan pada beton (N)
A_{las}	Luas efektif las (mm ²)	P_u	Kuat tekan perlu yang merupakan gaya aksial tekan akibat beban terfaktor (N)
F_{exx}	Kekuatan klasifikasi logam pengisi (KPa)	R_n	Kekuatan nominal.
f_{nv}	Tegangan geser nominal dari Tabel J3.2 AISC-360:2010 (KPa)	R_u	Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK.
f'_c	Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (KPa)	V_n	Kuat geser nominal (N)
M_{nx}	Tahanan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x (N.mm)	V_u	Kuat geser terfaktor/ultimate (N)
		V_{ub}	Gaya geser yang terjadi pada masing-masing baut (N)
		\emptyset	Faktor ketahanan

ϕ_b	Faktor ketahanan untuk lentur (0,90)
ϕ_{bp}	Faktor ketahanan tekan base plate (0,60)
ϕ_c	Faktor ketahanan untuk tekan (0,90)
ϕ_{las}	Faktor ketahanan geser untuk sambungan las (0,75)
ϕ_{ub}	Faktor ketahanan geser untuk angkur Baut (0,75)
ϕ_v	Faktor ketahanan untuk geser (0,90)

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Air Separation Plant baru dengan kapasitas 7000 Mould di Batang, Jawa Tengah, dilakukan untuk meningkatkan produksi gas industri. Proyek ini melibatkan sistem perpipaan yang memiliki fungsi sebagai jalur transportasi fluida seperti *Cooling Water Return*, *Cooling Water Supply*, dan *Nitrogen gas*. Harus mempertimbangkan desain pipa yang terbatas oleh keterbatasan lahan, sehingga dibutuhkan *pipe rack* berupa struktur baja untuk menempatkan pipa pada ketinggian yang sesuai. Analisis dan desain *pipe rack* dilakukan dengan mengacu pada standard ASME B31.3 dan ANSI/AISC 360-2010, serta menggunakan *software* Caesar II dan STAADPro Edition 22 untuk menentukan ukuran struktur baja profil *W-shape* yang optimal dan sesuai dengan prioritas stress yang sesuai. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan suatu profil *W-shape* struktur baja yang optimal dari segi teknis dan sesuai dengan standard yang berlaku. Analisa yang dilakukan meliputi analisa tegangan pipa pada line yang memberikan *force* dan *moment* pada *pipe rack* yaitu 4 GN-103-600-0.6CsA-C, GN-3202-300-4CsA, CWS-3201-500-1CsA dan CWR-3201-500-1CsA. Analisa tegangan sistem perpipaan akan mengacu pada *code and standard* ANSI/ASME B31.3, sedangkan untuk melakukan desain *piprack* struktur baja mengacu pada ANSI/AISC 360-10:2010 dengan metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*).

2. METODOLOGI

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini mengangkat permasalahan analisis Tegangan pipa dan desain *pipe rack* dengan tipe steel structure untuk mendapatkan desain yang optimal. penulis melakukan perencanaan penyangga pipa (*pipe rack*) dengan menggunakan hasil analisa tegangan perpipaan untuk mendapatkan nilai beban yang diterima oleh penyangga pipa tersebut. Analisa tegangan pipa dilakukan pada 4 *line number* berikut GN-103-600-0.6CsA-C, GN-3202-300-4CsA, CWS-3201-500-1CsA dan CWR-3201-500-1CsA. 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* STAADPro versi 22 untuk dilakukan pemodelan dan analisa *pipe rack*. Tahap selanjutnya adalah pemilihan profil beam dan column dengan laod diagram (*AISC Formula*). Untuk spesifikasi dimensi profil baja *W-Shape* akan mengacu pada standar penyangga pipa yang telah di sediakan pada dokumen perusahaan. Akan dilakukan analisa dengan pemilihan dimensi dengan *software* STAADPro versi 22 untuk melihat rasio keamanannya. melakukan analisa *pipe rack* dengan menggunakan metode LRFD dengan mengacu pada standard AISC 360-10:2010. Bila diterima maka akan dilakukan perhitungan kondisi keamanan dan pemilihan penggunaan profil baja *W-shape* 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

Metode 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 (4) 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 Angin

Beban Angin (*Wind Load*) didefinisikan dalam IBC sebagai “Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagiannya karena adanya selisih tekanan udara (hembusan angin kencang).[6].

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 Pemilihan Pofil Beam

Memasukan nilai Bending moment maksimum untuk mendapatkan nilai section modulus menggunakan formula Flexure dengan Persamaan sebagai berikut:

$$S_x = \frac{M}{S_{b(alt)}} \tag{2}$$

Menghitung Sheer stress menggunakan Persamaan berikut

$$S_s = \frac{V}{dt_w} \tag{3}$$

2.5 Pemilihan Profil Column

Melakukan estimasi perkiraan luas yang dibutuhkan ditentukan dengan persamaan berikut :

$$A_{app.req} = \frac{P}{app.S_{a(alt)}} \tag{4}$$

Menghitung critical axial load yang diijinkan menggunakan Persamaan berikut:

$$P_a = S_{a(alt)} A \tag{5}$$

Untuk

Pa>P jika Pa lebih besar maka OK

2.6 Kombinasi Beban Yang Digunakan

Beban kombinasi pada analisa pipe support sistem perpipaan ini terdapat 9 beban kombinasi. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan Penyangga Pipa

Load Combinatio n	Rumus	Reference
Load Comb1	1,4 D	AISC360-2010
		:
Load Comb2	1,2 D + 1,6 L	AISC360-2010
		:
Load Comb3	1,2 D + 1Ex + L	AISC360-2010
		:

Load Comb4	1,2 D + 1Ez + L	AISC360-2010
		:
Load Comb5	0,9 D + 1Ex	AISC360-2010
		:
Load Comb6	0,9 D + 1Ez	AISC360-2010
		:
Load Comb7	1 D + 1L + 1Ex	AISC360-2010
		:
Load Comb8	1 D + 1L + 1Ez	AISC360-2010
		:
Load Comb9	1,2 D + 1,2T+ 1,6L	AISC360-2010
		:

2.7 Shear Strength

Shear Strength dihitung berdasarkan *Section G2. AISC 360-10* [2] dengan Persamaan (9) sebagai berikut.

$$V_u \leq \phi_v V_n \tag{9}$$

2.8 Lateral Buckling

Tahanan lentur balok dalam desain LRFD harus memenuhi persyaratan *Section F2. AISC 360-10* [2] dengan Persamaan (6) sebagai berikut.

$$M_u \leq \phi_b M_n \tag{6}$$

2.9 Compression Strength Column

Compression Strength Coulmn dihitung berdasarkan *section E2 AISC360-10* [2] gaya tekan Section konsentris, akibat beban terfaktor harus memenuhi persyaratan Persamaan (7) berikut.

$$P_u \leq \phi_c P_n \tag{7}$$

2.10 Bending momen dan Axial Force

Perencanaan komponen struktur balok-kolom, diatur dalam *Chapter H AISC 360-10* [2] yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami *bending momen* dan *axial force* harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan Persamaan 8 dan 9 berikut.

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

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

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

$$\frac{P_u}{2 \phi_c P_n} + \left[\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1, 0 \tag{9}$$

2.11 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 (10).

$$R_n = \phi_{las} A_{las} 0, 6 F_{exx} \tag{10}$$

2.12 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 (11).

$$P_u \leq \phi_{bp} P_p \tag{11}$$

Dimana,

$$P_p = 0,85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \tag{12}$$

2.13 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 (13) berikut.

$$V_n = \phi_{ub} f_{nv} A_b \tag{13}$$

Dengan kontrol tahanan geser pada satu angkur baut seperti pada Persamaan (14).

$$V_{ub} < V_n \tag{14}$$

Dimana,

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} \tag{15}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Desain dan Properti Material

Pada penelitian kali ini *pipe rack* menggunakan profil baja W6x15 Struktur baja tersebut memiliki spesifikasi material ASTM A36 seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Desain Penyangga Pipa

Parameter	Nilai	Satuan
Poisson Ratio (U)	0,3	-
Modulus of Elasticity (E)	199947,9	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

3.2 Pembebanan Dead Piping Operating

Setelah melakukan analisa tegangan pada sistem perpipaan dan memastikan bahwa sistem perpipaan aman dari terjadinya tegangan yang berlebih (*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 3 berikut ini.

Tabel 3. DPO (*Dead Piping Operation*)

Beban	Berat	Satuan
Dead Piping Operating (DPO)		
Pipe GN-103	1347,17	Kg
Weight Of Piping + Fluid (FY)		
Pipe GN-3203	549,75	Kg
Weight Of Piping + Fluid (FY)		
Pipe CWR-3201	3467,3	Kg
Weight Of Piping + Fluid (FY)		
Pipe CWS-3201	2704,8	Kg
Weight Of Piping + Fluid (FY)		
Total Dead Piping Operating (DPO)	8069,020	Kg

3.3 Live load

Menurut (*ASCE Sec7-10*), Beban hidup (*Live Load*) adalah beban yang dihasilkan oleh penggunaan dan hunian bangunan tetapi tidak termasuk beban angin, beban salju, beban hujan, beban gempa, dan beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan ini hanya beban manusia. beban manusia dilihat pada peraturan pembebanan PIP (*process industry practices structural*) ya itu beban terpusat 100 kg.

3.4 Wind Load

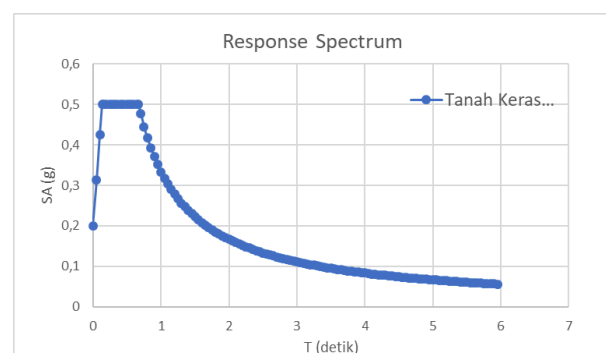
Indonesia memiliki rata-rata kecepatan angin 40m/s. Bangunan yang berada pada daerah Batang Jawa Tengah dengan kondisi area terbuka, seperti tepi pantai, padang rumput, atau gurun yang tidak memiliki penghalang signifikan, masuk dalam kategori Exposure D sesuai dengan ASCE 7-10 section 26.7. mendapatkan hasil beban angin pada tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. *Wind Load*

Loads For colom	Units	Nilai
Windward	Kg/m	13,02
Leeward	Kg/m	7,60
Sideward	Kg/m	10,63
Loads For Beam		
Wind Load	Kg/m	16,02

3.5 Earthquake Load

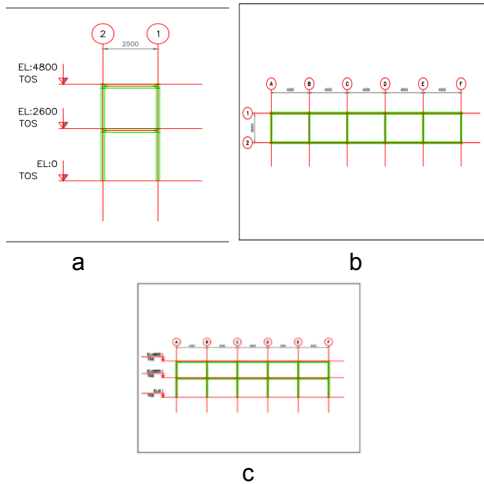
Parameter yang digunakan dalam perencanaan pembebanan gempa pada struktur gedung menurut ASCE sec 7-10 [3] adalah kelas lokasi tanah, Koefisien implikasi getaran, dan parameter respon spectra. Gambar 1 merupakan respon spectrum area proyek.



Gambar 1. *Response Spectrum Area Proyek*

3.6 Desain Pipe Rack

Desain detail *drawing pipa rack* pada Gambar 2 menunjukkan detail tampak depan, menunjukkan detail tampak atas dan menunjukkan detail tampak samping.



Gambar 2. Desain Detail Drawing Pipa Rack Tampak Depan (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping (c)

3.7 Pemilihan Profil Beam & Column

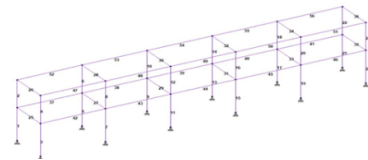
Pemilihan *beam* dan *column* didapatkan dengan menggunakan nilai S_x untuk *beam* dan nilai A pada *column* pada Tabel 5 menunjukkan dimensi pemilihan profil W6X15 sebagai berikut

Tabel 5 : Dimensi Profil W6X15

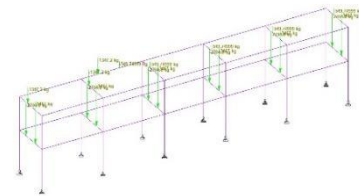
Dimensi	Nilai	Satuan	Dimensi	Nilai	Satuan
A	28,6	cm ²	W	2200	Kg/cm
D	15.21	Cm	I _x	1211	cm ⁴
Bf	15.21	Cm	I _y	388	cm ⁴
Tw	0.58	Cm	R _x	6.5	cm
K	1.3	Cm	R _y	3.68	cm
K ₁	1.91	Cm	S _x	159	cm ³
k ₁	1.43	cm	S _y	51	cm ³
T	11.43	cm	Z _y	78	cm ³
Z _x	177	cm ³	T _f	0.72	cm
			R _{ts}	4.22	cm

3.8 Hasil dan Desain Pemodelan STAADPro 22

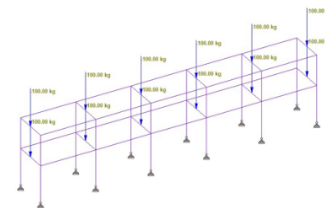
Membuat geometri Pipe rack dengan profil W6x15 untuk beam dan column menggunakan spesifikasi ASTM A36 dan pemilihan tumpuan Pinned. Di tunjukan pada Gambar 3. Melakukan input *Dead load* ditunjukkan pada Gambar 4. Beban *live load* ditunjukkan pada Gambar 5. Beban *wind load* ditunjukkan pada Gambar 6 dan beban *seismic load* pada Gambar 7.



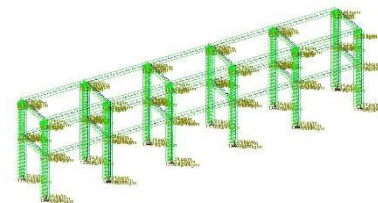
Gambar 3. Gambar Structur Geometri



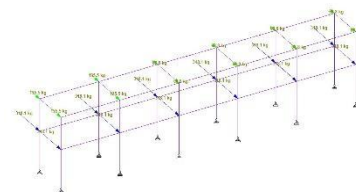
Gambar 4. Dead Load



Gambar 5. Live Load



Gambar 6. Wind Load



Gambar 7. Seismic Load

3.9 Perhitungan Beam Metode LRFD

Pada perhitungan penampang balok (*beam*) akan dilakukan untuk menganalisa *Cross Section* pada kondisi *Axial Force* dan pada *Bending Momen*, *Shear Strenth*, *lateral buckling*, *deflection control* dan kombinasi *Flexure* dan *Shear Force*. Pada Tabel 6 ditampilkan rangkuman perhitungan manual pada elemen *beam 25*

Tabel 6. Rangkuman Perhitungan Profil Beam 2

Hasil Perhitungan	Nilai	Allowable	Keterangan	Code and standard / Reference	
Beam 25					
Kondisi Cross Section terhadap Axial Force	Flange	10,5625	15,894	Accepted	AISC 360-10:2010
	Web	19,7069	42,29	Accepted	AISC 360-10:2010
Kondisi Cross Section terhadap Bending moment .	Flange	10,563	10,785	Accepted	AISC 360-10:2010
	Web	19,707	106,335	Accepted	AISC 360-10:2010
Shear Strength (kg)	4524,9	12057,11	Accepted	AISC 360-10:2010	
lateral buckling (kg-cm)	123803,3	403188,3	Accepted	AISC 360-10:2010	
deflection (cm)	0,5	0,69	Accepted	AISC 360-10:2010	
Kombinasi Flexure dan Axial Force.	0,54	1,375	Accepted	AISC 360-10:2010	

3.10 Perhitungan Column Metode LRFD

Untuk perhitungan kolom tidak jauh berbeda dengan perhitungan beam. Pada perhitungan profil kolom (*Column*) akan dilakukan untuk menganalisa *Cross Section* pada kondisi *Axial Force* dan pada *Bending Momen*, *Shear Strenth*, *lateral buckling*, *drift control*, *Compression Strength column* dan kombinasi *Bending Momen* dan *Axial force*. Pada perhitungan dipilih elemen *Column* yang menerima *Force* paling maksimum yaitu pada elemen 6 dengan *Load Case* 11 yaitu 1,4D. Pada Tabel 7 ditampilkan rangkuman perhitungan manual pada elemen kolom 6.

Tabel 7. Rangkuman Perhitungan Profil Kolom 6

Hasil Perhitungan	Nilai	Allowable	Keterangan	Code and standard / Reference	
Elemen 6					
Kondisi Cross Section terhadap Axial Force	Flange	10,56	15,894	Accepted	AISC 360-10:2010
	Web	19,71	42,29	Accepted	AISC 360-10:2010
Kondisi Cross Section terhadap Bending moment .	Flange	10,56	10,747	Accepted	AISC 360-10:2010
	Web	19,71	106,719	Accepted	AISC 360-10:2010
Shear Strength (kg)	547	12057,11	Accepted	AISC 360-10:2010	
lateral buckling (kg-cm)	75027,4	403188	Accepted	AISC 360-10:2010	
Drift (cm)	0,3	0,5	Accepted	AISC 360-10:2010	
Compression Strength Colom	3310,4	28060,60	Accepted	AISC 360-10:2010	
Banding Momen and Axial Forceed	0,587	1	Accepted	AISC 360-10:2010	

3.11 Analisa Desain Sambungan Las

Berdasarkan AISC 360-10:2010, logam pengisi untuk material ASTM A36 dengan tebal kurang dari 3/4” dapat menggunakan logam pengisi sebesar 70 ksi. Proses pengelasan direncanakan menggunakan metode SMAW (Shield Metal Arc Welding) dengan tipe pengelasan fillet weld sesuai dengan dokumen perusahaan. Nilai tahanan nominal yang dihasilkan sebesar 65101,1 Kg lebih besar dari nilai keamanan kontrol geser sebesar 179,3 Kg, menunjukkan bahwa pengelasan yang direncanakan diterima.

3.12 Analisa Perencanaan Base Plate

Kolom yang digunakan sebagai pipe rack didasarkan pada pelat dasar (base plate) dengan dimensi kolom W6X15 yang dipilih berdasarkan analisa sebelumnya. Landasan base plate direncanakan menggunakan mutu beton $f'c = 30$ MPa. Perencanaan pelat dasar untuk kolom W6X15 menghasilkan panjang 60 cm, lebar 60 cm, dan luas 3595 cm² dengan luas pondasi 14380 cm². Pelat yang digunakan memiliki ketebalan 1 cm. Kontrol terhadap beban aksial juga memenuhi dengan tahanan nominal 18701 Kg dan gaya aksial maksimum 5610,4 Kg, sehingga dapat dikatakan aman.

3.13 Analisa Perhitungan Anchor

Angkur yang terpasang dalam tinjauan desain AISC 360-10:2010 Group A ditujukan untuk menahan gaya geser yang terjadi. Pada analisa ini direncanakan angkur baut yang digunakan adalah baut mutu tinggi dengan tipe material ASTM A325. Perencanaan angkur baut yang dilakukan dapat diterima karena nilai maksimum yang diterima oleh setiap angkur baut lebih kecil daripada nilai gaya tahanan nominal yang dimiliki angkur baut tersebut. Jadi, desain angkur baut diterima.

4. KESIMPULAN

Desain *Pipe rack* dengan menggunakan profil beam dan kolom W6X15. Dengan rasio 0,54 untuk nilai rasio *beam* tertinggi *output software* STAADPro V22 dan 0,560 untuk nilai rasio *Column* tertinggi *output software* STAADPro V22. Perhitungan manual *Beam* dan *Column* profil W6X15 menggunakan AISC-360-10 untuk *column* dengan rasio 0,587 dan untuk *beam* dengan rasio 0,54. dengan Dengan sambungan las menggunakan logam pengisi E7015, proses pengelasan SMAW. Pelat dasar yang digunakan berukuran 25,5cm x 25,5cm dengan tebal 1 cm. Sambungan baut angkur untuk base plate sebanyak 4 buah degan diameter M20 dengan Panjang angkur baut minimum 30,6 cm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Society of Civil Engineers. (2010). “Minimum Design Loads for Building and Other Structures”.
- [2] AISC 360-10. (2010). Specification for Structural Steel Building, Chicago, American Institute of Steel Construction.
- [3] American Society of Civil Engineers. (1999). “Specification for Structural Steel Beams with Web Openings”.
- [4] American Society of Civil Engineers. (2010). “Minimum Design Loads for Building and Other Structures”.
- [5] ICC (2009), *International Building Code*, Internasional Code Council, Whittier, CA.

- [6] Setiawan, Agus. (2008). Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002). Jakarta: Erlangga.
- [7] Smith, Paul R dan Van Laan, Thomas J. (1987). Piping and Pipe Support System, New York: McGraw Hill Book Companies Inc.
- [8] Spigel, L, F.George. (2004). Applied Statics and Strength Of Materials. U.S.A: Hudson Valley Community College