

ANALISA KEKUATAN TARIK TERHADAP JUMLAH LAYER PADA PROSES PENGELASAN KOMBINASI GTAW DAN SMAW SAMBUNGAN ST37 POSISI 3G

Oleh:

Noni Novita Sitepu ¹⁾

Sukino ²⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2)}

E-mail:

noninovita@gmail.com ¹⁾

Sukino@gmail.com ²⁾

ABSTRACT

This study aims to determine the tensile strength of the carbon steel (ST37) joint with the welding process used by combining GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) and SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding with 3G positions. In the welding of the root pass and hoot pass using GTAW welding, for welding the inter pass and cover pass using SMAW welding. The specimen in this study used medium carbon, namely ST 37, and used blunt joint V seam. The shape of the specimen is made according to the ASTM standard, so that a tensile test can be performed. Specimen A (samples A1 and A2) using 1 layer had an average tensile stress of 52,646 kN. Specimen B (samples B1 and B2) using 2 layers had an average tensile stress of 61,122 kN. And specimen C (samples C1 and C2) using 3 layers has an average tensile stress of 62.409 kN. The plate thickness is 10 mm and uses a single V groove. Thus it can be concluded that from the results of the tensile test carried out that the more welding layers on the seam V joint, the greater the tensile strength.

Keywords: *Tensile Test, GTAW And SMAW.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik pada sambungan *carbon steel* (ST37) dengan proses las yang digunakan penggabungan pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dengan posisi 3G. Pada pengelasan *root pass* dan *hoot pass* menggunakan las GTAW, untuk pengelasan *inter pass* dan *cover pass* menggunakan las SMAW. Spesimen dalam penelitian ini menggunakan karbon sedang yaitu ST 37, dan menggunakan kampuh V sambungan tumpul. Bentuk spesimen dibuat mengacu pada standar ASTM, agar dapat dilakukan uji tarik. Spesimen A (sampel A1 dan A2) menggunakan 1 *layer* mempunyai tegangan tarik rata-rata sebesar 52.646 kN. Spesimen B (sampel B1 dan B2) menggunakan 2 *layer* mempunyai tegangan tarik rata-rata sebesar 61.122 kN. Dan spesimen C (sampel C1 dan C2) menggunakan 3 *layer* mempunyai tegangan tarik rata-rata sebesar 62.409 kN. Ketebalan plat adalah 10 mm dan menggunakan *single V groove*. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa dari hasil pengujian tarik yang dilakukan bahwa semakin banyak layer pengelasan pada sambungan kampuh V maka kekuatan tariknya semakin besar.

Kata Kunci : Uji Tarik, GTAW Dan SMAW.

1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan suatu proses penting di dalam dunia industri dan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari pertumbuhan industri, karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Dalam proses pengelasan juru las terkadang tidak memperhatikan teori pengelasan yang mengakibatkan banyak terjadi permasalahan dalam proses dan mutu hasil pengelasan. Salah satunya adalah faktor ketahanan tarik dan ketangguhan dari sambungan tersebut atau lebih detail disebut kekuatan tariknya. Persiapan pengelasan menyumbang peranan yang mempengaruhi mutu hasil las. Selain itu dalam masalah efisiensi pengelasan perlu dipertimbangkan, baik menyangkut biaya agar bisa dilakukan dengan semurah mungkin, namun masih dalam taraf kualitas yang telah direncanakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Defenisi Pengelasan

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Wiryosumarto, 1996). Fungsi pengelasan adalah untuk mendapatkan kekuatan sambungan logam yang melebihi dari sifat mekanik (kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan) logam induk. Fungsi lain dari pengelasan adalah bisa juga untuk melapisi permukaan material agar mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dengan tujuan agar tahan dari gesekan atau *abrasive*.

2.1.1 Klasifikasi Pengelasan

Pengelasan juga dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis berdasarkan cara kerja, yaitu jenis pengelasan tekan, pengelasan cair dan juga pematrian. Berikut ini pengertian pengelasan dan klasifikasi pengelasan.

Klasifikasi pengelasan berdasarkan cara kerja

1. Pengelasan tekan
2. Pengelasan cair

3. Pematrian

Klasifikasi Pengelasan Berdasarkan Sumber Energi

1. Energi listrik
2. Energi kimia
3. Energi mekanik

2.1.2 Parameter Pengelasan

Dalam melakukan proses pengelasan kita harus mengetahui parameter las yang akan digunakan. Parameter Pengelasan ini dapat dilihat pada *Welding Procedure Spesification* atau *WPS*. Namun pastikan *WPS* tersebut sudah terqualifikasi dan produk yang akan dilas masih dalam *range* kualifikasinya. Variabel yang mempengaruhi dari hasil pengelasan, baik dari hasil pengujian mekanik maupun uji visual. Jika pemilihan parameter las kurang tepat maka dapat mengakibatkan terjadinya cacat las dan sifat mekanik hasil pengelasan kurang dari syarat keberterimaan yang ditentukan oleh standar atau kode, berikut ini penjelasan parameter las.

1. Arus Pengelasan
2. *Arc Voltage*
3. *Polaritas* (Pengkutuban)
4. Kecepatan Pengelasan (*Travel Speed*)

2.2. Kombinasi Pengelasan

2.2.1 LAS GTAW

GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) ialah satu jenis proses pengelasan yang menggunakan busur api listrik sebagai sumber panas untuk mencairkan logam, dengan menggunakan gas sebagai pelindung dan elektrodanya sebagai pengisi. Daerah las dilindungi dengan gas mulia untuk mencegah kontaminasi. Las jenis ini dapat digunakan dengan logam bahan tambah maupun tidak menggunakan logam bahan tambah.

2.2.2 LAS SMAW

Las busur manual atau *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*) diperoleh dari busur api listrik antara elektroda dengan benda kerja, elektroda sebagai bahan pengisi, mencair bersama-sama dengan benda kerja dan setelah dingin menjadi satu kesatuan yang sukar dipisahkan.

2.3. Baja Karbon

2.3.1 Klasifikasi Baja Karbon

Karbon baja diklasifikasikan berdasarkan persentase karbonnya:

1. Baja karbon rendah (*Low carbon steel*) atau *dead mild steel* memiliki kandungan karbon di bawah 0,15%.
2. Baja karbon ringan (*Mild steel*) memiliki kandungan karbon antara 0,15-0,3%.
3. Baja karbon sedang (*Medium carbon steel*) memiliki kandungan karbon antara 0,3-0,7%.
4. Baja karbon tinggi (*High carbon steel*) memiliki kandungan karbon di atas 0,7%-1,3%.

2.3.2 Daerah Logam

Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda.

2.3.3 Logam Induk

Logam induk adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah pengaruh panas, yang disebut batas las (Wirjosumarto, 2000)

2.3.4 Daerah Pengaruh Panas Atau *Heat Affected Zone (HAZ)*

Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)* adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las.

2.4. Sambungan Las Konstruksi Baja

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam jenis sambungan utama yaitu *Butt Joint*, *Fillet (T) Joint*, *Corner Joint*, *Lap Joint* dan *Edge Joint*. Jenis Sambungan Pengelasan adalah tipe sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan.

2.5. Kampuh Las

Salah satu yang harus dipersiapkan sebelum melakukan pengelasan adalah pembuatan kampuh las. Kampuh las berguna sebagai tempat pengisian logam pengisi (elektroda) yang ikut mencair. Bentuk kampuh sangat mempengaruhi efisiensi sambungan dan jaminan sambungan.

2.5.1 Kampuh V

Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6 – 15 mm. Geometri sambungan sangat menentukan hasil pengelasan. Oleh karena itu juru las harus memastikan bentuk kampuh dan proses pengelasan sesuai *WPS*. Sudut kampuh, lebar *root face* selebar 1 – 4 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan atau kikir rata.

2.5.2 Bagian – Bagian Pada Pengelasan Kampuh

Pada pengelasan terdapat istilah yang dimanakan *run weld*, dimana *run weld* terdiri dari 2 macam yaitu

a. *Single Run (Single Pass)*

Single run atau *single pass* digunakan saat melakukan proses pengelasan dengan jalur diayun (*weaving*), atau biasanya juga digunakan pada pengelasan otomatis.

b. *Multi Run Weld (Multi Pass)*

Multi run weld atau *multi pass* digunakan pada material yang tebal. *Run* pada *multi pass weld* di sebut juga dengan *layer* (lapisan).

2.6. Posisi Pada Pengelasan

Posisi Pengelasan adalah jenis atau posisi sambungan yang akan dilakukan dalam pengelasan, posisi pengelasan ini dilakukan berdasarkan material atau produk yang akan dilas. Dalam bidang pengelasan terdapat istilah atau simbol F dan G, dimana simbol huruf F (*Fillet*) dan simbol huruf G (*Groove*). Huruf F dan G mewakili cara bagaimana dua material akan disambungkan. Penggunaan angka pada posisi pengelasan biasanya disematkan di depan huruf F atau G. Simbol angka 1, 2, 3 dan seterusnya didepan huruf F dan G

mewakili bagaimana posisi material yang akan dilas diletakkan.

2.7. Elektroda

Elektroda merupakan salah satu consumable utama dalam proses pengelasan. Hal ini dikarenakan komposisi kimia yang terkandung didalam elektroda sangat berpengaruh terhadap hasil lasan baik itu sifat mekanik (kekuatan tarik, kekerasan, *impact*) atau terhadap struktur logam las (*metalography*).

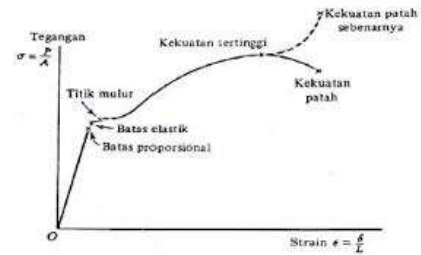
2.8. Pengujian Tarik (*Tensile test*)

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*.



Gambar 2.1 Mesin Uji Tarik (*Tensile Test*)
(*Sumber: Lab. Politeknik Negeri Medan*)

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) bahan tersebut. Proses terjadinya *deformasi* pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 2.2 Diagram Tegangan-Regangan

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji (Bondan T. Sofyan, 2010).

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (2.1)$$

Menghitung luas penampang awal

$$A_0 = W_0 \cdot B_0 \dots \dots \dots (2.2)$$

Menghitung luas penampang akhir

$$A_1 = W_1 \cdot B_1 \dots \dots \dots (2.3)$$

Regangan teknik

$$\epsilon = \frac{\Delta l_0}{l_0} \cdot 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

σ : Tegangan tarik (*N/mm²*).

F : Beban (*N*).

A₀ : Luas penampang awal (*mm²*).

A₁ : Luas penampang akhir (*mm²*)

ϵ : Regangan (%).

ΔL : Pertambahan panjang (*mm*).

L₀ : Panjang spesimen mula-mula (*mm*).

3. METODE PELAKSANAAN

3.1. Alat Dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Mesin las untuk menyambung spesimen uji.
- Jangka sorong dan mesin perkakas untuk pembuatan spesimen bahan pengujian
- Mesin uji tarik digunakan untuk memperoleh data beban maksimum yang bisa diterima oleh spesimen.
- Bahan yang digunakan dalam pengujian tarik adalah *plate carbon steel* yaitu *ST37* berupa plat dengan panjang 200 mm dan lebar 100 mm sebanyak 6 lembar plat. *Elektroda Rod* yang dipakai *ER70S-6*, elektroda *filler* dan *caping* yang dipakai adalah elektroda *E7018*

serta gas yang digunakan dalam proses pengelasan adalah gas argon 99,9%.

3.2. Persiapan Mesin Las

Dalam penelitian ini untuk pembuatan *root* atau akar las pada spesimen, mesin las yang digunakan yaitu mesin las *GTAW* tipe *LORCH* yang mempunyai dua jenis arus yaitu *AC* dan *DC*. Arus listrik digunakan untuk membuat busur nyala dan sebagai pemanas, sedangkan bagian-bagian pendukung yang lainnya masih disuplai/diperoleh dari alat-alat yang lainnya.



Gambar 3. 1 Mesin Las *GTAW* (Sumber: Workshop *BBPLK* Medan)

Untuk *filler* dan *capping* mesin las yang digunakan yaitu mesin las *AC/DC* tipe *LORCH X 350 PST* dengan kapasitas maksimum 350 Amper. Mesin las busur listrik dapat mengalirkan arus listrik cukup besar, busur listrik yang terjadi akan menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga akan mudah mencairkan logam yang terkena. Besarnya arus listrik dapat diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan tipe elektrodanya.



Gambar 3. 2 Mesin Las Busur Listrik (Sumber: Workshop *BBPLK* Medan)

3.3. Proses Pengelasan

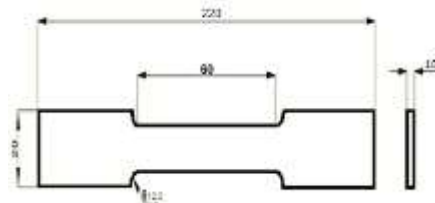
Pada proses las kombinasi ini untuk *root pass* atau akar las dan *hot pass* menggunakan las *GTAW* sedangkan untuk *fill pass* dan *capping* menggunakan proses las *SMAW*. *Plate* yang akan dilas panjang plat 200 mm dan lebar 100 mm. dengan posisi pengelasan 3G. Contoh posisi pengelasan spesimen ada pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. 3 Hasil Pengelasan A (1 layer), B (2 layer) dan C (3 layer) (Sumber: Workshop *BBPLK* Medan)

3.4. Pembuatan Spesimen

Spesifikasi spesimen pada pengujian tarik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sesuai standar *ASTM* (*American Standard Testing of Materials*). Gambar di bawah ini memperlihatkan bentuk spesimen uji tarik.



Gambar 3. 4 Spesimen Sesuai dengan *ASTM*



Gambar 3.5 Spesimen Uji Tarik (Sumber: Workshop *BBPLK* Medan)

3.5. Pengujian Tarik

Untuk melakukan uji tarik (*tensile test*), ada beberapa prosedur yang harus dilakukan untuk melakukan uji tarik tersebut yaitu:

- Mempersiapkan spesimen untuk uji tarik (*tensile test*) sesuai dengan standar AWS (*American Welding Society*), dengan variasi 1 layer (spesimen A1 dan A2), 2 layer (spesimen B1 dan B2), dan 3 layer (spesimen C1 dan C2).
- Alat uji tarik yang digunakan adalah *Universal Testing Machine (UTM)* jenis *Servo-hydraulic* dengan kapasitas 1000 kN atau 101,97 Ton.
- Spesimen diikat padaudukan spesimen, yaitu spesimen A1, A2, B1, B2, C1 dan C2. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini.
- Lakukan pengujian tarik terhadap spesimen sesuai dengan prosedur panduan pengoprasian *UTM*. Spesimen yang telah dilakukan uji tarik terjadi patahan pada spesimen.
- Uji tarik telah dilakukan pada A1, A2, B1, B2, C1 dan C3



Gambar 3. 5 Hasil Uji Tarik (Sumber: Lab. Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan)

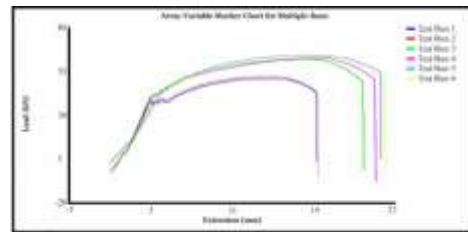
- Setelah uji tarik dilakukan hentikan proses. Hentikan mesin *Universal Testing Machine* sesuai *SOP*. Kemudian didapat data dan dilakukan analisa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari spesimen penelitian ini. Dalam penelitian

ini alat uji tarik yang digunakan adalah *Universal Testing Machine (UTM)* jenis *Servo-hydraulic* dengan kapasitas 1000 kN atau 101,97 Ton di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan. Hasil uji tarik untuk bahan baja *ST37* dengan variasi spesimen A dengan 1 layer (sampel A1 dan A2), spesimen B dengan 2 layer (sampel B1 dan B2), spesimen A dengan 3 layer (sampel C1 dan C3) pengelasan *GTAW* dan *SMAW* posisi 3G dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik All Test Runs Chart Specimen (Sumber: Data Hasil Uji Tarik Lab. Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan)

Name	Sampel	Peak Load (kN)	Peak Stress (MPa)	Load at Yield (kN)	Stress at Yield (MPa)	Width (mm)	Thickness (mm)	Elongation/At or Break (%)
Test Run 1	A1	52.821	422.6	37.742	301.94	12.500	10.000	19.95
Test Run 2	A2	52.471	419.8	38.090	304.72	12.500	10.000	20.97
Test Run 3	B1	61.862	494.9	40.204	321.63	12.500	10.000	24.19
Test Run 4	B2	60.382	483.1	42.021	336.17	12.500	10.000	25.00
Test Run 5	C1	62.741	501.9	42.756	342.05	12.500	10.000	26.61
Test Run 6	C2	62.077	496.6	42.383	339.06	12.500	10.000	25.81

Tabel 4.1 Tabel Test Run Results (Sumber: Data Hasil Uji Tarik Lab. Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan)

Dari tabel hasil pengujian yang dilakukan pada variasi jumlah *layer* yang berbeda yaitu 1 *layer* (Sampel A1 dan A2), 2 *layer* (Sampel B1 dan B2) dan 3 *layer* (Sampel C1 dan C2) untuk pengelasan kombinasi *GTAW* dan *SMAW* pada *plate carbon ST 37* dengan tebal 10 mm, dapat dilihat penggunaan jumlah 3 *layer* mempunyai kualitas lasan yang paling kuat dibandingkan dengan penggunaan las 1 *layer* dan 2 *layer* yang dibuktikan dengan hasil pengujian tarik (*tensile test*).

4.2. Pembahasan

Adapun data-data yang diperoleh dari hasil pengujian sebagai berikut:

- Spesimen A (Sampel A1)

Adapun data-data yang diperoleh dari pengujian spesimen A1 sebagai berikut

a. Lebar awal spesimen (W_0)
= 12,5 mm

b. Lebar akhir spesimen (W_1)
= 9 mm

c. Tebal awal spesimen (B_0)
= 10 mm

d. Tebal akhir spesimen (B_1)
= 6 mm

e. Panjang awal spesimen (L_0)
= 62 mm

f. Panjang akhir spesimen (L_1)
= 74 mm

1) Menghitung Luas penampang awal (A_0)

$$A_0 = W_0 \cdot B_0 \\ = 12,5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ = 125 \text{ mm}^2$$

2) Menghitung Luas penampang akhir (A_1)

$$A_1 = W_1 \cdot B_1 \\ = 9 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \\ = 54 \text{ mm}^2$$

3) Menghitung Tegangan awal (σ_{Awal})

$$\sigma_{Awal} = \frac{F_{Awal}}{A_0} \\ = \frac{37.742 \text{ N}}{125 \text{ mm}^2} \\ = 301.94 \text{ N/mm}^2$$

4) Menghitung Tegangan Maksimum (σ_{Max})

$$\sigma_{Max} = \frac{F_{Max}}{A_0} \\ = \frac{52.821 \text{ N}}{125 \text{ mm}^2} \\ = 422,6 \text{ N/mm}^2$$

5) Regangan maksimum (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \\ = \frac{74 - 62}{62} \times 100\% \\ = 19.35\%$$

2. Spesimen A2

Adapun data-data yang diperoleh dari pengujian spesimen A2 adalah:

a. Lebar awal spesimen (W_0)
= 12,5 mm

b. Lebar akhir spesimen (W_1)
= 8 mm

c. Tebal awal spesimen (B_0)
= 10 mm

d. Tebal akhir spesimen (B_1)
= 7 mm

e. Panjang awal spesimen (L_0)
= 62 mm

f. Panjang akhir spesimen (L_1)
= 75 mm

1) Menghitung Luas penampang awal (A_0)

$$A_0 = W_0 \cdot B_0 \\ = 12,5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ = 125 \text{ mm}^2$$

2) Menghitung Luas penampang akhir (A_1)

$$A_1 = W_1 \cdot B_1 \\ = 8 \text{ mm} \times 7 \text{ mm} \\ = 56 \text{ mm}^2$$

3) Menghitung Tegangan awal (σ_{Awal})

$$\sigma_{Awal} = \frac{F_{Awal}}{A_0} \\ = \frac{38.090 \text{ N}}{125 \text{ mm}^2} \\ = 304.72 \text{ N/mm}^2$$

4) Menghitung Tegangan Maksimum (σ_{Max})

$$\sigma_{Max} = \frac{F_{Max}}{A_0} \\ = \frac{52.471 \text{ N}}{125 \text{ mm}^2} \\ = 419.8 \text{ N/mm}^2$$

5) Regangan maksimum (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \\ = \frac{75 - 62}{62} \times 100\% \\ = 20.97\%$$

3. Spesimen B1

Adapun data-data yang diperoleh dari pengujian spesimen B1 adalah:

a. Lebar awal spesimen (W_0)
= 12,5 mm

b. Lebar akhir spesimen (W_1)
= 9,5 mm

c. Tebal awal spesimen (B_0)
= 10 mm

d. Tebal akhir spesimen (B_1)
= 6 mm

e. Panjang awal spesimen (L_0)
= 62 mm

f. Panjang akhir spesimen (L_1)
= 77 mm

1) Menghitung Luas penampang awal (A_0)

$$A_0 = W_0 \cdot B_0 \\ = 12,5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ = 125 \text{ mm}^2$$

2) Menghitung Luas penampang akhir (A_1)

$$\begin{aligned} A_1 &= W_1 \cdot B_1 \\ &= 9,5 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \\ &= 57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3) Menghitung Tegangan awal (σ_{Awal})

$$\begin{aligned} \sigma_{Awal} &= \frac{F_{Awal}}{A_0} \\ &= \frac{40.204 \text{ N}}{125 \text{ mm}^2} \\ &= 321.63 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

4) Menghitung Tegangan Maksimum (σ_{Max})

$$\begin{aligned} \sigma_{Max} &= \frac{F_{Max}}{A_0} \\ &= \frac{61.862 \text{ N}}{125 \text{ mm}^2} \\ &= 494.9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5) Regangan maksimum (ϵ)

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\Delta L}{L} \times 100\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \\ &= \frac{77-62}{62} \times 100\% \\ &= 24.19 \text{ \%} \end{aligned}$$

4. Spesimen B2

Adapun data-data yang diperoleh dari pengujian spesimen B2 adalah:

- Lebar awal spesimen (W_0)
= 12,5 mm
- Lebar akhir spesimen (W_1)
= 10 mm
- Tebal awal spesimen (B_0)
= 10 mm
- Tebal akhir spesimen (B_1)
= 6 mm
- Panjang awal spesimen (L_0)
= 62 mm
- Panjang akhir spesimen (L_1)
= 77,5 mm

1) Menghitung Luas penampang awal (A_0)

$$\begin{aligned} A_0 &= W_0 \cdot B_0 \\ &= 12,5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \\ &= 125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2) Menghitung Luas penampang akhir (A_1)

$$\begin{aligned} A_1 &= W_1 \cdot B_1 \\ &= 10 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3) Menghitung Tegangan awal (σ_{Awal})

$$\begin{aligned} \sigma_{Awal} &= \frac{F_{Awal}}{A_0} \\ &= \frac{42.021 \text{ N}}{125 \text{ mm}^2} \\ &= 336.17 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

4) Menghitung Tegangan Maksimum (σ_{Max})

$$\begin{aligned} \sigma_{Max} &= \frac{F_{Max}}{A_0} \\ &= \frac{60.382}{125} \\ &= 483.1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5) Regangan maksimum (ϵ)

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\Delta L}{L} \times 100\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \\ &= \frac{77,5-62}{62} \times 100\% \\ &= 25.00 \text{ \%} \end{aligned}$$

5. SIMPULAN

Dari analisa pengujian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Pengelasan kombinasi GTAW dan SMAW pada sambungan kampuh V dengan menggunakan 1 layer mempunyai tegangan tarik rata-rata sebesar 52.646 kN, menggunakan 2 laryer mempunyai tegangan tarik rata-rata 61.122 kN, dan menggunakan 3 layer mempunyai tegangan tarik rata-rata 62.409 kN dimana semakin banyak layer yang digunakan pada pengelasan maka sambungan yang dihasilkan akan semakin kuat.
- Semakin banyak layer yang digunakan dalam pengelasan maka akan semakin besar besar pula memasukkan panas pada baja karbon, hal ini menyebabkan distorsi yaitu perubahan struktur pada daerah lasan atau HAZ.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fithriansyah, Idil. 2018. *Membuat Sambungan Las Kampuh (Groove) Sesuai Welding Procedur Specification (WPS) Untuk Pengelasan Pipa Ke Pipa Dan Sesuai Dengan Proses Las Yang Digunakan*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan.
- [2] Susilo, Femfi. 2018. *Membuat Sambungan Las Kampuh (Groove) Sesuai Welding Procedur Specification (WPS) Untuk Pengelasan Plat Ke Plat Dan Sesuai Dengan Proses Las Yang Digunakan*.

- [3] Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan
- [4] Putra, Bayu Eka. 2016. *Mengidentifikasi Welding Procedure Specification (WPS)*. Jakarta: Kementrian Ketenagakerjaan
- [5] Singer, Ferdinand L., Andrew Pytel Dan Darwin Sebayang. 1995. *Ilmu Kekuatan Bahan (Teori Kokoh-Strength Of Material)*. Jakarta: Erlangga
- [6] Nugroho, Bambang Hari. 2018. *Melakukan Inspeksi Visual Pengelasan*. Jakarta : Kementrian Ketenagakerjaan
- [7] Sonawan, H., Suratman R., 2004. *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta