

# Analisis pengaruh variasi arus terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada pengelasan material SM 400 B

Wahyu Agung Almuzikri, Usman, Bukhari.  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Lhokseumawe, 24301, Indonesia  
Email : 17wahyuagung@gmail.com

## Abstrak

Arus merupakan salah satu parameter pada pengelasan karena sangat berpengaruh terhadap kekuatan sambungan material hasil pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada pengelasan SMAW dengan elektroda E 7016. Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah jenis JIS G3106 Grade SM 400 B. Bahan diberi perlakuan arus pengelasan dengan variasi arus 100 Ampere, 130 Ampere dan 160 Ampere dengan menggunakan las SMAW polaritas terbalik dengan elektroda dihubungkan dengan katup positif dan logam induk dihubungkan dengan katup negatif, posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan 1G mendatar atau bawah tangan, jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 60°. Spesimen dilakukan pengujian kekuatan tarik dan pengujian kekerasan metode *Rockwell*. Hasil pengujian kekuatan tarik pada kelompok spesimen variasi arus 100 Ampere, 130 Ampere dan 160 Ampere, nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada arus pengelasan 130 Ampere yaitu sebesar 50,10 Kgf/mm<sup>2</sup>, sedangkan *elongation* tertinggi pada variasi arus 100 Ampere yaitu sebesar 16,46%. Dan untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat pada *weld* pada variasi arus 160 Ampere yaitu sebesar 77,70 HRC. Dan jenis-jenis patahan yang terjadi pada uji tarik adalah patah ulet.

**Kata kunci:** Pengelasan, variasi arus, kekuatan tarik, kekerasan, SM 400 B.

## *Analysis of the effect of current variations on tensile strength and hardness in welding SM 400 B material*

### Abstract

*Current is one of the parameters in welding because it greatly affects the strength of the welded material connection. This study aims to determine the effect of variations in welding current on tensile strength and hardness in SMAW welding with electrodes E 7016. This study uses low carbon steel type JIS G3106 Grade SM 400 B. The material is treated with welding currents with current variations of 100 Ampere, 130 Ampere and 160 Ampere using reverse polarity SMAW welding with the electrode connected to the positive valve and the parent metal connected to the negative valve, the welding position using the 1G welding position horizontally or under the hand, the type of seam used is V seam with an angle of 60°. The specimens were tested for tensile strength and hardness testing using the Rockwell method. The results of the tensile strength test on the specimen group of current variations of 100 Ampere, 130 Ampere and 160 Ampere, the highest tensile strength value is found in the welding current of 130 Ampere which is 50.10 Kgf/mm<sup>2</sup>, while the highest elongation is at 100 Ampere current variation which is 16.46 %. And the highest hardness value is found in the weld at a current variation of 160 Ampere, which is 77.70 HRC. And the types of fractures that occur in the tensile test are ductile fractures.*

**Keywords:** *Welding, current variation, tensile strength, hardness, SM 400 B*

### 1. Pendahuluan

Dalam proses pengelasan pemilihan besar-kecilnya arus sangat berpengaruh terhadap hasil pengelasan yang diinginkan[1],[2][3]. Hasil pengelasan yang diharapkan tidak saja bentuk kampuh lasnya yang baik, tetapi juga kekuatan dari sambungan las yang didapat harus baik dan kuat. Perbandingan besar kecilnya arus tergantung dari jenis kawat las yang digunakan, posisi pengelasan serta tebal bahan dasar atau tebal benda kerja yang akan dilas. Besar

arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan jarak pengelasan serta polaritas listrik mempengaruhi kekuatan hasil lasan dan efisiensi pekerjaan dalam proses pengelasan[4].

Oleh karena itu hal yang terjadi mengakibatkan proses pengelasan adalah tumbuhnya antrian tegangan yang lebih banyak bila dibandingkan bersama penyambungan yang lainnya. Namun pada pembahasan ini yang menyebabkan terjadinya perubahan sifat-sifat bahan pada sambungan terutama

di daerah yang terkena oleh panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*)[5], sebab daerah itu adalah daerah yang terkena panas dari bagian dari pada logam induk yang selama proses merasakan pemanasan dan pendinginan.

Ada beberapa penelitian tentang arus pengelasan yang sebelumnya dilakukan oleh beberapa peneliti[6]–[9] untuk mendapatkan arus yang sesuai sehingga bisa mendapatkan nilai kekuatan hasil las yang maksimal. Penelitian yang dilakukan oleh Azwinur, dkk dengan judul pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050 didapatkan kesimpulan bahwa arus pengelasan sangat mempengaruhi kekuatan sambungan las, hal ini dapat terlihat dari nilai kekuatan tegangan tarik dimana nilai tertinggi pada spesimen yang dilas dengan arus 100A, sedangkan untuk tegangan tarik terendah pada spesimen dengan arus pengelasan 150[10].

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi arus lainnya dan juga material yang berbeda. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi arus terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada pengelasan material SM 400 B.

## 2. Metodologi Penelitian

Material yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja karbon rendah jenis JIS G3106 Grade SM 400 B. Ketebalan material 9 mm, elektroda yang digunakan adalah jenis E7016 (JIS Z3211 E 4916).

Tahap awal dilakukan pengelasan material dengan variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 100 A, 130 A, 160 A. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 2 mm.

Setelah dilakukan pengelasan selanjutnya dilakukan uji tarik dengan terlebih dahulu pembuatan spesimen benda uji yang mengacu standar ASME Section IX.



**Gambar 1.** Hasil pembuatan spesimen Uji tarik

Untuk pengujian tarik dilakukan pada semua material yaitu ada 9 spesimen, 3 pada spesimen dengan arus 100 A, 3 pada spesimen dengan arus 130 A dan 3 pada spesimen dengan arus 160 A. Dengan menggunakan mesin uji model *Universal Testing Machine* (60-007) merek *Galdabini*.

Setelah pengujian uji tarik dilakukan pengujian yang kedua yaitu pengujian kekerasan jenis *Rockwell* metode HRC. Pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan Model HR-150 A, dengan

menggunakan metode pengujian *Rockwell C* (*ASTM E-18 Standard Test Methods For Rockwell Hardens Of Metallic Material*) karena metode Rockwell C mudah dalam pelaksanaan dan harga kekerasan apat langsung dibaca pada layar tanpa harus mengukur pengukuran. Pengujian kekerasan dilakukan pada 3 material yaitu 1 dari arus 100 A, 1 dari 130 A dan 1 dari 160 A. dengan menggunakan kerucut intan dengan sudut puncak 120° serta memberi beban total sebesar 150 kgf.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengujian Penetrant

Setelah melakukan inspeksi penetrant, penulis mengamati spesimen yang akan dianalisis hasil inspeksi penetrantnya. Pada umumnya cacat las yang tampak pada hasil pengujian penetrant berupa rounded indications dan linear indications. Namun tidak semua indikasi yang muncul tidak dapat diterima dikarenakan sesuai dengan standar ASME section IX terdapat beberapa kriteria yang dapat diterima (*acceptance criteria*), seperti gambar 2 dibawah ini.

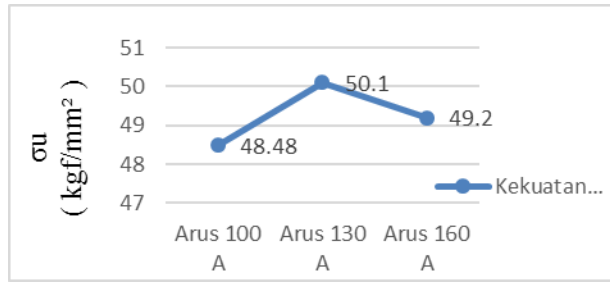


**Gambar 2.** Hasil pengujian penetrant

### 3.2 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan guna untuk apat mengetahui sifat mekanis dari spesimen baja karbon rendah SM 400 B sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah kekuatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya presentase perpanjangan dan presentase kontraksi atau reduksi penampang.

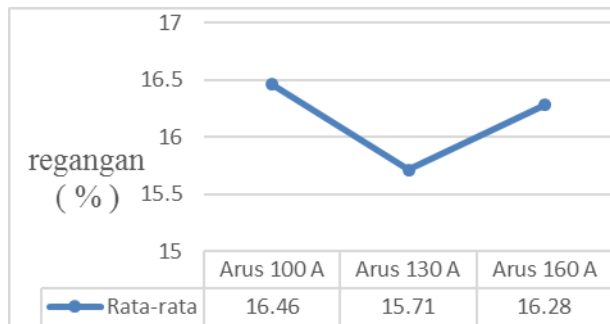
Pengujian dengan menggunakan mesin uji tarik *Galda Bini Italy*, spesimen pengujian terdiri dari pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan material SM 400 B dari hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus pengelasan.



**Gambar 3.** Hubungan variasi arus pengelasan dengan nilai kekuatan tarik

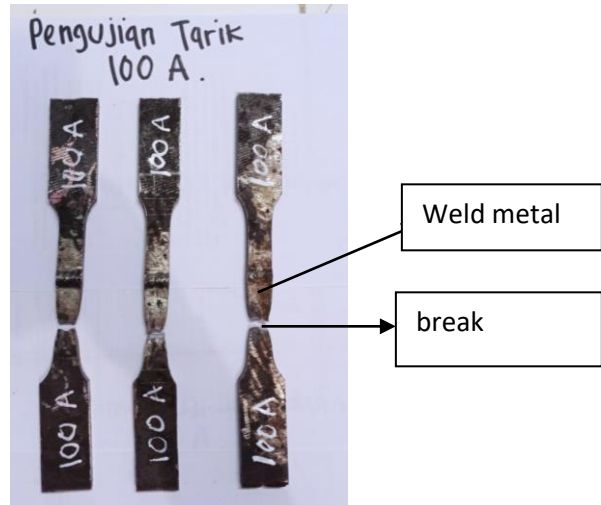
Berdasarkan gambar 3 diatas terlihat kekuatan tarik rata-rata tertinggi terdapat pada arus pengelasan 130 A yaitu sebesar 50,1 Kgf/mm<sup>2</sup>, diikuti oleh arus pengelasan 160 A yaitu sebesar 49,2 Kgf/mm<sup>2</sup>, dan arus pengelasan dengan 100 A sebesar 48,48 Kgf/mm<sup>2</sup>. Dalam pengujian tarik spesimen dengan arus pengelasan 100 A semua patah pada luar sambungan las, arus 130 A semua patah patah pada luar sambungan las, sedangkan arus pengelasan 160 A semua patah pada luar sambungan las.

Adapun nilai dari *elongation* dapat dilihat pada gambar grafik 4 dibawah ini.



**Gambar 4.** grafik persentase regangan terhadap variasi arus pengelasan

Data dari gambar 4 berdasarkan grafik diatas yang mendapat nilai regangan paling tinggi adalah spesimen dengan arus pengelasan 100 A, yaitu 16,46%, sedangkan spesimen arus pengelasan 130 A memiliki nilai regangan yaitu 15,71%, hal tersebut bearti mengalami kenaikan nilai regangan 0,75 %. Sebaliknya, pada arus pengelasan 160 A nilai regangan yang dimiliki adalah 16,28% mengalami kenaikan sekitar 0,57 dari nilai tertinggi nilai untuk perpanjangan kelompok variasi arus pengelasan 130 A lebih rendah dibandingkan dengan arus pengelasan 100 A, hasil patahan bisa dilihat paa gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Spesimen setelah dilakukan pengujian tarik

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa semua hasil pengelasan putusnya diluar area *weld metal*, namun nilai kekuatan tarik antar variasi berbeda-beda sesuai dengan data pengujian.

### 3.3 Patahan Hasil Uji Tarik

Penampang spesimen yang dianalisa ialah permukaan patahan yang terjadi setelah patah ketika dilakukan uji tarik. Dari hasil permukaan terlihat apakah spesimen mengalami patah ulet atau patah getas. Patah ulet menunjukkan bahwa spesimen mempunyai daerah deformasi plastis disertai penyerapan energi yang besar. Sebaliknya patah getas mengalami sedikit atau tidak sama sekali deformasi plastis dengan penyerapan energi yang kecil.

Hasil pengujian spesimen dari pengelasan arus 100 A mengalami patah ulet. Dimana patahan disertai perubahan bentuk plastis (*plastis deformation*) atau permukaan patahan nampak kasar, berserabut (*fibrous*), dan berwarna kelabu seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6 dibawah ini.



**Gambar 6.** spesimen patahan setelah uji tarik dengan arus pengelasan 100 A

Hasil pengujian spesimen dari pengelasan arus 130 A mengalami patah ulet dan patah getas. Patah getas dapat dianalisis permukaan rata dan mengkilap, potongan dapat dipasang kembali, keretakan tidak dibarangi deformasi. Seperti ditunjukkan oleh gambar 7 dibawah ini.



**Gambar 7.** spesimen patahan setelah uji tarik dengan arus pengelasan 130 A.

Selanjutnya pengujian dilakukan pada pengelasan dengan arus 160 A, seperti pada gambar 8 dibawah ini.



**Gambar 8.** Spesimen patahan setelah uji tarik dengan arus pengelasan 160 A

Dari hasil pengujian yang dilakukan, bentuk patahan dari spesimen dengan arus pengelasan 160 A adalah patah ulet dan satu spesimen terjadi patah cacat (*slag inclusion*) yang terjadi didalam lasan, yang sering terjadi pada daerah *stop and run* (awal dan berhentinya proses pengelasan).

Kesembilan material hasil uji *tensile* dengan variasi arus pengelasan 100 A, 130 A, dan 160 A, jenis patahan dari hasil uji tarik yaitu patah ulet dan patah getas ada juga patahan yang disebabkan oleh cacat pengelasan (*slag inclusion*). Patah ulet merupakan patah yang diakibatkan oleh beban statis yang diberikan pada material, jika beban dihilangkan maka penjarangan retak akan berhenti. Patah ulet ini ditandai dengan penyerapan energi disertai adanya deformasi plastis yang cukup besar disekitar patahan, sehingga permukaan patahan nampak kasar, berserabut (*fibrous*), dan berwarna kelabu. Sedangkan patah getas tidak terjadi deformasi plastis pada saat terjadi retakan sehingga penyebaran retakan tidak stabil dan sangat cepat. Selain itu komposisi material juga mempengaruhi jenis patahan yang dihasilkan, jadi bukan karna pengaruh beban saja. Biasanya patah ulet

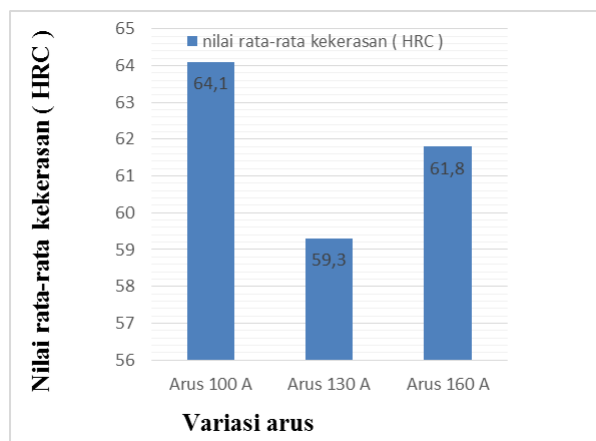
terjadi pada material berstruktur bainit yang merupakan baja dengan kandungan karbon rendah.

### 3.4 Hasil Pengujian Kekerasan Pada Material SM 400 B

Untuk pengujian kekerasan menghasilkan data dari nilai kekerasan kelompok variasi arus pengelasan. Pengujian kekerasan menggunakan mesin uji Rockwell Hardness Tester HR-150 A. Hasil uji kekerasan diambil tiga dari daerah pengelasan yaitu daerah logam las, daerah HAZ dan daerah logam dasar.

#### 3.4.1 Analisa Kekerasan Daerah Base Metal

Untuk nilai rata-rata kekerasan pada daerah logam induk (*base metal*) dengan variasi arus pengelasan, sebagaimana dapat ditunjukkan secara detail melalui gambar grafik 9 berikut.



**Gambar 9.** Hubungan lokasi titik pengujian *base metal* dengan nilai kekerasan

Berdasarkan gambar 9 nilai rata-rata kekerasan tertinggi dari uji kekerasan logam induk (*base metal*) pada material SM 400 B yang menggunakan variasi arus pengelasan 100 A yaitu sebesar 64,1 HRC. Diikuti oleh arus pengelasan 130 A yaitu sebesar 59,3 HRC, dan arus pengelasan 160 A sebesar 61,8 HRC.

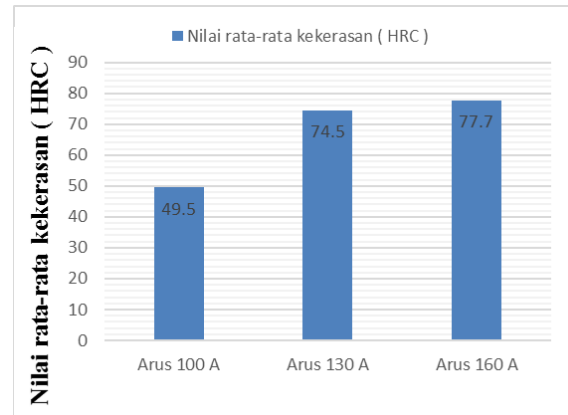
#### 3.4.2 Analisa Kekerasan Daerah Pengelasan (*weld*)

Untuk nilai rata-rata kekerasan pada daerah pengelasan (*weld*) dengan variasi arus pengelasan, sebagaimana dapat dilihat secara detail pada gambar grafik 10 berikut.

Berdasarkan gambar 10 nilai kekerasan tertinggi dari uji kekerasan di daerah *weld* pada material SM 400 B yang menggunakan arus pengelasan 160 A, yaitu sebesar 77,7 HRC. Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 49,5 HRC pada arus pengelasan 100 A, dan pengelasan dengan

menggunakan arus 130 A mendapat nilai kekerasan sebesar 74,5 HRC.

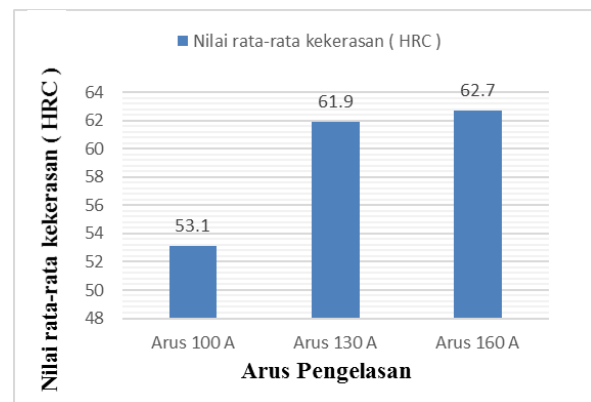
Untuk menapatkan nilai kekerasan yang baik di daerah *weld* yaitu menggunakan arus pengelasan 160 A.



**Gambar 10.** Hubungan lokasi titik pengujian *weld* dengan nilai kekerasan

#### 3.4.3 Analisa Kekuatan Daerah Heat Affected Zone (HAZ)

Untuk nilai rata-rata kekerasan pada daerah *heat affected zone* (*haz*) dengan variasi arus pengelasan, sebagaimana dapat dilihat secara detail pada gambar grafik 11 berikut :



**Gambar 11.** Hubungan lokasi titik pengujian HAZ dengan nilai kekerasan

Berdasarkan gambar 11 nilai rata-rata kekerasan tertinggi dari uji kekerasan di daerah HAZ, berada pada arus pengelasan 160 A dengan nilai 62,7 HRC. Sebenarnya untuk nilai kekerasan di daerah HAZ tidaklah terlalu jauh antara spesimen satu dengan spesimen yang lainnya, dikarenakan daerah HAZ merupakan daerah yang terpapar panas secara langsung pada saat pengelasan dilakukan, jadi untuk

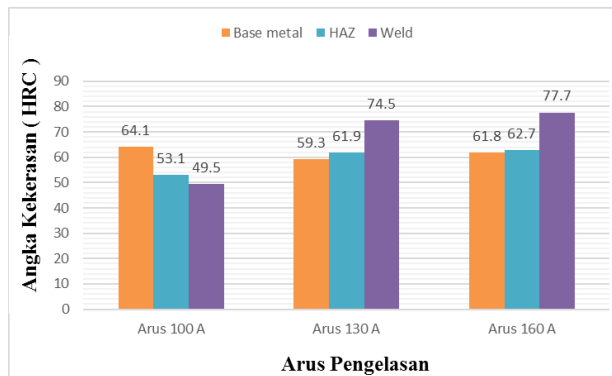
arus pengelasan yang baik pada daerah HAZ yaitu arus 160 A.

Dengan demikian dapat dikatakan arus pengelasan 160 A mempunyai titik peleburan yang tinggi serta menghasilkan kekerasan yang cukup tinggi pada bagian HAZ jika dibandingkan dengan arus pengelasan 100 A dan 130 A. Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu 53,1 HRC pada arus pengelasan 100 A.

### 3.5 Pengaruh Temperatur Nilai Kekerasan

Penyetelan arus pengelasan akan berpengaruh pada panas yang ditimbulkan dalam pencairan logam dan penetrasi logam cairan tersebut. Arus tinggi akan mengakibatkan panas yang tinggi, penembusan atau yang kecil menghasilkan panas yang rendah dan tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan logam, penembusan panas dan kecepatan pencairan logam akan berpengaruh pada kualitas hasil pengelasan.

Pada gambar 12 berikut menunjukkan bahwa makin tinggi arus maka kekerasan logam las dan HAZ cenderung makin besar baik pada pengelasan. Hal ini menunjukkan bahwa arus yang lebih rendah (130 A) mempunyai kualitas hasil pengelasan lebih baik, karena mempunyai keuletan yang lebih baik dan tidak rentan terhadap keretakan. Seperti gambar 3.11 berikut.



**Gambar 12.** Hubungan kekerasan terhadap arus pengelasan berdasarkan lokasi pengujian

### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada analisis pengaruh variasi arus terhadap kekuatan dan kekerasan pada material SM 400 B menggunakan arus pengelasan 100 A, 130 A dan 160 A. Dapat beberapa kesimpulan bahwa kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh arus pengelasan 130 A dengan kekuatan tarik 50,10 Kgf/mm<sup>2</sup> dan terendah pada arus pengelasan 100 A dengan kekuatan tarik 48,48 Kgf/mm<sup>2</sup>. Sedangkan *elongation* terendah terdapat pada variasi arus 130 A, yaitu sebesar 15,71%. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi arus pengelasan

160 A terletak pada daerah *weld* dengan nilai 77,70 HRC. Nilainya mengalami kenaikan sebesar 3,2 % terhadap nilai kekerasan pada variasi arus pengelasan 130 A, dan sebesar 28,2% dari nilai kekerasan pada arus pengelasan 100 A.

### Referensi

- [1] A. Azwinur and M. Muhazir, "Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400," *J. POLIMESIN*, vol. 17, no. 1, pp. 19–25, Feb. 2019, doi: 10.30811/JPL.V17I1.870.
- [2] L. P. Ketaren, U. Budiarto, and A. W. B. Santosa, "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada Aluminium 6061," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [3] Y. Hariyadi, "ANALISIS VARIASI ARUS PADA HASIL PENGELASAN BAJA KARBON RENDAH DENGAN ELEKTRODA E 7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN JALUR LAS."
- [4] M. Sochib and M. Afif, "ANALISA PERBANDINGAN PENGELASAN SMAW DENGAN VARIASI AMPERE TERHADAP SIFAT MEKANIS," *Wahana Tek.*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [5] A. Setiawan and Y. A. Y. Wardana, "Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490," *J. Tek. mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 57–63, 2006.
- [6] T. B. Santoso, S. Solichin, and P. Trihutomo, "Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016," *J. Tek. Mesin*, vol. 23, no. 1, 2016.
- [7] A. Syahrani, M. Mustafa, and O. Oktavianus, "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Gtaw Terhadap Sifat Mekanis Pada Pipa Baja Karbon Astm a 106," *J. Mek.*, vol. 8, no. 1.
- [8] A. Arifin and M. Hendrianto, "Pengaruh Arus dan Jarak Kampuh Pengelasan Terhadap Distorsi Sambungan Pelat Baja Karbon Rendah dengan Menggunakan SMAW," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, pp. 20–25, 2018.

- [9] A. Syahrani, N. Naharuddin, and M. Nur, "ANALISIS KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN SMAW STAINLESS STEEL 312 DENGAN VARIASI ARUS LISTRIK," *J. Mek.*, vol. 9, no. 1, 2018.
- [10] A. Azwinur, A. S. Ismy, R. Nanda, and F. Ferdiansyah, "Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050," *J. Weld. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020.