



## **The Analysis of Current Variation in TIG (Tungsten Inert Gas) Welding on the Tensile Test Results of Aluminum 5083 Plates**

**Neida Abadia El Islami<sup>1</sup>, Mukhnizar<sup>2</sup>, Zulkarnain<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Dan Perencanaan Universitas Ekasakti Padang

Email: [neidaabadiaelislami10@gmail.com](mailto:neidaabadiaelislami10@gmail.com)

### **ABSTRACT**

Tig welding (Tungsten Inert Gas) is one of the metal connections by welding on the surface of the plates connected to each other at the same time an electric current is passed so that the surface becomes hot and melts due to electrical resistance. Where Aluminum 5083 has a maximum tensile strength of 317 MPa (46,000Psi). This study aims to determine the results of tensile testing on welded joints using TIG welding (Tungsten Inert Gas) on Aluminum 5083 material. Quantitative research approach. The research technique used is an experiment, the research location was carried out in the mechanical engineering laboratory of Ekasakti University Padang and in the Mechanical Engineering Laboratory of ITP (Padang Institute of Technology). From the 100A current strength specimen, the average value was obtained: Maximum tensile stress ( $\sigma_u$ ) (43,016,8 N/mm<sup>2</sup>), Yield Stress ( $\sigma_y$ ) (2.354.4 N/mm<sup>2</sup>), Strain ( $\epsilon$ ) (0,02228%), Modulus of Elasticity ( $E$ ) (1.930.7360 N/mm<sup>2</sup>). And with a current of 120A, the average obtained is: Maximum Tensile Strength ( $\sigma_u$ ) (62,9311 N/mm<sup>2</sup>), Yield Stress ( $\sigma_y$ ) (7.848 N/mm<sup>2</sup>), Strain ( $\epsilon$ ) (0.059.58%), Modulus of Elasticity ( $E$ ) (1,056,24 N/mm<sup>2</sup>). Based on the research results, it shows that the tensile strength results based on the current strength in TIG (Tungsten Inert Gas) welding, the average value with a welding current of 120A has a higher and greater tensile stress, yield stress, and strain compared to a current of 100A. This shows that the connection with a welding current of 120A is better than the welding current of 100A.

**Keywords:** Aluminum 5083, Maximum Tensile Stress, Yield Stress, Strain, Modulus of Elasticity Las TIG.

### **PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi dan keperluan akan hasil pengolahan yang kokoh membuat bidang las sebagai opsi penting pada proses konstruksi. Maka diperlukan pengelasan yang berkualitas tinggi untuk mendukung kerangka yang aman, kokoh serta mampu bertahan lama. Mutu pengelasan tidak bisa dilihat secara langsung, tetapi wajib dilihat strukturnya. Produk las yang cukup baik dalam kasatmata tidak dapat dijadikan acuan bahwa las memiliki struktur yang baik. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran atau pengujian produk pengelasan guna mencari tahu apakah hasil pengelasan sesuai ketentuan.

Aspek yang dapat memberikan dampak ketangguhan sebuah konstruksi sangat beragam, salah satunya yakni disebabkan adanya berubahnya struktur dikarenakan tahap pemanasan. Pengelasan adalah proses pemanasan yang dilakukan pada sebuah komponen. Logam yang terpengaruh oleh panas pengelasan mengubah struktur mikro di sekitar area las. Bentuk struktur mikro tergantung pada suhu maksimum yang tercapai dalam tahap pengelasan, kelajuan pengelasan serta cepatnya proses pendinginan yang dilewati pada tahap pengelasan. Bagian logam yang terjadi transisi struktur karena pemanasan disebut *Heat Affected Zone* (HAZ).

Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Salah satu cara untuk mengetahui sifat mekanik dari logam adalah dengan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data bagi spesifikasi bahan. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik (Sari, D.M., 2015).

Dalam campuran aluminium ada campuran yang bisa diberi perlakuan panas serta campuran yang tidak bisa diberi perlakuan panas. Aluminium seri 5083 merupakan tipe aluminium yang campuran utamanya adalah *magnesium* (Mg) 4,5%. Campuran seri 5000 yakni jenis campuran aluminium yang tidak bisa direparasi secara mekanis menggunakan tindakan panas, oleh karena itu disebut paduan yang tidak dapat diolah dengan panas. Paduan aluminium seri 5083 merupakan tipe aluminium yang sering dipakai pada industri produksi kapal, sebab memiliki karakteristik mekanik serta kemampuan korosi yang bagus. Aluminium tersebut paling sering dipakai guna material kapal serta bejana tekan. Di sektor angkatan laut, aluminium umumnya dipakai guna material tangki, terutama tangki air tawar maupun tangki bahan bakar, tetapi juga bisa dipakai secara umum dalam pembuatan kapal. (Naufal dkk, 2016: 256-257).

Ada lapisan pasif ataupun lapisan oksida  $Al_2O_3$  pada permukaan aluminium yang mempunyai ketertarikan tinggi pada oksigen. Lapisan oksida  $Al_2O_3$  mempunyai titik leleh kira-kira  $2.050\text{ }^{\circ}C$  dimana hanya sekitar  $600\text{ }^{\circ}C$  lebih tinggi dari aluminium logam aslinya. Jika campuran aluminium tersebut mendapat panas pada tahap pengelasan, ada kemungkinan logam dasar telah meleleh sedangkan lapisan oksidanya tidak atau belum meleleh. Problematika tersebut bisa membuat pembauran menjadi sulit jika pengelasan menyertakan logam pengisi (Sonawan dan Suratman, 2004: 131-132).

Lasan yang baik yaitu ketika logam pengisi benar-benar tercampur bersama logam induk. Kegagalan tahap pembauran tersebut didorong karena terdapat lapisan oksida sebagai penghalang yang membuat cacat yakni penetrasi yang tidak sempurna (*incomplete penetration*) (Linda Andewi, 2016: 3). Maka, diperlukan jalan keluar guna meniadakan lapisan oksida tersebut dengan tahap pengelasan TIG atau GTAW. Naufal dkk (2016:257) menyebutkan jika *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada umumnya merupakan proses las gas busur tungsten, elektrodanya dimanfaatkan menjadi penyalat/*flame feeder*. Elektroda tak dipergunakan semacam dalam tahap pengelasan listrik. Tahap pengelasan TIG biasanya membuat hasil las yang lebih bagus dibandingkan tahap lainnya, keuntungannya ialah bisa mengelas aluminium.

Lapisan oksida tersebut pula merupakan isolator yang bisa menghalangi aliran arus pada las. Apabila lapisan oksida lumayan tebal mampu menghalang pemogokan busur ataupun menyulitkan guna menghasilkan busur listrik. Guna mendapatkan perolehan pengelasan yang sempurna harus diperhatikan keadaan pengelasan, yang terdiri dari cara pengelasan, berbagai arus yang dipakai (AC, elektroda DC positif, elektroda DC negatif), arus pengelasan, tegangan busur, kelajuan pengelasan, keadaan panas pertama, total jalur, total lapisan, temperatur antara strip las serta pemberian panas setelah tahap las. Keadaan pengelasan berpatokan pada arus pengelasan, tegangan busur serta kelajuan pengelasan (Daryanto, 2012: 188).

Linda Andewi (2016: 4) mengatakan jika kisaran yang sesuai dari arus pengelasan ditetapkan dari tebalnya logam dasar, garis tengah elektroda las, rentang hubungan serta letak pengelasan. Maka, penyetelan intensitas arus perlu dilakukan saat awal melakukan tahap las. Arus yang berlebihan bisa menimbulkan kawat elektroda ini merasakan panas berlebih pada saat tahap penyambungan, sehingga menimbulkan goresan serta visual tepi las

kurang baik. Di sisi lain, las yang terlampau rendah membuat akumulasi, diprediksi menimbulkan rusaknya pengelasan semacam kurangnya penetrasi serta masuknya terak.

Aplikasi las TIG (*Tungsten Inert Gas*) ada dalam produksi kapal, biasanya aluminium 5083 sering dipakai dalam perusahaan produksi kapal. Contoh kapal yang menggunakan aluminium 5083 adalah kapal patroli, paduan aluminium 5083 biasa digunakan sebagai bahan lambung kapal.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan TIG terhadap kekuatan tarik pada plat aluminium 5083. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Institut Teknologi Padang dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Ekasakti Padang pada periode September hingga November 2024. Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas berupa arus pengelasan (100A dan 120A), variabel terikat berupa hasil pengujian tarik, serta variabel kontrol seperti jenis material, ukuran spesimen, dan kondisi proses pengelasan. Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur dan studi lapangan sebagai dasar konseptual, dilanjutkan dengan pembuatan spesimen dan pengelasan menggunakan variasi arus yang telah ditentukan.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode, yaitu studi literatur, observasi, dan eksperimen. Studi literatur digunakan untuk memperoleh referensi ilmiah terkait pengelasan TIG dan sifat mekanik aluminium 5083. Observasi dilakukan melalui wawancara dan konsultasi dengan teknisi bengkel terkait prosedur pembuatan spesimen. Metode eksperimen melibatkan proses pengelasan spesimen pada arus 100A dan 120A, kemudian dilanjutkan dengan proses milling untuk meratakan permukaan hasil pengelasan. Setelah itu, spesimen diuji tarik menggunakan mesin uji sesuai standar ASTM E8, di mana data tegangan, regangan, tegangan luluh, dan modulus elastisitas direkam secara otomatis oleh alat uji.

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan teknik perhitungan rata-rata (mean) untuk mendapatkan gambaran umum kekuatan tarik pada setiap variasi arus. Perhitungan meliputi tegangan tarik, regangan, tegangan luluh, dan modulus elastisitas menggunakan persamaan dasar mekanika material. Hasil analisis kemudian digunakan untuk membandingkan kualitas sambungan las antara arus 100A dan 120A, sehingga dapat ditentukan variasi arus pengelasan yang menghasilkan sambungan terbaik pada aluminium 5083. Analisis perbandingan ini menjadi dasar pembahasan mengenai efek panas, perubahan sifat material, dan kualitas struktur hasil lasan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Hasil Pengujian Tarik

Analisis pengaruh arus pengelasan 100A dan 120A. Pada pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai tegangan tarik, tegangan luluh, regangan serta modulus elastisitas yang dapat ditahan sebelum akhirnya spesimen putus.

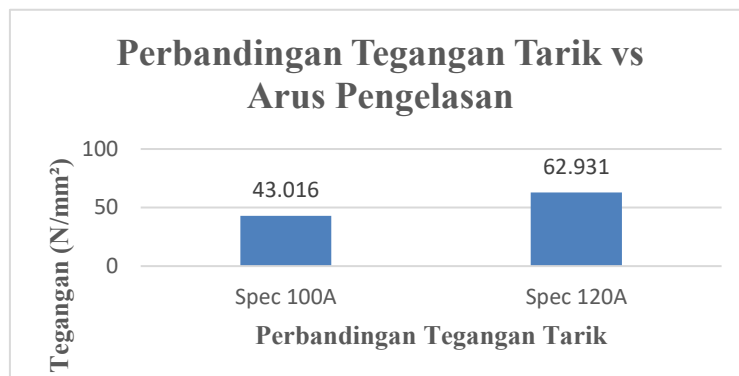
**Tabel 5.1** Data Hasil Pengujian Tarik Dari Mesin Uji MetaPOLY TEST 10-T Universal Testing Machines.

| No | Variasi Arus pengelasan | Specimen | Tipe/merek Sample | Ukuran |        | Lo (mm) | Ao (mm <sup>2</sup> ) | Fy (mm) | Fu (Kn) | Li (mm) |
|----|-------------------------|----------|-------------------|--------|--------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|
|    |                         |          |                   | T (mm) | W (mm) |         |                       |         |         |         |
| 1  | 100 A                   | Spec 1   | Aluminium 5083    | 8      | 12,5   | 50      | 100                   | 215,82  | 5326,83 | 50,164  |
|    |                         | Spec 2   | Aluminium 5083    | 8      | 12,5   | 50      | 100                   | 255,06  | 3276,54 | 52,065  |
|    | Rata-rata               |          |                   | 8      | 12,5   | 50      | 100                   | 235,44  | 4301,68 | 51,114  |

|   |           |        |                |   |      |    |     |         |         |        |
|---|-----------|--------|----------------|---|------|----|-----|---------|---------|--------|
| 2 | 120 A     | Spec 1 | Aluminium 5083 | 8 | 12,5 | 50 | 100 | 1147,77 | 6131,25 | 52,597 |
|   |           | Spec 2 | Aluminium 5083 | 8 | 12,5 | 50 | 100 | 421,83  | 6454,98 | 53,362 |
|   | Rata-rata |        |                | 8 | 12,5 | 50 | 100 | 784,8   | 6293,11 | 52,979 |

### 1. Hasil Pengujian sesuai arus 100A,120A Terhadap Tegangan Tarik

Pada saat pengujian di peroleh hasil bahwa arus pengelasan 120 A ( $62.931,1 \text{ N/mm}^2$ ) yang lebih tinggi dari pada dengan arus pengelasan 100 A ( $43.016,8 \text{ N/mm}^2$ ), Ini menunjukkan bahwa sambungan dengan arus pengelasan 120 A lebih baik dibandingkan dengan arus pengelasan 100 A. seperti terlihat pada gambar 5.1.

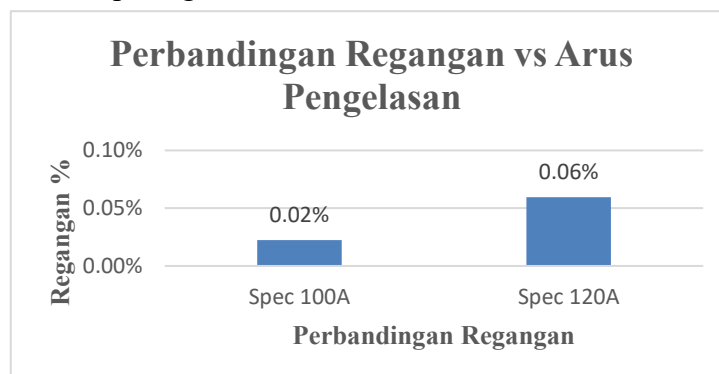


Gambar 5.1 Grafik Tegangan Tarik Rata-Rata Maksimum Dari Spesimen Arus Pengelasan  
Nilai rata-rata tegangan tarik sesuai arus pengelasan 100A dan 120A dapat disebabkan oleh beberapa alasan:

- Arus 100A dan 120A memiliki tegangan tarik yang berbeda karena dipengaruhi oleh gaya tarik yang berbeda pada setiap arus pengelasan yang diuji.
- Tegangan tarik pada arus 100A lebih kecil dari pada arus pengelasan 120A terjadi karena perbedaan arus pengelasan yang mana arus 120A lebih besar di bandingkan dengan arus pengelasan 100A. Hal ini menyebabkan perubahan sifat meterial karena kelebihan panas yang dihasilkan pada saat pengelasan dan hal ini menyebabkan terjadinya cacat las yang sangat tinggi.

### 2. Hasil Pengujian Tarik sesuai Arus pengelasan 100A Dan 120A Terhadap Regangan.

Pada saat pengujian di peroleh hasil bahwa arus pengelasan 120A memiliki regangan lebih besar dari pada arus pengelasan 100A. Nilai rata-rata regangan pada spesimen arus 120 A memiliki nilai 0,05958% yang lebih besar dari pada spesimen arus 100A memiliki nilai 0,02228%. seperti terlihat pada gambar 5.2.



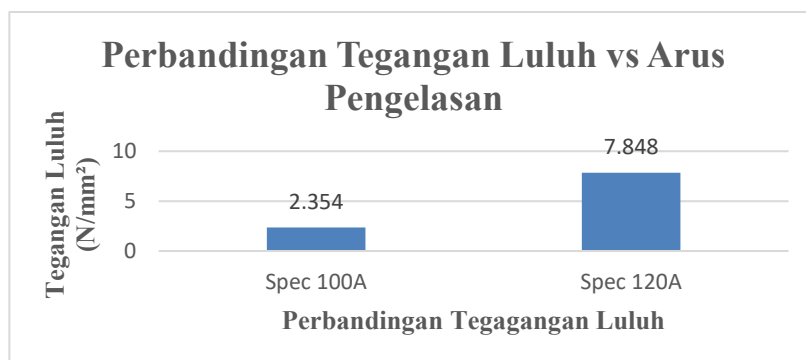
Gambar 5.2 Grafik Regangan Rata-Rata Maksimum Dari Spesimen Arus Pengelasan 100A, 120A

Nilai rata-rata regangan pada arus pengelasan 120A lebih besar dibandingkan dengan arus pengelasan 100A dengan alasan:

- Karena dipengaruhi oleh gaya yang diberikan arus pengelasan 100A lebih rendah dibandingkan dengan arus pengelasan 120A akibat dari gaya total yang diberikan pada setiap spesimen sesuai waktu tekan tersebut berbeda sehingga regangan pada arus pengelasan 120A lebih panjang dari arus pengelasan 100A.
- Perubahan sifat material yang terjadi pada saat proses pengelasan dengan arus pengelasan 100A dan 120A. Hal ini menyebabkan terjadinya deformasi atau perubahan sifat material yang akan menyebabkan benda itu menjadi kaku pada regangan yang dilihat itu adalah panjang akhir yang didapatkan setelah melakukan pengujian dan dikurangi selisih panjang awal.

### 3. Hasil Pengujian Tarik Sesuai Arus Pengelasan 100A Dan 120A Terhadap Tegangan Luluh.

Pada saat pengujian di lakukan didapatkan nilai tegangan luluh bahwa arus pengelasan 100A memiliki tegangan luluh lebih kecil dari pada arus pengelasan 120A. Nilai tegangan luluh pada spesimen waktu tekan 120A 7.848 N/mm<sup>2</sup> yang lebih besar dari pada spesimen arus pengelasan 100A memiliki nilai 2.354,4 N/mm<sup>2</sup> seperti terlihat pada gambar 5.3

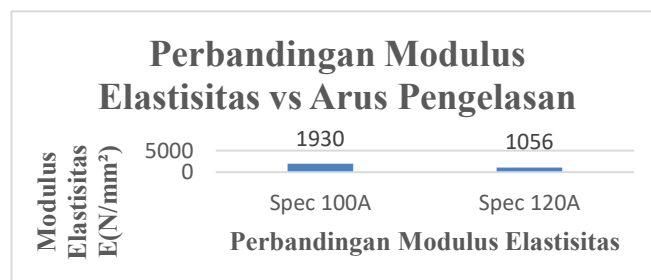


Gambar 5.3 Grafik Tegangan Luluh Rata-Rata Dari Spesimen Arus 100a Dan 120A.

Berikut beberapa alasan mengapa nilai rata-rata pada arus pengelasan 100A lebih kecil dibandingkan dengan arus pengelasan 120A diakibatkan oleh beban yang mana semakin berat beban yang diberikan maka materialnya berkurang sifat elastisitasnya. Maka terjadilah tegangan luluh.

### 4. Hasil Pengujian Tarik Sesuai Arus Pengelasan Terhadap Modulus Elastisitas.

Pada saat pengujian di lakukan didapatkan nilai bahwa arus penegelasan 120A memiliki modulus elastisitas lebih kecil dari pada arus pengelasan 100A. Nilai modulus elastisitas pada spesimen arus pengelasan 100A memiliki nilai 1.930,7360 N/mm<sup>2</sup> yang lebih besar dari pada spesimen arus pengelasan 120A memiliki nilai 1.056,24 N/mm<sup>2</sup>. seperti terlihat pada gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Grafik Modulus Elastisitas Rata – Rata Dari Spesimen Arus Pengelasan 100A Dan 120A

Jadi ditemukan bahwa modulus elastisitas pada arus pengelasan 120A lebih kecil dibandingkan dengan 100A, berikut beberapa alasan potensial:

- a. Tegangan luluh pada arus pengelasan waktu setiap pengujian berbeda tergantung dimana setiap spesimen pengujian mengalami patah saat dilakukan pengujian tarik.
- b. Regangan pada setiap pengujian awal spesimen mengalami perubahan yang disebabkan oleh deformasi pada setiap pengujian yang dilakukan.

Dari analisis data pada arus pengelasan 100A dan 120A terhadap tegangan, regangan, tegangan luluh dan modulus elastisitas pengujian tarik maka didapatkan kualitas sambungan yang baik dan yang kurang baik sebagai berikut :

1. Tegangan ( $\sigma$ )

Sambungan dengan nilai tegangan yang tinggi menunjukkan bahwa sambungan tersebut mampu menahan beban yang lebih besar sebelum mengalami kegagalan. Arus pengelasan 120A memiliki nilai tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan arus pengelasan 100A, maka sambungan dengan arus pengelasan 120A dianggap lebih baik dalam hal ini.

2. Regangan ( $\epsilon$ )

Nilai regangan yang tinggi menunjukkan bahwa material mampu mengalami deformasi yang lebih besar sebelum putus. Jika arus pengelasan 120A memiliki regangan yang lebih tinggi dibandingkan arus pengelasan 100A, ini menunjukkan bahwa sambungan pengelasan arus 120A memiliki fleksibilitas yang lebih baik.

3. Tegangan Luluh

Ini tegangan luluh di mana material mulai mengalami deformasi plastis (permanen). Sambungan dengan tegangan luluh yang lebih tinggi menunjukkan sambungan yang lebih kuat terhadap beban. Arus pengelasan 120A memiliki tegangan luluh yang lebih tinggi daripada arus pengelasan 100A, ini menunjukkan bahwa sambungan pengelasan arus 120A lebih kuat dan tahan terhadap beban.

4. Modulus Elastisitas

Menunjukkan kekakuan material. Sambungan dengan modulus elastisitas yang lebih rendah akan lebih fleksibel, sedangkan yang lebih tinggi akan lebih kaku. Arus pengelasan 120A memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dari pada arus pengelasan 100A, ini menunjukkan bahwa sambungan hasil pengelasan arus 120A lebih fleksibel.

Arus pengelasan 120A yang paling bagus atau yang paling kuat dikarenakan pada saat benda kerja menyatu sempurna karena kuat arus cocok untuk ketebalan 8 mm, sehingga atom-atom pada aluminium rapat. Arus pengelasan 120A yang paling baik karena pada saat pengujian tarik spesimen ke 2 ujinnya putus di daerah *base metal*, Dikarenakan uji tarik putus dapat memberikan informasi tentang kualitas dan keandalan material dasar, termasuk kekuatan tarik, batas elastis, dan sifat mekanis lainnya. Ini membantu memastikan bahwa aluminium yang digunakan memenuhi spesifikasi kualitas yang diperlukan. Uji tarik putus memberikan pemahaman tentang kekuatan struktural dari logam tersebut. Ini penting untuk menilai apakah material tersebut mampu menahan beban atau tekanan yang mungkin diterimanya dalam kondisi operasional.



## KESIMPULAN

Penelitian perbandingan kekuatan sambungan las sesuai arus pengelasan 100A dan 120A pada plat alumunium 5083 dapat disimpulkan bahwa hasil kekuatan tarik berdasarkan arus pengelasan pada las TIG (*Tungsten Inert Gas*) sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata dengan arus pengelasan 120A memiliki tegangan tarik, tegangan luluh, dan regangan yang lebih tinggi dan lebih besar dari pada dengan arus pengelasan 100A, Ini menunjukkan bahwa sambungan dengan arus pengelasan 120A lebih baik dan lebih kuat dibandingkan dengan arus pengelasan 100A.
2. Nilai rata – rata dengan arus pengelasan 100A ( $1.930,7360 \text{ N/mm}^2$ ) memiliki modulus elastisitas lebih besar dibandingkan dengan arus pengelasan 120A ( $1.056,24 \text{ N/mm}^2$ ), ini menunjukkan bahwa sambungan dengan arus pengelasan 100A lebih kaku dibandingkan dengan arus pengelasan 120A.

## DAFTAR PUSTAKA

- A Naufal, Jokosisworo dan Samuel (2016) “pengaruh arus listrik dan sudut kampuh V terhadap kekuatan tarik dan tekuk alumunium 5083 pengelasan GTAW”, jurnal teknik perkapalan UNDIP
- Afwandia, A dan Mochammad Arif Irfa’I, 2016. Pengaruh Kuat Arus Las MIG(Metal Inert Gas) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan V BajaTahan Karat AISI 30. JTM Volume 04 Nomor 02 07-12.
- Aisyah Jurnal Teknologi Pengolahan Limbah Vol. 14. No. 2 : 14-30
- Aljufri., 2008., “Pengaruh variasi sudut kampuh V tunggal dan kuat arus pada sambungan logam aluminium – Mg 5083 terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan TIG”,Universitas Sumatra utara., Medan.
- Alip Teori Pratik Las. Yogyakarta, IKIP Yogyakarta.
- American Society For Testing And Materials, 1997. “Standard Test Method For Vickers Hardness Of Metallic Materials”, ASTM, E92-82.
- ASME IX 2001, “Welding and Brazing Qualifications. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue”, New York, 10016 USA.
- ASTM E8/E8-M.”Standart Uji Tarik Amerika” Ausaid. 2001.“Dasar Las MIG/MAG (GMAW)”. Batam Institutional Development Project.
- Chohey, N.P. 2004, "Handbook chemical Engineering Calculations", Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- Daryanto. 2012. “Teknik Las”. Bandung: Alfabeta Dieter, 1933:330. Teori dan Rumus Perhitungan Pengujian Kekerasan Brinell,Vikers, Rockwheel.
- Hartono Anton J; Tomojiro Kaneko, 1992, “Mengenal Pelapisan Logam (elektroplating)”, Andi offset, Yogyakarta.

- Jokosisworo, S., 2009.” Pengaruh Besar Arus Listrik dengan Menggunakan Elektroda SMAW Terhadap kekuatan Sambungan Las Butt Joint pada Plat Mild Steel”. Jurnal Teknik Perkapalan Fakultas UNDIP
- Laksono, Solichin dan Yoto (2017) tentang ”Analisa Kekuatan Tarik Aluminium 5083 Hasil Pengelasan GMAW Posisi 1G dengan Variasi Kuat Arus dan Debit Aliran Gas Pelindung”, Jurnal Teknologi.
- Linda Andewi. 2016. Pengaruh Variasi Arus Pada Hasil Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) Terhadap Sifat Visis dan Mekanis Pada Aluminium 6061. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Naufal Jurnal Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro 4 (1)
- Mandal. 2005. “Aluminum Welding”. 2nd ed. Narosa Publishing House. New Delhi.
- Mutombo dkk (2010), “sifat mekanik dari aluminium AA 5083 H116 setelah pengelasan manual dan otomatis las GMAW dengan elektroda ER5356”
- Wirdarto Penelitian EX Post Fakto Yogyakarta.
- Wisnu Pranajaya dkk (2019), Jurnal Teknik Perkapalan. Vol. 7, No, 4 Oktober 2019.
- Wirjosumarto, H., Okumura, S., 1996,”Teknologi Pengelasan Logam”, PT. Pradnya.
- Yusrik Arham (2016), Jurnal Teknik Mesin S1 Fakultas Teknik Universitas Haluoleo. Vol. 2. No. 2.
- Sonawan dan Suratman (2004: 1) Pengelasan Logam, Alfabeta PT. Pradnya Pramita Bandung.