

Analisis Kekuatan Las Pada Sambungan Bejana Tekan *Decolorizer*

Eko Prasetyo¹, Hasan Hariri¹, Rudi Hermawan¹, M. Reza Anarta Putra¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: eko140424@gmail.com, tigadan@yahoo.co.id,

ABSTRAK

Pengelasan adalah proses menggabungkan dua logam dengan kekuatan tinggi, yang merupakan bagian penting dari proses manufaktur. Studi ini menganalisis kekuatan las pada sambungan bejana tekan decolorizer. Bejana tekan decolorizer ini berisi cairan berjenis polyacrilic acid, hydrogen peroxide, dan ethylene dichloride (EDC). Cairan ini akan digunakan untuk menghilangkan warna dari material, baik yang memiliki warna alami maupun warna tambahan. Bejana tekan ini digunakan di perusahaan tekstil dan percetakan kertas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengumpulkan data tentang sifat mekanis dan fisik dari sambungan las GTAW dengan material SA 283 Grade C. Uji tarik, bending, radiografi, dan penetrant adalah metode pengujian yang digunakan. Standar pembuatan spesimen didasarkan pada standar ASME section IX sebagai validasi hasil pengujian dari material SA 283 Grade C. Dari pengujian tarik yang telah dilakukan hasil untuk spesimen T1 terjadinya titik elastisitas pada beban 110 kN dengan beban maksimum kekuatan tarik sebesar 204,36 kN dan regangan maksimum pada saat patah sepanjang 36 mm, sedangkan untuk spesimen T2 diperoleh titik elastisitas pada beban 105 kN dengan beban maksimum pada kekuatan tarik sebesar 204,76 kN dan regangan maksimum pada saat patah sepanjang 32 mm yang terlihat patahan terjadi pada zona HAZ (*Heat – Affected Zone*) pada *base metal* yang menandakan hasil lasan lebih kuat dibandingkan *base metal*. Hasil pengujian bending pada spesimen *face bend* dan *root bend* menunjukkan tidak ada retakan atau lubang pada daerah lasan. Berdasarkan hasil *radiography* dan pengujian *dye penetrant test* tidak terlihat adanya kecacatan baik berupa *cavities* maupun *crack*.

Kata kunci: Las GTAW, bejana tekan, SA 283 Grade C, uji tarik, uji tekan, uji penetran, uji radiografi.

ABSTRACT

Welding is a process of joining two metals with high strength, which is an important part of the manufacturing process. This study analyzes the weld strength of decolorizer pressure vessel joints. The pressure vessel decolorizer contains liquids of the type polyacrilic acid, hydrogen peroxide, and ethylene dichloride (EDC). This liquid will be used to remove color from materials, both those with natural colors and additional colors. These pressure vessels are used in textile and paper printing companies. The purpose of this study was to collect data on the mechanical and physical properties of GTAW welded joints with SA 283 Grade C material. Tensile, bending, radiographic and penetrant tests were the test methods used. Specimen manufacturing standards are based on ASME Section IX standards. as a validation of the test results of the SA 283 Grade C material. From the tensile testing that has been carried out the results for specimen T1 occur at a point of elasticity at a load of 110 kN with a maximum load of 204.36 kN tensile strength and a maximum strain at fracture of 36 mm, while for the T2 specimen obtained an elasticity point at a load of 105 kN with a maximum load at a tensile strength of 204.76 kN and a maximum strain at fracture of 32 mm which shows that the fracture occurred in the HAZ (Heat - Affected Zone) zone on the base metal which indicates a more welded result stronger than the base metal. The results of bending tests on the face bend and root bend specimens showed no cracks or holes in the weld area. Based on the radiography and dye penetrant test results, there were no defects in the form of cavities or cracks.

Keywords: GTAW welding, pressure vessel, SA 283 Grade C, tensile test, compression test, penetrant test, radiographic test

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan proses menyatukan dua material logam atau lebih. Logam disambung dengan memanasi dua bagian dan kemudian menyatukannya secara bersama, yang dikenal sebagai proses difusi. "Fusion" adalah istilah yang mengacu pada logam yang menyatu. Prinsip ini digunakan dalam pengelasan, baik berupa las listrik maupun gas. Pada saat ini banyak pemanasan logam yang akan disambung berasal dari pembakaran gas atau arus listrik. Beberapa gas dapat digunakan, tetapi yang sangat populer adalah gas *acetylene* yang lebih dikenal dengan gas karbit. Selama pengelasan, gas *acetylene* dicampur dengan gas oksigen murni.

Kombinasi campuran gas tersebut memproduksi panas yang paling tinggi diantara campuran gas lain. Cara lain yang paling utama digunakan untuk memanasi logam yang dilas adalah arus listrik. Arus listrik dibangkitkan oleh generator dan dialirkan melalui kabel ke sebuah alat yang menjepit elektroda diujungnya, yaitu suatu logam batangan yang dapat menghantarkan listrik dengan baik. Ketika arus listrik dialirkan, elektroda disentuhkan ke benda kerja dan kemudian ditarik ke belakang sedikit, arus listrik tetap mengalir melalui celah sempit antara ujung elektroda dengan benda kerja. Arus yang mengalir ini dinamakan busur (*arc*) yang dapat mencairkan logam.

Pada proses pengelasan dengan electric arc welding ada 2 kategori yaitu *consumable electrode* dan *non consumable electrode* [1-3]. Yang dimaksud dengan *consumable electrode* adalah elektroda ikut habis terbakar dan sekaligus sebagai bahan pengisi. Sedangkan *non consumable electrode* adalah proses pengelasan dimana elektroda tidak ikut terbakar. Bahan pengisi menggunakan bahan lain yang dicairkan bersamaan dengan pencairan logam induk. Salah satu contoh pengelasan *consumable Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG), *Submerged Arc Welding* dan contoh pengelasan *non consumable Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)*

Bejana tekan merupakan sebuah container untuk fluida, baik fluida cair maupun gas [4,5]. Dalam perancangan bejana tekan, ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, seperti tegangan yang dapat muncul pada dinding bejana tekan yang berasal dari tekanan fluida di dalam bejana tekan. Proses pembuatan bejana tekan dilakukan dengan penyambungan dengan menggunakan pengelasan, dimana hasil pengelasan harus memperhatikan kekuatan dari

dari material bejana tekan itu sendiri. Material yang digunakan yaitu SA 283 Grade C dan proses pengelasan menggunakan GTAW (*Gas Tungsten arc Welding*). Perencanaan pengelasan, parameter pengelasan, dan semua yang berkaitan dengan pengelasan dilakukan sesuai WPS (*Welding Procedure Specification*) yang berdasarkan pada ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) section IX. ASME section IX sendiri merupakan standar yang berfokus kepada pengelasan bejana tekan.

Bejana tekan decolorizer sendiri adalah bejana tekan yang berfungsi untuk menyimpan liquid yang nantinya akan digunakan untuk menghilangkan warna dari material baik warna alami maupun warna tambahan [6-8]. Bejana tekan decolorizer biasanya berisi liquid berjenis *polyacrilic acid, hydrogen peroxide, ethylene dichloride (EDC)*. Bejana tekan ini dapat ditemukan di perusahaan – perusahaan yang bekerja di bidang tekstil, bidang percetakan kertas.

Tujuan penelitian ini adalah mengamati sifat fisis dan mekanis hasil sambungan las jenis SA 283 Grade C dengan sarana pengujian bending, pengujian tensile, pengujian radiografi. Dari pengujian tersebut akan diketahui secara fisis dan mekanis kekuatan hasil pengelasan sambungan las pada bejana tekan menggunakan material SA 283 Grade C.

Hasil penelitian dapat memberikan gambaran tentang sifat mekanis material hasil pengelasan GTAW dengan material SA 283 grade C untuk bejana tekan.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

Tahap perencanaan *desain vessel* yang dilakukan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Adapun spesifikasi sebagai berikut:

1. Volume vessel adalah 6 m³.
2. Tekanan operasi 4 kg/cm² dan tekanan desain 6 kg/cm².
3. *Corrosion Allowance* yang diperbolehkan pada *desain vessel* ini yaitu 1 mm.
4. Material yang digunakan untuk bagian plat yaitu SA 283 Grade C.
5. Diameter bagian *shell* dan tinggi *shell* yaitu 1400 mm dan 3690 mm.
6. Temperatur desain yaitu 65° C dan temperatur operasi *ambient* atau menyesuaikan temperatur ruangan.
7. Product atau isi dari vessel ini yaitu *chemical EDC FP*.
8. Sedangkan untuk ketebalan *shell* yaitu 5 mm.

Untuk menentukan ketebalan plat untuk bagian shell yang akan digunakan, digunakan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} \quad (1)$$

Dimana:

P = Design pressure (6 kg/cm²)

R = Inside radius (700 mm = 70 cm)

S = Allowable stress (15,7 Psi = 1101,3 kg/cm²)

E = Joint efficiency (Dengan menggunakan *joint efficiency* 1 maka dilakukan pengujian radiography menyeluruh)

Ca = Corrosion allowance (1 mm)

$$t = \frac{6 \times 70}{(1.101,3 \times 1) - (0,6 \times 6)}$$

$$t = \frac{420}{1.101,3 - 3,6}$$

$$t = \frac{420}{1.097,7}$$

$$t = 0,38 \text{ cm} \approx 3,8 \text{ mm}$$

$$t = 3,8 \text{ mm} + 1 \text{ mm (Corrosion allowance)}$$

$$t = 4,8 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk menentukan ketebalan plat pada bagian *ellipsoidal head* digunakan rumus:

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} \quad (2)$$

Dimana:

P = Design pressure (6 kg/cm²)

D = Inside diameter (1400 mm = 140 cm)

S = Allowable stress (15,7 Psi = 1101,3 kg/cm²)

E = Joint efficiency (Dengan menggunakan *joint efficiency* 1 maka dilakukan pengujian radiography menyeluruh)

Ca = Corrosion allowance (1 mm)

$$t = \frac{6 \times 140}{(2 \times 1.101,3) - (0,2 \times 6)}$$

$$t = \frac{840}{2.202,6 - 1,2}$$

$$t = \frac{840}{2.201,4}$$

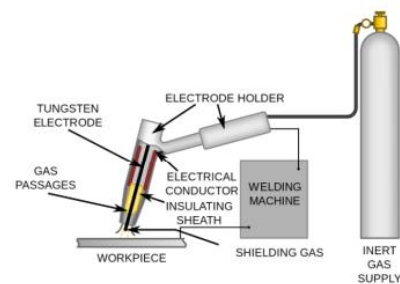
$$t = 0,38 \text{ cm} \approx 3,8 \text{ mm}$$

$$t = 3,8 \text{ mm} + 1 \text{ mm (Corrosion allowance)}$$

$$t = 4,8 \text{ mm (Tebal minimal setelah di forming)}$$

Tebal plat dari bahan material yang digunakan, sebelum diforming, harus ditambah minimal 20% = 4,8 x 1,2 = 5,76 mm = 6 mm

Tahap perencanaan pengelasan, diawali dengan persiapan pengelasan yang dilakukan berdasarkan standar yang ditetapkan yaitu ASME section IX yang mengatur mengenai pengelasan pada bejana tekan. Metode pengelasan yang digunakan pada pengelasan ini yaitu, pengelasan GTAW karena hasil las bersih, bebas percikan, kontrol yang baik pada penetrasi root dan umumnya menghasilkan sedikit cacat. Namun kekurangan pada pengelasan ini adalah kecepatan las lebih lambat dari SMAW & SAW. Dan biaya lebih tinggi, karena memerlukan inert gas (dengan gas argon).



Gambar 1. Skema pengelasan GTAW

Elektroda yang akan dipakai saat pengelasan ini yaitu, elektroda jenis ER 70S – 6. Berdasarkan ASME Section II untuk menyesuaikan material plat yang digunakan yaitu SA 283 Grade C. Dimana spesifikasi elektroda ER70S – 6 memiliki *yield stress* sebesar 525 MPa dan *tensile strength* sebesar 595 MPa. Dengan itu *yield stress* dan *tensile strength* elektroda ini dapat menyeimbangkan *yield stress* dan *tensile strength* yang dimiliki oleh plat yang akan digunakan.

Tahap pembuatan spesimen, pada tahap ini pembuatan spesimen yang akan diuji coba untuk pengujian DT dan NDT berdasarkan ASME section IX, dua buah plat SA 283 Grade dibagi menjadi delapan bagian dengan dimensi 38 mm x 250 mm dengan ketebalan 5 mm untuk pengujian NDT (*radiography test & dye penetrant test*) dan DT (*tensile test - bending test*), dua bagian untuk uji tarik, empat bagian untuk uji bending, dan dua bagian tidak dipakai.

Tahap pengujian material, pengujian yang dilakukan yaitu pengujian pada sambungan las untuk bejana tekan *decolorizer*. Material yang dipakai adalah besi plat SA283 Gr C dengan ketebalan 8 mm. Standar Pengujian yang digunakan pada pengujian material ini yaitu berdasarkan standar ASME section IX yang digunakan khusus untuk bejana tekan (*pressure*

vessel). Pengujian material pada proses pengelasan ini berdasarkan standar ASME section IX yaitu tensile test dan bending test. Ada juga pengujian NDT yaitu radiography test dan dye penetrant test untuk mengetahui adanya cacat fisik pada sambungan las.

Pengujian tarik atau tensile test dilakukan guna mengetahui kekuatan tarik maksimum dari pengelasan yang sudah dilakukan. Bentuk spesimen untuk pengujian tensile berdasarkan standar ASME section IX.



Gambar 2. Spesimen uji Tarik

Kekuatan tarik dihitung dengan membagi beban maksimum saat putus dengan luas penampang minimum dari benda uji yang diukur sebelum beban diterapkan. Pada uji tarik ini ada dua spesimen yang digunakan, seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Ukuran specimen uji tarik

Spesimen No.	Dimensi Lebar × Tebal (mm)	Panjang (mm)
TS 1	50,23 × 8,10	30,24
TS 2	50,19 × 8,13	30,31

Pengujian uji tarik dan bending dilakukan di Laboratorium metalurgi fisik Universitas Pancasila, menggunakan mesin jenis universal testing machine.



Gambar 3. Mesin uji Tarik



Gambar 4. Proses uji tarik specimen

Tahap selanjutnya dilakukan pengujian bending atau *bending test* (pengujian tekan) dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan las ketika diberikan tekanan baik tekanan dari luar ataupun tekanan dari dalam. Bentuk spesimen untuk pengujian bending berdasarkan standar ASME section IX dibagi menjadi 2 yaitu *face bend* (FB) dan *root bend* (RB).



Gambar 5. Specimen uji tekan *face bend*.



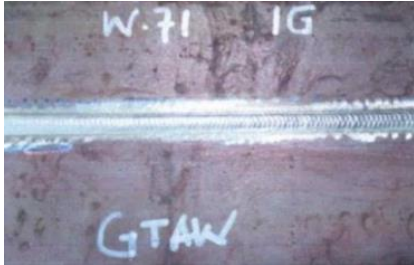
Gambar 6. Spesimen uji tekan (*root bend*)

Pada uji tekan (bending test) ini ada 4 spesimen yang digunakan seperti pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Ukuran specimen uji bending

Spesimen no.	Dimensi Lebar × tebal (mm)	Panjang (mm)
FB 1	50 × 8	250
FB 2	50 × 8	250
RB 1	50 × 8	250
RB 2	50 × 8	250

Tahap pengujian NDT diawali dengan pengujian *radiography* untuk mengetahui adanya cacat fisik yang terjadi pada daerah sambungan las. Bentuk spesimen untuk *radiography* berbentuk plat hasil pengelasan dengan ukuran 300 mm × 250 mm dengan tebal 8 mm.



Gambar 7. Spesimen uji *radiography*

Dilanjutkan dengan uji *dye penetrant*, dilakukan dengan cara menuangkan cairan pada daerah las, untuk mengetahui adanya lubang atau cacat pada daerah sambungan las.



Gambar 8. Spesimen uji *dye penetrant*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *radiography* adalah suatu cara pengujian material non – destructive dengan cara menembakan sinar-X atau sinar gamma untuk melihat struktur internal sebuah komponen. Berikut ini merupakan hasil uji *radiography* yang telah dilakukan.



Gambar 9. Pengujian *radiography*

Berdasarkan film hasil *radiography* yang dilakukan tidak terlihat adanya kecacatan, baik *cavities* ataupun *crack*.

Pengujian penetrasi (*penetrant test*) merupakan jenis pengujian tidak merusak atau *non destructive test* (NDT) yang bertujuan memeriksa permukaan material terdapat cacat las atau tidak. Berikut ini merupakan hasil uji *dye penetrant test*.



Gambar 10. Hasil uji *dye penetrant*

Berdasarkan pengujian *dye penetrant test* yang dilakukan mengacu kepada standar ASME Section 5 yaitu tidak adanya cacat atau *crack* yang lebih dari 1,5 mm, maka hasil pengujian *dye penetrant test* dapat diterima.

Hasil pengujian tarik dapat di tunjukkan pada tabel dibawah ini

Tabel 3. Hasil uji tarik

Test Specimen No	T1	T2
Measured Thickness	8,10	8,09
Measured Width	25,23	25,31
Effective Area	204,36	204,75
Ultimate Tensile Load	65,41	64,52
Ultimate Tensile Strength	316,2	315,1
Location of Failure	Base Metal	Base Metal
Type of Failure	Ductile	Ductile

Proses pengujian tarik yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dari benda uji. Adapun untuk mendapatkan data kekuatan tarik las digunakan persamaan berikut:

Batas kekuatan Tarik maksimum yang diizinkan untuk spesimen T1 (P MAX) = 64,62 kN

Tebal = 8,10 mm

Lebar = 25,23 mm

Nilai Luas Penampang (A_o) pada spesimen T1:

$$A_o = \text{Tebal} \times \text{Lebar} \quad (3)$$

$$= 8,10 \times 25,23$$

$$= 204,36 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{A_o} \quad (4)$$

$$= \frac{64,62}{204,36}$$

$$= 0,3162 \text{ kN/mm}^2 = 316,2 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 11. Spesimen hasil uji tarik T1

Batas kekuatan Tarik maksimum yang diizinkan untuk spesimen T2 (P_{MAX}) = 64,23 kN
 Tebal = 8,13 mm
 Lebar = 25,19 mm
 Nilai Luas Penampang (A_o) pada spesimen T2:

$$\begin{aligned}
 A_o &= \text{Tebal} \times \text{Lebar} \\
 &= 8,13 \times 25,19 \\
 &= 204,79 \text{ mm}^2 \\
 \sigma_u &= \frac{P_{max}}{A_o} \\
 &= \frac{64,23}{204,79} \\
 &= 0,3151 \text{ kN/mm}^2 = 315,1 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 12. Spesimen hasil uji tarik T2

Dari hasil uji tarik pada spesimen T1 diperoleh bahwa titik elastisitas terjadi saat beban 110 kN dengan beban maksimum kekuatan tarik sebesar 204,36 kN dan regangan maksimum pada saat patah sepanjang 36 mm. Sedangkan hasil uji tarik untuk spesimen T2 diperoleh titik elastisitas saat beban 105 kN dengan beban maksimum pada kekuatan tarik sebesar 204,76 kN dan regangan maksimum pada saat patah sepanjang 32 mm. Berdasarkan hasil spesimen pengujian tarik yang tertera pada gambar 11 dan gambar 12 terlihat bahwa daerah patah terjadi pada daerah HAZ (*Heat – Affected Zone*) pada *base metal*, maka hasil kualitas lasan sudah dapat dianggap baik karena daerah patahan tidak terjadi pada daerah lasan (hasil lasan lebih kuat dibandingkan *base metal*).

Bending test merupakan pengujian material dengan cara ditekan agar menghasilkan suatu data kekuatan lengkung. Tabel 4 merupakan data hasil uji bending yang telah dilakukan.

Tabel 4. Hasil uji bending

Specimen No	Type on Bend	Observation	Result
FB 1	Face Bend	No Open Discontinuity was Observed	Accepted
FB 2	Face Bend	No Open Discontinuity was Observed	Accepted
RB 1	Root Bend	No Open Discontinuity was Observed	Accepted
RB 2	Root Bend	No Open Discontinuity was Observed	Accepted



Gambar 13. Spesimen hasil uji bending face Bend 1



Gambar 14. Spesimen hasil uji bending face Bend 2

Berdasarkan hasil pengujian bending yang dilakukan pada daerah *face bend* pada spesimen FB 1 dan FB 2 yang tertera pada gambar 13 dan gambar 14 terlihat bahwa tidak ada retakan atau lubang pada daerah lasan.



Gambar 15. Spesimen hasil uji bending Root Bend 1



Gambar 16. Spesimen hasil uji bending
Root Bend 2

Berdasarkan hasil pengujian bending yang dilakukan pada daerah *root bend* pada spesimen RB 1 dan RB 2 yang tertera pada gambar 15 dan gambar 16 terlihat bahwa tidak ada retakan atau lubang pada daerah lasan.

Dari hasil pengujian bending diperoleh hasil sudah sesuai dengan standar ASME Section IX, dimana pada hasil pengujian bending dapat diterima (*Acceptance Criteria*) karena tidak ada retak atau cacat pada specimen ujinya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil uji *radiography* diperoleh bahwa spesimen uji tidak adanya cacat pengelasan yang menunjukkan bahwa proses pengelasan telah dilakukan secara baik dan telah memenuhi syarat.
2. Hasil uji *dye penetrant test* mendapatkan hasil tidak adanya cacat atau *crack* yang lebih dari 1,5 mm, dimana berdasarkan standar ASME section 5 hasil uji tersebut telah memenuhi syarat (*Acceptance Criteria*).
3. Hasil uji tarik yang telah dilakukan pada spesimen T1 dan T2 didapatkan nilai sebesar 316,2 N/mm^2 dan 315,1 N/mm^2 . Dimana hasil patahan yang terjadi pada kedua spesimen berada pada zona HAZ, yang artinya kekuatan tarik hasil pengelasan lebih kuat dibandingkan dengan kekuatan tarik *base metal*. Sehingga dapat dinyatakan bahwa hasil pengujian tarik hasil pengelasan dapat diterima karena telah memenuhi syarat (*Acceptance Criteria*) dari standar ASME Section IX.
4. Hasil pengujian bending yang dilakukan pada spesimen uji bagian *face bend* dan *root bend* tidak terdapat retak di area batas las dan juga tidak terdapat lubang pada area lasan. Sehingga berdasarkan standar ASME section IX, hasil pengelasan ini dapat diterima karena tidak ada retak atau cacat akibat lasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alip, M. 1989. Teori dan Praktik Las. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan Jakarta.
- [2] Aprianto, Nugroho; Septe, Edi; Satria, Iman. 2017. Perencanaan Sambungan Las Pada Bejana Tekan (Pressure Vessel) Tipe Separator Untuk Fluida Gas.
- [3] Groover, Mikell P., Fundamental of Modern Manufacturing, Material, Proses And System, USA: Penerbit Prentice-Hall Inc, 1996.
- [4] Bintoro, G.A., Pengelasan SMAW Dasar-Dasar Pekerjaan Las, Jilid 1, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 1999.
- [5] Santoso, Joko., Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las SMAW Dengan Elektroda E37, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, 2006.
- [6] D. H. Phillips. 2016. Posisi Pengelasan. Welding Engineering: an Introduction.
- [7] Sunaryo, Heri., Spesifikasi Prosedur Pengelasan, Welder, Inspektur las: Teknik Pengelasan Kapal, Jilid 1, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [8] Afriany, Reni; Djunaidi, Rita; Prasetya, Catur; Asmadi. 2017. Analisa Hasil Pengelasan GTAW Stainless Steel 304.