

DESAIN RAK TEMPAT PENYIMPANAN TABUNG GAS ARGON DENGAN KAPASITAS MAKSIMUM 3 TON

Design of the Argon Gas Storage Rack with a Maximum Load Capacity of 3 Tons

Basori^{1*}, Marsudi¹, Aldi Hari Tri Sakti Ridwan¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nasional, Jl. Sawomanila, Pejaten, Pasar Minggu, Jakarta Selatan, Indonesia.

* Email Korespondensi : basori@civitas.unas.ac.id

Artikel Info - : Diterima : 21-05-2023; Direvisi : 06-07-2023; Disetujui : 10-07-2023

ABSTRAK

Gas tungsten arc welding (GTAW) merupakan jenis pengelasan yang menggunakan gas argon sebagai gas pelindung pada proses pengelasan. Tabung gas argon umumnya memiliki bobot 100 kg sehingga sulit dimobilisasi dalam jumlah banyak ketika pekerjaan pengelasan berada pada ketinggian tertentu. Oleh karena itu perlu dibuat rak tempat penyimpanan yang mampu menampung dan menahan beban tabung gas beserta isinya serta dapat di mobilisasi pada ketinggian tertentu. Untuk mendapatkan tempat penyimpanan yang sesuai dengan kebutuhan, telah dilakukan perancangan yang meliputi desain awal, perhitungan kekuatan rangka, pemilihan material dan desain *lifting lug*, serta perhitungan sambungan las *lifting lug* dan baja *hollow*. Material rak yang digunakan baja jenis SS400, tegangan tekan yang terjadi akibat gaya yang bekerja pada baja *hollow* sebesar 91,124 MPa dan tegangan yang diterima base pelat 127,5 MPa, sedangkan tegangan tekan yang diizinkan material sebesar 152 MPa. Beban yang diterima *lifting lug* sebesar 33.866,6 N, dan tegangan tarik akibat gaya yang bekerja pada *lifting lug* sebesar 76,88 MPa, sedangkan tegangan tarik yang diizinkan sebesar 152 MPa, maka *lifting lug* dinyatakan aman untuk digunakan.

Kata Kunci: *Gas Bottle Rack, Displacement, Lifting Lug, Tegangan, Regangan*

ABSTRACT

Gas tungsten arc welding (GTAW) uses argon gas as a protective gas in the welding process. Argon gas cylinders weigh 100 kg, making it difficult to mobilize in large quantities when the welding work is at a certain height. Therefore it is necessary to create a storage area that is able to accommodate and withstand the load of gas cylinders and their contents and can be mobilized at a certain height. In order to get a suitable storage area, a design has been carried out, which includes calculating the strength of the frame, determining the material and design of the *lifting lug*, and calculating the welding connection of the *lifting lug* and hollow steel. The rack material used is SS400 type, the compressive stress that occurs due to the force acting on the hollow iron is 91.124 MPa and the stress received by the base plate is 127.5 MPa, while the allowable compressive stress for the material is 152 MPa. The load received by the *lifting lug* is 33,866.6 N, and the tensile stress due to the force acting on the *lifting lug* is 76.88 MPa, while the allowable tensile stress is 152 MPa, so the *lifting lug* is declared safe to use.

Keywords: *Gas Bottle Rack, Displacement, Lifting Lug, Stress, Strain*

1. Pendahuluan

Dalam dunia Industri terdapat suatu pekerjaan yang melibatkan sambungan dengan menggunakan mesin las, yakni sambungan besi atau logam yang disebut sambungan las. Proses penyambungan dilakukan dengan cara mencairkan logam penambah ke dalam daerah antara logam yang satu dengan lainnya hingga tersambung menjadi satu [1]. Terdapat beberapa jenis pengelasan logam, antara lain *gas tungsten arc welding (GTAW)*, *submerged arc welding (SAW)* *shielded metal arc welding (SMAW)*, dan *gas*

metal arc welding (GMAW) [2]–[5]. Dari beberapa jenis pengelasan yang telah disebutkan, ada dua jenis pengelasan yang menggunakan gas argon [6]. Las argon istilah lainnya adalah las *gas tungsten arc welding* (GTAW) atau jenis lainnya *gas metal arc welding* (GMAW) [7]. Pengelasan jenis ini, menggunakan gas argon sebagai pelindung pada prosesnya [8]. Gas argon biasanya ditempatkan pada sebuah wadah berbentuk tabung bertekanan yang dibuat dari pelat baja karbon [9]. Saat dilakukan proses pengelasan penempatan tabung gas menjadi perhatian khusus karena berkaitan dengan keselamatan dalam proses kerja. Reaksi antara gas oksigen dan gas argon dapat menyebabkan ledakan pada ruang tertutup, sehingga tempat penyimpanan gas argon menjadi sesuatu yang sangat dipentingkan [10].

Tabung gas argon yang dipakai untuk pengelasan umumnya memiliki berat 100 kg, sehingga sulit untuk dimobilisasi ketika pekerjaan berpindah dari tempat yang satu ke tempat lainnya. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam pekerjaan pengelasan dengan gas argon di atas ketinggian. Oleh sebab itu, untuk mempermudah proses pemindahan/pengangkatan tabung gas dalam jumlah yang cukup banyak, maka perlu dibuat wadah atau rak penyimpan tabung yang mampu menampung dan menahan beban saat proses pemindahan/pengangkatan.

Untuk memenuhi kebutuhan akan daya tampung dan kemampuan rak dalam menahan beban, maka pada penelitian ini dilakukan perancangan rak penyimpanan tabung gas. Dalam membuat desain yang aman bagi semua jenis struktur kita harus mengetahui jenis dan sifat material yang akan digunakan, antara lain tegangan (*stress*), regangan (*strain*) dan peralihan (*displacement*) pada struktur dan komponen akibat beban yang bekerja padanya.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perancangan secara teoritis untuk mendapatkan hasil desain yang baik dan aman. Langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur dan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk menyusun penelitian ini. Setelah itu dilakukan perancangan yang meliputi pembuatan desain awal, perhitungan kekuatan rangka, menentukan material dan desain *lifting lug*, serta perhitungan sambungan las *lifting lug* dan baja *hollow*. Selanjutnya dilakukan pembahasan dan penyimpulan hasil penelitian.

2.1 Pemodelan Awal Rak Tabung Gas

Gambar 1 memperlihatkan model awal perancangan rak tempat penyimpanan tabung gas argon.



Gambar 1. Model Awal Rak Tabung Gas

Model rak tabung gas awal dibuat untuk mendapatkan rancangan dan gambaran dari dimensi yang sudah ditentukan dapat dilakukan perhitungan desain sehingga mendapatkan dimensi yang cukup kuat untuk melakukan pengangkatan dengan beban sebesar 3 Ton.

2.2 Pengumpulan Data Serta Perhitungan Desain

2.2.1. Data Tabung Gas

Tabung gas adalah wadah penempatan gas argon yang digunakan sebagai pengelasan GTAW dan GMAW. Tabung tersebut memiliki data yang berisi berat dan dimensi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

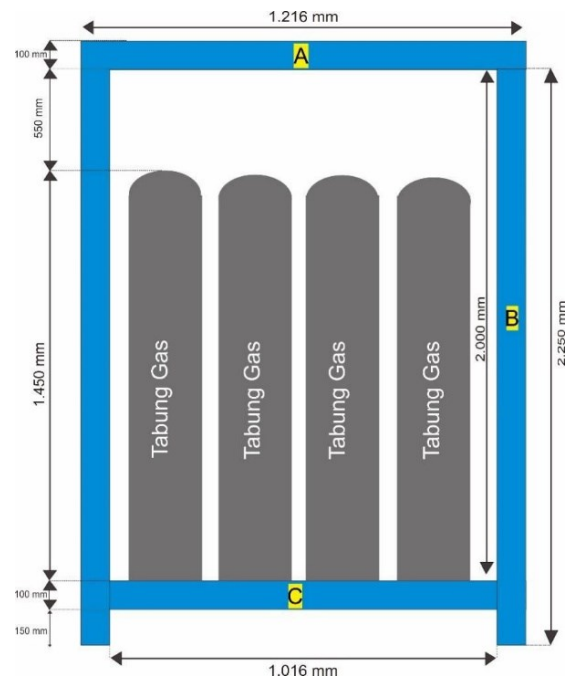
Tabel 1. Detail Tabung Gas Argon

No	Deskripsi	Keterangan
1	Diameter	219 mm
2	Tinggi	1.450 mm
3	Berat	100 kg
4	Volume Botol	40 Liter

Pembuatan rak tabung gas, dibuat dengan kapasitas 16 tabung gas. Jadi total berat (beban rak tabung gas) $100 \text{ kg} \times 16 = 1.600 \text{ kg}$.

2.2.2. Data Dimensi Rak Tabung Gas

Rak tabung gas memiliki ukuran dimensi tinggi rata-rata di atas tinggi orang dewasa, agar bisa masuk dan menata tabung ke dalam rak tabung gas. Gambar 2 memperlihatkan detail dari rak tabung gas.



Gambar 2. Dimensi Rak tabung gas

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa total keseluruhan dibutuhkan baja *hollow* untuk membuat rangka sebanyak 17.928 mm.

2.2.3. Data Pelat Baja

Pelat yang digunakan adalah pelat baja jenis SS400 dengan kontur bergelombang atau bergaris. Massa jenis standar besi adalah 7.850 kg/m^3 , sedangkan bobot baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah 113 kg ($\approx 115 \text{ kg}$).

2.2.4. Data Profil Baja Hollow

Baja *hollow* yang digunakan berbentuk kotak dengan dimensi detail adalah 70 mm x 70 mm dengan tebal 5 mm. Diketahui bahwa dalam membuat kerangka rak tabung membutuhkan total baja *hollow* 17.928 mm dan diubah ke satuan meter menjadi 17,92 m. Dan diketahui bahwa baja *hollow* dimensi 70 x 70 mm memiliki ketebalan 5 mm dengan panjang 1 m mempunyai massa sebesar 9,7 kg/m, panjang total baja *hollow* yang digunakan untuk rangka adalah 17.928 mm atau (17,92 m). Berat keseluruhan baja *hollow* adalah $9,7 \text{ kg/m} \times 17,92 \text{ m} = 173,8 \text{ kg} \approx 250 \text{ kg}$.

2.2.5. Data Sheet Material (Baja Hollow, Pelat, Lifting)

Material yang digunakan dalam merancang rak tabung gas semua menggunakan material baja SS400 (*hollow*, pelat baja, dan *lifting lug*). Material tersebut umum digunakan dalam pembuatan struktur bangunan dan pekerjaan lainnya. Berdasarkan spesifikasi pelat baja SS400, maka tegangan rangka yang diizinkan konstruksi dari rak penyimpanan tabung gas menggunakan material SS400 dengan tegangan tarik (*tensile strength*) $\sigma_u = 400 \text{ N/mm}^2$ dan nilai SF = 3.

2.2.6. Perhitungan Kekuatan Rangka

Perhitungan rangka rak tabung gas dengan detail diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Detail Berat Keseluruhan Konstruksi Dan Muatan

No	Deskripsi	Jumlah
1.	Tabung Gas (Muatan)	1.600 kg
2.	Baja <i>Hollow</i> (Kerangka)	250 kg
3.	Pelat Baja (Tumpuan)	230 kg
4.	Beban angin (Dinamis)	10 kg
Jumlah		2.090 kg

1. Menentukan gaya.

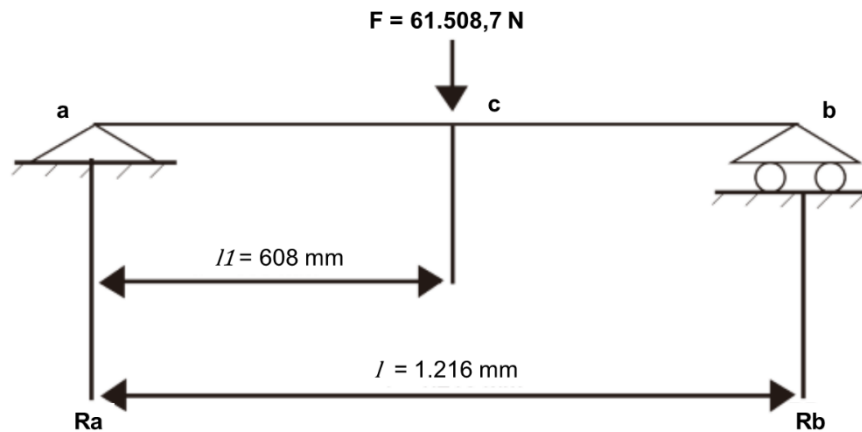
Gaya Ra dan Rb dapat terlihat pada Gambar 3. Untuk menentukan reaksi tumpuan yang terjadi pada rangka yang dibebani dengan total Jumlah beban material keseluruhan 2.090 kg untuk faktor keamanan dikalikan dengan *safety factor* 3. Sesuai dengan *safety factor* keamanan yang direkomendasikan.

$$M = W \times Sf = 2.090 \times 3 = 6.270 \text{ kg} \quad (1)$$

- Beban total pada kerangka dikonversikan menjadi gaya.

$$F = m \times g = 6.270 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 61.508,7 \text{ N} \quad (2)$$

- Maka dengan nilai $F = 61.508,7 \text{ N}$, jarak dari tumpuan A ke tumpuan gaya $l_1 = 608 \text{ mm}$ dan jarak dari tumpuan a ke b $= l = 1.216 \text{ mm}$. Gambar 3 memperlihatkan pembebanan rangka rak tabung gas.



Gambar 3. Pembebanan Rangka Rak Tabung Gas

$$\begin{aligned} \Sigma m_b &= 0 \\ R_a \cdot l - F(l - l_1) &= 0 \\ R_a &= \frac{F(l-l_1)}{l} = \frac{61.508,7(1.216-608)}{1.216} = 30.754,35 \text{ N} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Sigma m_a &= 0 \\ R_b \times L - F \times l_1 &= 0 \\ R_b &= F - R_a = 61.508,7 - 30.754,35 = 30.754,35 \text{ N} \end{aligned} \quad (4)$$

Maka nilai reaksi pada tumpuan Ra adalah 30.754,35 N dan reaksi pada tumpuan Rb yang terjadi adalah 30.754,35 N.

$$\begin{aligned} \Sigma m_a &= R_a \cdot l_1 \\ &= 30.754,35 \times 608 \\ &= 18.698.644,8 \text{ N/mm} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Sigma m_a &= R_a \cdot l_1 - F(l - l_1) \\ &= 33.697,35 \times 608 - 61.508,7(1.216 - 608) \\ &= 18.698.644,8 \text{ N.mm} \end{aligned} \quad (6)$$

$$M_{\text{maks}} = 18.698.644,8 \text{ N.mm}$$

Maka nilai momen maks yang diterima adalah = 18.698.644,8 N.mm

2. Mencari Momen pada titik a, b, dan c.

$$\begin{aligned} \text{Mencari momen a ; } x &= 0 \\ M_a &= \frac{Fx}{2} = \frac{(61.508,7)(0)}{2} = 0 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Mencari momen titik c; } x &= (1/2)l=608 \text{ mm} \\ M_c &= \frac{Fx}{2} = \frac{(61.508,7)(608)}{2} = 18.698.644,8 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Mencari momen titik b; } x &= l=1.216 \text{ mm} \\ M_b &= \frac{F}{2}(1 - x) = \frac{(61.508,7)}{2}(1.216 - 1.216) = 0 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (9)$$

3. Defleksi yang dialami oleh rak tabung gas ketika menerima beban dari tabung gas adalah sebagai berikut.

$$\delta = \frac{F}{48Eix} (4a^3 - 3L^2 a)$$

$$\delta = \frac{61.508,7 N}{48(200 \times 10^3)(7,5 \times 10^6)} (4(608)^3 - 3(1.216)^2(608)) = -1,1 mm \quad (10)$$

4. Tegangan tarik yang bekerja akibat gaya yang bekerja pada rak tabung gas adalah sebagai berikut.

Luas baja *hollow* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 675 mm², maka dapat dihitung tegangan tekan.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{61.508}{675} = 91,124 MPa \quad (11)$$

2.2.7. Tegangan Tekan pada Pelat Baja

Tegangan yang terjadi pada pelat baja tumpuan, dimana:

a = 1,016 m, b = 1,016 m, P = 980 N, v = 0,26, E = 21 × 10¹⁰, t = 0,0009 m, e = 0,1095, k₁ = 0,127, dan k₂ = 0,564.

$$\sigma_{mks \text{ pelat}} = \frac{1,5P}{\pi t^2} \left[(1 + v) \ln \frac{2b}{\pi e} + 1 - k_2 \right]$$

$$= \frac{1,5 \times 980}{3,14 \times 0,011^2} \left[(1 + 0,26) \ln \frac{2 \times 1,016}{3,14 \times 0,1095} + 1 - 0,564 \right]$$

$$= 127.527.260,1 \frac{N}{mm^2} = 127,5 MPa \quad (12)$$

Tegangan izin material *base* pelat sebesar 152 MPa, maka : $\sigma_{max \text{ pelat}} \leq fy$

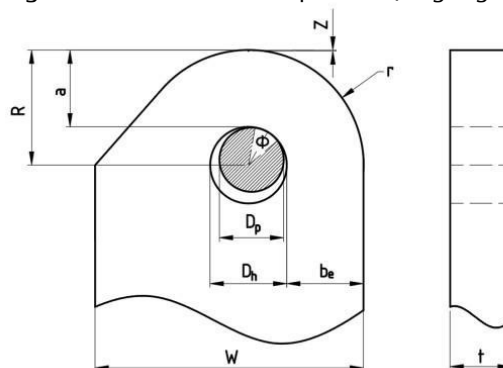
$$127,5 MPa \leq 152 MPa$$

Defleksi yang dialami oleh pelat tumpuan ketika menerima beban dari tabung gas adalah sebagai berikut.

$$\delta = k_1 \frac{Pa^2}{Et^3} = 0,127 \frac{980 \times 1,016^2}{21 \times 10^{10} \times 0,011^3} = 0,00043 m = 0,43 mm \quad (13)$$

2.2.8. Material dan Desain *Lifting Lug*

Gambar 4 memperlihatkan gambar detail dari komponen *lifting lug*.



Gambar 4. Detail *Lifting Lug*

Data perhitungan dilakukan untuk mencari material kekuatan ketika gaya yang bekerja pada rak tabung gas. Data yang diketahui nilai yang digunakan dalam perhitungan sebagai berikut : Nd = 3,

Diameter *pin shackle* yang digunakan, $D_p = 0,64 \text{ in} = 16,256 \text{ mm}$, $f_u = 450 \text{ MPa}$ – batas plastis, $f_y = 250 \text{ MPa}$ – batas elastis dan $t_p = 20 \text{ mm}$.

- Data yang didapat nilai $D_p > 2 \text{ in}$. Maka nilai lubang pin *lifting lug* :
 $D_h = D_p + 1/8 \text{ inci} = 16,256 \text{ mm} + 3,175 \text{ mm} = 19,431 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$. (14)

- Jarak *center* lubang *lifting lug* ke tepi *lifting lug* dapat ditentukan :
 $R = 1,5 \times D_p = 1,5 \times 16,256 \text{ mm} = 24,384 \text{ mm}$. (15)

Untuk memudahkan proses fabrikasi digunakan $R = 30 \text{ mm}$.

- Jarak tepi lubang pin dengan tepi pelat adalah :
 $a = R - (0,5 \times D_h) = 30 \text{ mm} - (0,5 \times 20 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$ (16)

- Nilai radius kelengkungan tepi pelat sama dengan nilai R sehingga digunakan:
 $r = R = 30 \text{ mm}$ (17)

- Lebar pelat di antara tepi lubang pin dan tepi pelat tegak lurus dengan aksi beban:
 $be = a = 20 \text{ mm}$
nilai lebar *lifting lug* = W
 $W = be.2 + D_h = 20.2 + 20 = 60 \text{ mm}$ (18)

- Faktor reduksi kekuatan pelat dengan sambungan pin :

$$C_r = 1 - 0,275 \sqrt{1 - \frac{D_p^2}{D_h^2}} = 1 - 0,275 \sqrt{1 - \frac{16,256^2}{20^2}} = 0,84 \quad (19)$$

- Sudut lokasi bidang geser :
 $\phi = 55^\circ - \frac{D_p}{D_h} = 55^\circ - \frac{16,256}{20} = 54,2^\circ$ (20)

Lebar efektif pelat :

$$beff.1 = be = 20 \text{ mm}$$

$$beff.2 = 4 \times t = 4 \times 20 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

$$beff.3 = 0,6 \times b_e \times \frac{f_u}{f_y} \sqrt{\frac{D_h}{be}} = (0,6)(20) \frac{450 \text{ MPa}}{250 \text{ MPa}} \sqrt{\frac{20}{20}} = 21,6 \text{ mm} \quad (21)$$

Nilai $beff$ diambil yang terkecil dari $beff.1$, $beff.2$, $beff.3$ Sehingga : $beff = 20 \text{ mm}$

- Kekuatan tarik yang diizinkan pelat:
 $P_t = C_r \frac{f_u}{1,2Nd} 2tbeff = (0,8327) \frac{450 \text{ MPa}}{(1,2)(3)} (2)(20)(20) = 84.000 \text{ N}$ (22)

- Kekuatan fraktur pada bidang tunggal yang diizinkan :

$$P_b = C_r \frac{f_u}{1,2Nd} \left[1,13 \left(R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0,92be}{1 + \frac{be}{D_h}} \right] t_p$$

$$P_b = (0,84) \frac{450 \text{ MPa}}{(1,2)(3)} \left[1,13 \left(30 - \frac{20}{2} \right) + \frac{0,92(20)}{1 + \frac{20}{20}} \right] 20 = 66.780 \text{ N} \quad (23)$$

- Panjang bidang geser yang hilang akibat kelengkungan pada tepi pelat:

$$Z = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{D_p}{2} \sin \phi \right)^2} = 30 - \sqrt{30^2 - \left(\frac{16,256}{2} \sin 54,2^\circ \right)^2} = 0,11 \text{ mm} \quad (24)$$

- Luas keseluruhan area dua bidang geser :

$$A_v = 2 \left[a + \frac{D_p}{2} (1 - \cos \phi) - Z \right] t_p$$

$$A_v = 2 \left[20 + \frac{16,256}{2} (1 - \cos 54,2^\circ) - 0,11 \right] 20 = 930,54 \text{ mm}^2 \quad (25)$$

- Kekuatan gaya geser pada dua bidang yang diizinkan:

$$P_v = \frac{0,7fu}{1,2Nd} \times A_v = \frac{0,7(450MPa)}{1,2(3)} (930,54mm^2) = 81.422,25 N \quad (26)$$

- Nilai *ultimate bearing load* adalah :

$$f_p = \frac{1,25 \times fy \times Dp \times t}{Nd} = \frac{1,25(250)(16,256)(20)}{3} = 33.866,6N \quad (27)$$

- Tegangan tarik akibat gaya yang bekerja pada pelat *lifting lug* dihitung dengan menggunakan rumus tegangan. Terdapat 4 titik *lifting lug* yang bekerja akibat tegangan tarik sehingga.

$$F : 4 = 15.377,17 N$$

$$F = (R-Dh) tp \times \sigma_t$$

$$15.377,17 N = (30 mm - 20 mm) 20 mm \times \sigma_t$$

$$15.377,17 N = 200 mm^2 \times \sigma_t$$

$$\sigma_t = \frac{15.377,17N}{200mm^2} = 76,88 MPa \quad (28)$$

2.2.9. Perhitungan Sambungan Las *Lifting Lug*

Elektroda yang digunakan dalam sambungan las pada rangka rak tabung adalah E7016. Elektroda atau kawat las jenis ini sangat umum digunakan dalam pengelasan konstruksi. Untuk kekuatan luluh pada elektroda adalah 400 MPa. Kekuatan luluh ini digunakan sebagai batas kekuatan sambungan las dalam perhitungan. Kekuatan sambungan las harus lebih besar dari gaya yang bekerja.

Dimana panjang sambungan las *lifting lug* $lw = 60$ mm, tebal pelat $t = 11$ mm, tebal las $s = 6$ mm, dan kekuatan luluh material las E7016 (F_{exx}) $S_y = 400$ MPa.

- Perhitungan kekuatan sambungan atau las kuat geser las

$$\begin{aligned} (P_{shear}) &= \phi \times 1,414 \times s \times 0,60 \times sy \times lw \\ &= 0,75 \times 1,414 \times 6 \times 0,60 \times 400 \times 60 \\ &= 91.627,2 N \end{aligned} \quad (29)$$

- Hitung kuat geser *base metal*

$$\phi R_n = 0,9 \times 344 \times 60 \times 6/1.000 = 111.456 N \quad (30)$$

- Hitung Kuat tarik pelat, dimana : $A_e = UA$ (luas penampang tarik efektif), $A_e = A_g = 60 \times 6 = 360$ mm, $F_u =$ tegangan tarik ultimate pelat = 400 MPa

Maka :

$$\phi R_n = 0,75 \times A_e \times F_u$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 360 \times 400 = 108.000 N \quad (31)$$

Beban tarik yang dapat ditahan oleh sambungan tersebut adalah sebesar 108.000 N. Dari hasil perhitungan sambungan las dinyatakan aman.

Maka tegangan yang terjadi akibat gaya yang bekerja terhadap sambungan las pada *lifting lug* dengan dimensi las yang sudah diperhitungkan adalah sebagai berikut.

$$\tau = \frac{F}{1,414 \times s \times lw} = \frac{61.508,7N}{1,414 \times 6 \times 60} = 120,8MPa \quad (32)$$

Kekuatan luluh elektroda las E7016 yang dipakai sebesar 400 MPa, maka : $\tau \leq S_y$

120,8 MPa < 400 MPa.

2.2.10. Sambungan Las pada Baja *Hollow*

Maka tegangan yang terjadi akibat gaya yang bekerja terhadap sambungan las dengan dimensi las yang sudah ditentukan adalah sebagai berikut.

$$\tau = \frac{F}{1,414 \times s \times lw} = \frac{61.508,7N}{1,414 \times 6 \times 70} = 103,57MPa \quad (33)$$

Kekuatan luluh elektroda las E7016 yang dipakai sebesar 400 MPa, maka : $\tau \leq S_y$
103,57 MPa < 400 MPa.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Hasil Perhitungan Perancangan Konstruksi

Dari hasil perancangan dan perhitungan persamaan (2) telah mendapatkan data seperti Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perancangan Dimensi Dan Berat

No	Deskripsi	Toleransi	
1	<i>external dimension</i>	<i>Length</i> (mm)	1.156
		<i>Width</i> (mm)	1.156
		<i>Height</i> (mm)	2.350
2	<i>internal dimension</i>	<i>Length</i> (mm)	1.016
		<i>Width</i> (mm)	1.016
		<i>Height</i> (mm)	2.000
3	Berat muatan keseluruhan (kg)	2.090 kg	
4	Berat keseluruhan + <i>sf</i> (N)	61.508,7 N	

Spesifikasi material yang digunakan adalah semua menggunakan jenis pelat baja SS400 (*Structural Steel*) dengan tegangan izin material untuk kekuatan tekan 152 MPa. Saputra dkk. Dalam penelitiannya menemukan spesifikasi baja SS400 memiliki kekuatan tarik 389,30 MPa, regangan tarik 47.71%, dan modulus elastisitas 6,16 GPa [11]. Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa beban total yang harus ditanggung rangka adalah 61.508,7 N. beban tersebut merupakan gaya aksi yang akan ditahan oleh gaya reaksi di titik A, $R_a = 30.754,35$ N (persamaan (3)) dan titik B, $R_b = 30.754,35$ N (persamaan 4). M_{max} yang diterima oleh konstruksi rangka ($M_c = 18.698.644,8$ Nmm) (persamaan 8). Defleksi yang dialami oleh rak tabung ketika menerima beban dari tabung gas sebesar $\delta = 1,1$ mm (persamaan 10). Tegangan yang terjadi pada baja *hollow* konstruksi rangka rak tabung gas 91,12 MPa (persamaan 11) lebih kecil dari tegangan yang diizinkan material 152 MPa. Tegangan yang terjadi pada pelat baja tumpuan gaya yang bekerja pada rak tabung gas sebesar 127,5 MPa (persamaan 12), lebih kecil dari tegangan tekan yang diizinkan material 152 MPa. Dan Defleksi yang terjadi sebesar 0,43 mm (persamaan 13), maka perencanaan aman. Berdasarkan keterangan di atas, telah diperoleh konstruksi rangka pada rak penyimpanan tabung gas argon yang aman dan kokoh dengan ukuran spesifikasi bahan Baja SS400.

Ketika tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan yang diizinkan maka perencanaan dikatakan gagal [12]. Biasanya hal ini terjadi diakibatkan kesalahan dalam pemilihan material yang digunakan serta dimensi yang ditentukan [13].

3.2 Desain Lifting Lug

Mengacu dengan ASME BTH-1 dan arah gaya yang dapat bekerja mendapatkan hasil perhitungan desain dimensi *lifting lug* seperti Tabel 4.

Tabel 4. Data Dimensi *Lifting lug*

Deskripsi Ukuran Dimensi	Ukuran (mm)	Persamaan
Tebal <i>lifting lug</i> (tp)	20	-
Diameter lubang <i>lifting lug</i> (Dh)	20	(14)
Jarak dari tepi lubang ke tepi <i>lifting lug</i> (a)	20	(16)
Radius kelengkungan <i>lifting lug</i> (r)	30	(17)
Lebar <i>lifting lug</i> (w)	60	(18)

Beban maksimum yang mampu diterima *lifting lug* diambil dari nilai terkecil antara P_v dan f_p (persamaan 26 dan 27), sehingga $F_{pl\ maks} = 33.866,6\ N$. Perbandingan besar gaya yang bekerja pada rak tabung gas dengan gaya maksimum yang diterima dibagi ke 4 titik *lifting lug* ($61.508,7\ N : 4 = 15.377,17\ N$). Sehingga $F_{pl\ maks} > 61.508,7\ N$, untuk itu *lifting lug* dinyatakan aman digunakan.

3.3 Sambungan Las

Sambungan las yang digunakan adalah elektroda dengan jenis E7016 dengan kekuatan luluh sebesar 400 MPa. Kekuatan luluh tersebut menjadi kekuatan izin dalam perhitungan kekuatan sambungan las. Kekuatan luluh dari material elektroda tersebut yang menjadi batas aman kekuatan sambungan las lainnya seperti gaya yang bekerja pada rak penyimpanan tabung tidak lebih besar dari gaya yang dapat diterima sambungan las. Sambungan las *lifting lug* memiliki detail ukuran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, sedangkan untuk detail kekuatan ditunjukkan pada Tabel 6. Detail tegangan yang bekerja pada *lifting lug* dapat terlihat pada Tabel 7 dan detail kekuatan yang bekerja pada sambungan las baja *hollow* dapat terlihat pada Tabel 8.

Tabel 5. Detail ukuran Sambungan Las *Lifting Lug*

Deskripsi	Ukuran Las (mm)	Panjang Las (mm)
Sambungan las pada <i>lifting lug</i>	20	60
Sambungan las pada baja <i>hollow</i>	10	70

Tabel 6. Detail Kekuatan Sambungan Las *Lifting Lug*

Deskripsi	Elektroda	Gaya yang bekerja (N)	Kekuatan sambungan Las (N)	Persamaan	Kekuatan izin Elektroda (MPa)	Hasil yang didapat
Kekuatan sambungan las	E7016	61.508,7	91.627,2	(29)	400	OK
Kekuatan geser <i>base metal</i>	E7016	61.508,7	111.456	(30)	400	OK
Kekuatan tarik pelat	E7016	61.508,7	108.000	(31)	400	OK

Tabel 7. Detail Tegangan Yang Bekerja Pada *Lifting Lug*

Elektroda	Tegangan (MPa)	Persamaan	Kekuatan izin Elektroda (MPa)	Hasil yang didapat
E7016	120,8	(32)	400	OK

Tabel 8. Detail Kekuatan Sambungan Las Baja *Hollow*

Elektroda	Gaya Yang bekerja	Tegangan Akibat gaya yang diterima (MPa)	Persamaan	Kekuatan, izin Elektroda (MPa)	Hasil yang didapat
E7016	26.957,88	103,57	(33)	400	OK

Sesuai dari Tabel 5-8 dapat disimpulkan bahwa sambungan las dengan menggunakan Elektroda E7016 dinyatakan aman dan mampu untuk menahan gaya yang bekerja pada rak penyimpanan tabung gas.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil perhitungan perancangan rak penyimpan tabung gas argon kapasitas 3 ton maka, tegangan tekan yang diterima pada rangka baja *hollow* sebesar 91,124 MPa sedangkan tegangan tekan yang diterima *base pelat* sebesar 127,5 MPa lebih kecil dari tegangan tekan yang

diizinkan 152 MPa, maka hasil perancangan dinyatakan aman. Konstruksi rak penyimpanan tabung gas menggunakan material baja *hollow* SS400 dan tegangan yang diizinkan sebesar 152 MPa. Beban maksimum yang diterima *lifting lug* diambil dari nilai terkecil sebesar 33.866,6 N, dan tegangan tarik akibat gaya yang bekerja pada *lifting lug* sebesar 76,88 MPa sedangkan tegangan tarik yang diizinkan sebesar 152 MPa, maka *lifting lug* dinyatakan aman untuk digunakan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Y. Yunus and M. Novri, "Variasi Arus Listrik terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat AISI 304," *Widya Eksakta*, vol. 1, no. 1, pp. 7–11, 2013.
- [2] J. Pan, S. Hu, L. Yang, and H. Li, "Simulation and analysis of Heat Transfer and Fluid Flow Characteristics of Variable Polarity GTAW Process Based on a Tungsten-Arc-Specimen Coupled Model," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 96, pp. 346–352, 2016, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.01.014.
- [3] H. Materials, K. Günther, J. Liefelth, P. Henckell, Y. Ali, and J. P. Bergmann, "Influence of Processing Conditions on The Degradation Kinetics of Fused Tungsten Carbides in Hardfacing," *Int. J. Refract. Metals Hard Mater.*, vol. 70, pp. 224–231, 2018, doi: 10.1016/j.ijrmhm.2017.10.015.
- [4] M. Iqbal and A. Ibrahim, "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las terhadap Ketangguhan Material Baja AISI 1050," *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 26–30, 2019.
- [5] H. Z. Oo and P. Muangjunburee, "Wear Behaviour of Hardfacing on 3.5 % Chromium Cast Steel by Submerged Arc Welding," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 3, pp. 9281–9289, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.10.101.
- [6] S. T. Dwiayati, F. B. Susetyo, and A. D. P. Yudhantono, "Pengaruh Laju Aliran Gas terhadap Nilai Kekerasan dengan Proses GTAW," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [7] J. K. Huang, M. H. Yang, J. S. Chen, F. Q. Yang, Y. M. Zhang, and D. Fan, "The Oscillation of Stationary Weld Pool Surface in The GTA Welding," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 256, pp. 57–68, 2018, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2018.01.018.
- [8] R. P. Putra, S. Jokosisworo, and K. Kiryanto, "Pengaruh Arus Listrik dan Temperatur terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Aluminium 5083 Pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding)," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 152–161, 2016.
- [9] P. T. I. Mudjijana, and M. N. Ilman, "Karakterisasi Pengaruh Kecepatan Las pada Pengelasan MIG AA5083H116 Dengan Elektroda ER5356," *Poros*, vol. 15, no. 1, pp. 26–34, 2017.
- [10] I. Gunawan, "Pengaruh Diluent Argon terhadap Reaksi Pembakaran Gas Alam (CNG)," *J. Ilm. Tek. Mesin "MEKANIK"*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2015.
- [11] L. I. Saputra, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi pada Sambungan Las Baja SS 400 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Akibat dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 215–226, 2019.
- [12] F. Ibriza and W. Elbi, "Perancangan Poros pada Mesin Pengurai Limbah Kelapa Muda," *J. Inov. Penelit.*, vol. 2, no. 12, pp. 4179–4186, 2022.
- [13] Z. Fatoni and M. Lazim, "Perancangan dan Pembuatan Kait Tunggal Jenis Eye Hook dengan Beban 0,5 Ton," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 152–160, 2017.