

**PENGARUH JENIS ELEKTRODA DAN VARIASI ARUS PADA  
PENGELASAN PIPA BAJA ASTM A53 TERHADAP NILAI KEKERASAN  
DAN STRUKTUR MIKRO**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu  
(S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



★ **Disusun Oleh:** ★ ★ ★ ★ ★  
**ROBIN HAUDE ARIES**  
**21801052008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
2022**

## ABSTRAK

**Robin Haude Aries. Dosen Pembimbing: Ir. Hj. Unung Lesmanah, M.T. dan Artono Raharjo, S.T., M.T. 2023.** “Pengaruh Jenis Elektroda Dan Variasi Arus Pada Pengelasan Pipa Baja ASTM A53 Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro”. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

Pengelasan adalah teknik penyambungan suatu logam dengan menggunakan energi panas hingga menjadi cair atau lumer. Saluran pipa adalah suatu alat transportasi untuk memindahkan cairan atau gas seperti minyak mentah, air, dan gas alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda dan arus pengelasan terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada pipa baja ASTM A53, dengan memvariasikan elektroda yaitu RB-26 E6013 dan LB-52 E7016, juga memvariasikan arus 90A, 100A, dan 110A. Penelitian ini menggunakan material pipa baja ASTM A53 dengan ketebalan 3,91 mm. Jenis sambungan yang digunakan adalah *double weld butt joint V-Groove* sudut 60°. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan *Vickers* dan uji metalografi. Hasil dari penelitian mendapatkan hasil kekerasan tertinggi terjadi pada proses pengelasan menggunakan elektroda RB-26 E6013 dan LB-52 E7016 pada arus 110A dengan hasil 152,3 HV, sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada elektroda LB-52 E7016 dan LB-52 E7016 pada arus 90A dengan hasil 108,3 HV. Hasil dari pengujian struktur mikro pada elektroda RB-26 E6013 dan LB-52 E7016 butiran martensit paling banyak terdapat pada arus 110A pada *weld metal* dan juga HAZ, sedangkan pada elektroda LB-52 E7016 dan LB-52 E7016 butiran martensit pada *weld metal* paling banyak terlihat pada arus 110 dan pada HAZ pada arus 100A, dan pada elektroda RB-26 E6013 dan RB-26 E6013 butiran martensit paling banyak terdapat pada arus 90A pada *daerah weld metal* maupun HAZ.

**Kata Kunci:** Pengelasan SMAW, Arus Pengelasan, Elektroda, Kekerasan dan Struktur Mikro, Pipa Baja ASTM A53.

## ABSTRACT

**Robin Haude Aries. Lecture Advisor: Ir. Hj. Unung Lesmanah, M.T. and Artono Raharjo, S.T., M.T. 2023.** *Effect of Electrode Type and Current Variation on Welding of ASTM A53 Steel Pipe on Hardness Value and Microstructure". Thesis. Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang.*

*Welding is a technique of joining a metal using heat energy until it becomes liquid or melts. Pipeline is a means of transportation to move liquids or gases such as crude oil, water, and natural gas. This study aims to determine the effect of electrode type and welding current on the hardness value and microstructure of ASTM A53 steel pipes, by varying the electrodes, namely RB-26 E6013 and LB-52 E7016, also varying the current 90A, 100A, and 110A. This research uses ASTM A53 steel pipe material with a thickness of 3.91 mm. The type of connection used is double weld butt joint V-Groove angle 60°. The tests carried out were Vickers hardness test and metallographic test. The results of the study obtained the highest hardness results occurred in the welding process using RB-26 E6013 and LB-52 E7016 electrodes at a current of 110A with a result of 152.3 HV, while the lowest hardness value occurred in LB-52 E7016 and LB-52 E7016 electrodes at a current of 90A with a result of 108.3 HV. The results of microstructure testing on electrodes RB-26 E6013 and LB-52 E7016 martensite grains are most abundant at a current of 110A in the weld metal and HAZ, while on electrodes LB-52 E7016 and LB-52 E7016 martensite grains in the weld metal are most visible at a current of 110 and in the HAZ at a current of 100A, and on electrodes RB-26 E6013 and RB-26 E6013 martensite grains are most abundant at a current of 90A in the weld metal and HAZ areas.*

**Keywords:** *SMAW Welding, Welding Current, Electrode, Hardness and Microstructure, ASTM A53 Steel Pipe.*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saluran pipa adalah suatu alat transportasi untuk memindahkan cairan atau gas seperti minyak mentah, air, dan gas alam. Seiring dengan berkembangnya bidang perancangan dan rekayasa pada suatu komponen, menjadikan penggunaan metode pengelasan semakin meningkat. Perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin pesat menyebabkan permintaan standar kualitas lasan menjadi semakin tinggi agar mutu terjamin.

Menurut Wiryosumarto (1996) dalam [1] mengatakan bahwa berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Norman* (DIN). Sambungan las merupakan ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Metode pengelasan saat ini hampir digunakan pada semua hal dan semua bidang pada kehidupan sehari-hari. Teknik pengelasan banyak digunakan untuk penyambungan pipa baja pada bidang konstruksi. Terlebih penggunaan pipa baja pada sistem *Hydrant* dan *Sprinkler* pada bangunan sudah menjadi hal yang umum. Sistem perpipaan air pada *Hydrant* dan *Sprinkler* umumnya menggunakan baja karbon.

Baja adalah paduan unsur Fe dan C, dengan komposisi karbon tidak lebih dari 2%. Terdapat banyak jenis baja yang ada di pasar, yang perbedaannya terletak pada komposisi kimia dan proses perlakuan panasnya. Sesuai dengan klasifikasi paduan ferronya, baja diklasifikasikan menjadi 3, yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi [2]. Menurut Amanto dan Daryanto (1999) pada [3] Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya, yaitu baja karbon rendah disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3-0,6% dan memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon tinggi

mengandung karbon 0,6-1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Cara penyambungan baja yang umum digunakan adalah dengan metode pengelasan.

Salah satu metode pengelasan yang paling umum digunakan adalah SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). *Shielded metal arc welding* (SMAW) adalah sebuah proses penyambungan logam yang menggunakan energi panas untuk mencairkan benda kerja dan elektroda (bahan pengisi). Energi panas pada proses pengelasan SMAW tercipta karena terdapat lonjakan ion (katoda dan anoda) listrik pada ujung elektroda dan permukaan benda. Pada pengelasan SMAW jenis pelindung yang dipakai adalah selaput flux yang termuat pada elektroda. *Flux* pada elektroda SMAW berguna untuk melindungi logam las yang mencair saat proses pengelasan terjadi. *Flux* ini akan menjadi *slag* saat sudah padat [4]. *Flux* yang terdapat pada elektroda SMAW bertujuan untuk menghasilkan gas pelindung dan mempunyai unsur-unsur perbaikan untuk melindungi tetesan *weld metal* pada elektroda.

Elektroda berselaput yang digunakan pada las SMAW mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan *flux* pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis senyawa kimia selaput *flux* pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda [5].

Menurut Djafrie (1983) dalam [6] Proses perlakuan panas mencakup pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media tertentu pula. Perlakuan panas memiliki tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, tegangan tarik logam dan sejenisnya. Tujuan tersebut akan tercapai jika memperhatikan faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media pendingin yang digunakan.

*Butt Joint* merupakan sambungan yang dibentuk dengan cara menyatukan ujung pada kedua bagian. Pada sambungan las *butt joint*, kedua bagian objek

yang ingin dilas diletakkan pada bidang yang sama dan saling berdampingan. Secara pengaplikasian, sambungan *butt joint* ini adalah sambungan yang paling sederhana yang digunakan untuk menyatukan objek las. Menurut [7] kampuh V pada sambungan *butt weld* memiliki kecenderungan yang kecil untuk melengkung sehingga bagus untuk dipakai pada berbagai penyambungan material dibandingkan kampuh lainnya. Pada sambungan pengelasan pipa baja ini akan menggunakan *Butt Joint V – Groove*.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil lasan, hal ini sejalan dengan pernyataan [8] bahwa kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh perlakuan pendinginan, besar busur, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya kuat arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Pada saat terjadinya proses pengelasan, ada daerah lasan yang terdampak panas, hal tersebut juga di kemukakan oleh [9] bahwa daerah las-lasan terdiri dari 3 bagian yaitu daerah logam las, daerah pengaruh panas las (HAZ) dan daerah logam induk yang tidak terpengaruh oleh panas las.

Perbedaan arus pengelasan dan jenis elektroda yang digunakan sangat mempengaruhi hasil lasan terutama nilai uji kekerasan dan struktur mikro nya, karena setiap baja dan elektroda mempunyai ukuran arus yang sudah di sesuaikan agar hasil lasan baik.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai terbaik pasca pengelasan pada nilai kekerasan dan struktur mikro pipa baja karbon tinggi ASTM A53 dengan harapan mendapatkan informasi mana yg merupakan paduan jenis elektroda dan besaran arus yang tepat. Dalam penelitian ini, elektroda yang digunakan yaitu LB-52 E7016 dan RB-26 E6013 dengan diameter 2,6 mm dan arus yang digunakan yaitu 90A, 100A, dan 110A. Sehingga bila diketahui tingkat perbandingan nilai kekerasan dan struktur mikro nya yang sesuai terhadap aplikasi dan kegunaannya, maka dapat diambil suatu keputusan untuk menggunakan jenis elektrodan dan besaran arus yang tepat agar menghemat waktu dan biaya produksi.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “PENGARUH JENIS ELEKTRODA DAN VARIASI ARUS PADA PENGELASAN PIPA BAJA ASTM A53 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO”.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, permasalahan yang dibahas dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh jenis elektroda pada pengelasan pipa baja ASTM A53 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro.
2. Bagaimana pengaruh variasi besaran arus pada pengelasan pipa baja ASTM A53 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro.

### 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu luas dan tidak menyimpang, maka perlu adanya batasan masalah dalam menyelesaikan analisis ini. Maka batasan masalah ini adalah:

1. Proses pengelasan menggunakan las SMAW dengan elektroda LB – 52 E7016 dan RB – 26 E6013 diameter 2,6 mm dengan *root face* sebesar 2 mm
2. Arus las yang digunakan yaitu 90A, 100A, dan 110A
3. Mesin las yang digunakan adalah Inverter 1200 watt dengan polaritas terbalik (DCRP)
4. Pengujian *Metalografi* / Struktur Mikro dan Uji Kekerasan *Vickers*
5. Posisi pengelasan 5G *Up Hill*
6. Jenis material yang digunakan adalah pipa baja karbon *Blacksteel* SCH 40 atau ASTM A53 *Grade A* ketebalan 3,91 mm dengan jumlah spesimen yang digunakan adalah 3 buah untuk setiap jenis kelompok.
7. Jenis sambungan *Butt Joint* menggunakan kampuh *V – Groove* dengan sudut 60°
8. Menganalisis struktur mikro pada daerah *Weld Metal* dan daerah HAZ
9. Menganalisis nilai kekerasan pada daerah *Weld Metal*

10. Spesimen benda uji berstandar ASTM
11. Media pendinginan menggunakan udara suhu ruang
12. Pengelasan dilakukan di dalam ruangan dan pengaruh perubahan suhu kamar, kelembapan udara diabaikan.
13. Penelitian ini hanya membahas sifat mekanik dan sifat fisik dari material meliputi uji kekerasan dan struktur mikro.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda pada pengelasan pipa baja ASTM A53 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi besaran arus pada pengelasan pipa baja ASTM A53 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi pembaca diharapkan sebagai acuan dan wawasan baru tentang pemilihan jenis elektroda dan besaran arus pada sambungan pengelasan pipa baja ASTM A53 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro.
2. Dapat dijadikan rujukan mengenai sebuah parameter pemilihan jenis elektroda dan pemilihan besaran arus yang digunakan pada sambungan pengelasan pipa baja ASTM A53 di dunia industri.
3. Memberikan motivasi dan semangat kepada mahasiswa Teknik Mesin Unisma agar mampu melakukan penelitian lebih lanjut dan mendalam tentang pemilihan jenis elektroda dan besaran arus yang digunakan terhadap sambungan pengelasan pipa baja ASTM A53.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan ini akan diuraikan dalam beberapa bab yang kemudian dikembangkan menjadi sub-sub bab sehingga semua materi pembahasan yang dapat diterima secara sistematis dan terarah. Adapun sistematika penulisan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan terdiri atas latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka terdiri atas penelitian terdahulu, definisi pengelasan, elektroda, sambungan las, posisi pengelasan, arus pengelasan, baja karbon, pengujian kekerasan, pengamatan struktur mikro.

### BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri atas metode penelitian, tempat dan waktu penelitian, variabel penelitian, alat dan bahan penelitian, desain penelitian, instalasi alat penelitian, prosedur penelitian, hipotesis.

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terdiri atas hasil pengujian kekerasan dan hasil pengujian struktur mikro

### BAB V PENUTUP

Penutup terdiri atas kesimpulan dan saran

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

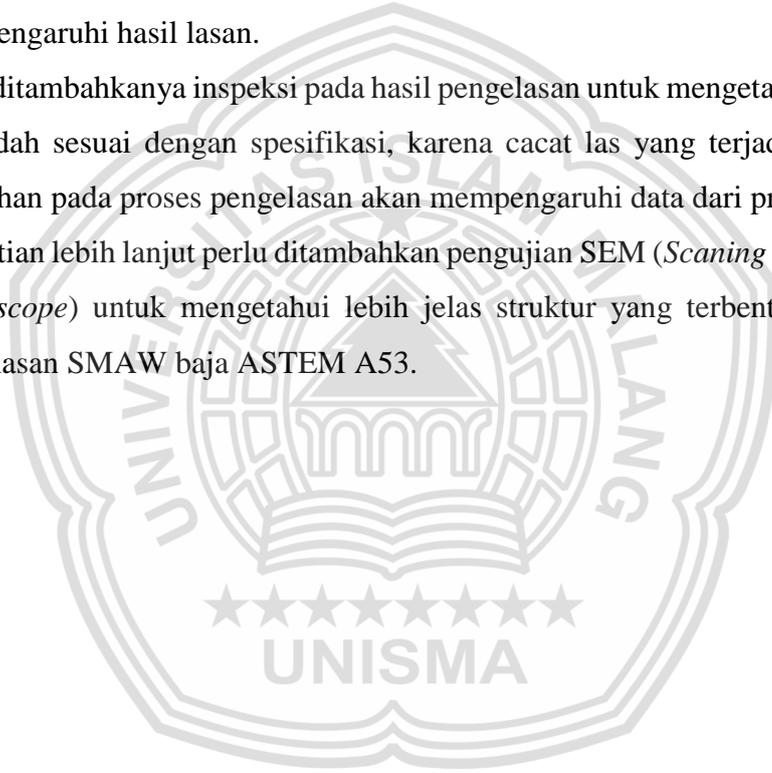
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh jenis elektroda dan variasi arus pada pengelasan pipa baja ASTM A53 terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari data yang didapat setelah pengujian kekerasan terlihat bahwa nilai kekerasan material yang setelah dilakukan pengelasan mengalami perubahan nilai kekerasan. Penggunaan variasi jenis elektroda dan arus pengelasan SMAW berpengaruh terhadap hasil kekerasan yang didapat. Semakin besar arus pengelasan SMAW yang digunakan pada elektroda LB – 52 E7016 maka semakin meningkat pula nilai kekerasannya, sedangkan semakin kecil arus pengelasan SMAW yang digunakan pada elektroda RB – 26 E6013 maka semakin meningkat pula nilai kekerasannya. Nilai kekerasan yang meningkat menjadikan material yang kuat namun sedikit getas.
2. Setelah dilakukan proses pengelasan SMAW pada material baja ASTM A53 dengan memvariasikan jenis elektroda dan arus yang digunakan tampak adanya perubahan butiran struktur mikro setelah dilakukan pengamatan struktur mikro pada daerah Weld Metal dan HAZ. Saat menggunakan elektroda RB – 26 & RB – 26 butiran martensit mendominasi pada arus 90 A, lalu pada elektroda RB – 26 & LB – 52 butiran martensit sangat banyak pada arus 110 A, sedangkan pada elektroda LB – 52 & LB – 52 butiran martensit sangat terlihat pada arus 110 A, tetapi pada seluruh hasil foto mikro butiran perlit dan ferit masih sangat mendominasi spesimen uji. Karena butiran yang terlihat pada spesimen hanya ferit, perlit, dan martensit maka spesimen memiliki sifat material relatif kuat, ulet, dan sangat keras.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Pada pengujian selanjutnya dapat di variasikan dengan metode pengelasan GTAW dan SMAW yang jauh lebih baik daripada pengelasan SMAW saja
2. Elektroda yang digunakan saat pengelasan lebih baik di masukkan ke alat penghangat elektroda sebelum di gunakan agar elektroda tidak lembab, karena elektroda yang lembab mempengaruhi proses pengelasan dan mempengaruhi hasil lasan.
3. Perlu ditambahkan inspeksi pada hasil pengelasan untuk mengetahui hasil las sudah sesuai dengan spesifikasi, karena cacat las yang terjadi akibat kesalahan pada proses pengelasan akan mempengaruhi data dari proses.
4. Penelitian lebih lanjut perlu ditambahkan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui lebih jelas struktur yang terbentuk pada pengelasan SMAW baja ASTEM A53.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yassyir Maulana, “Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw,” *J. Tek. Mesin UNISKA*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2016.
- [2] H. UMAM, H. Harlin, and D. Darlius, “Pengaruh Quenching Terhadap Sambungan Las Shield Arc Welding (Smaw),” 2019, [Online]. Available: [https://repository.unsri.ac.id/4416/%0Ahttps://repository.unsri.ac.id/4416/2/RAMA\\_83203\\_06121181520075\\_0001086401\\_0023035715\\_01\\_front\\_ref.pdf](https://repository.unsri.ac.id/4416/%0Ahttps://repository.unsri.ac.id/4416/2/RAMA_83203_06121181520075_0001086401_0023035715_01_front_ref.pdf).
- [3] J. Arifin, H. Purwanto, and I. Syafa’at, “Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan,” *Momentum*, vol. 13, no. 1, pp. 27–31, 2017.
- [4] S. Sul-toni, N. Finahari, and M. A. Sahbana, “Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Air Dan Oli Pada Sambungan Lap Joint Terhadap Sifat Mekanik Menggunakan Las Smaw ...,” *Proton*, vol. 11, no. 1, 2020, [Online]. Available: <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/proton/article/viewFile/1230/1006>.
- [5] A. Muhazir, “Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400,” *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 19–24, 2019.
- [6] A. Mersilia, P. K. Karo, and I. Supriyatna, “Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135,” vol. 4, no. 02, pp. 175–180, 2016.
- [7] J. Teknik, M. Politeknik, and N. Lhokseumawe, “Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las Butt Weld Dan,” *J. Sintek*, vol. 12, no. 1, pp. 9–16, 2018.
- [8] L. Triawan, M. Thohirin, and A. Apriyanto, “Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Pengelasan Posisi 1G,” *Pros. Semin. Nas. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 51–56, 2022, doi: 10.24967/psn.v2i1.1473.
- [9] Y. Ari Ardiansah, “Studi Hasil Proses Pengelasan FCAW ( Flux Cored Arc

- Welding ) Pada Mterial ST 41 Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Abstrak,” *Jtm*, vol. 07, no. 02, pp. 9–16, 2019.
- [10] F. Bawazir *et al.*, “Pengaruh Variasi Elektroda Las Pada Sambungan,” *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, 2021.
- [11] E. Nugroho, U. S. Dharma, and Y. Thalabi, “Pengaruh Preheat Dan Variasi Arus Pengelasan Menggunakan elektroda Lb52 Terhadap Komposisi Kimia Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Baja Mangan Austenitik,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 239–245, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i2.832.
- [12] I. Kusairi, P. Hartono, and H. U. Lesmanah, “Analisis Perbandingan Kekerasan Sambungan Las Dan Struktur Mikro Menggunakan Elektroda E6010 Dan E6011 Pada Baja S45c’,” *J. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 1–7, 2021.
- [13] Syaripuddin, “Karakteristik Hasil Pengelasan Pipa Dengan Beberapa Variasi Arus Las Busur Listrik,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 2, no. 1, pp. 75–80, 2017.
- [14] M. D. Rambe *et al.*, “Edisi Cetak Jurnal Dinamis , Desember 2018 ( ISSN : 0216-7492 ) Edisi Cetak Jurnal Dinamis , Desember 2018 ( ISSN : 0216-7492 ),” no. 4, pp. 60–73, 2018.
- [15] L. Riswansyah, “Pengaruh Kuat Arus dan Jenis Elektroda Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah pada Pengelasan SMAW,” *J. Tek. Mesin UNTAG Surabaya*, vol. 66, no. July, pp. 37–39, 2011.
- [16] M. Fadhil, “Pengaruh Posisi Pengelasan Dan Jenis Elektroda E 7016 Dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah Trs 400,” 2018.
- [17] Jumiadi. and A. Djoko, “Analisa Variasi Kuat Arus Listrik Las Smaw Pada Daerah Lasan Baja Karbon Menengah 0.381 %C,” *Jumiadi I Djoko*, vol. 2, pp. 857–864, 2013.
- [18] A. Syahrani, 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, pp. 814–822, 2018.
- [19] H. Sonawan and R. Suratman, “Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam,” *Bandung Alfa Beta*, 2004.
- [20] T. Wiryosumarto, Harsono. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, xii. Jakarta: PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.
- [21] M. F. Kumayasari and A. I. Sultoni, “Studi Uji kekerasan Rockwell Superficial vs Micro Vickers,” *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 2, no. 2, 2017, doi: 10.36048/jtpii.v2i2.789.
- [22] Subagiyo, “Analisis Hasil Kekerasan Metode Vikers Dengan Variasi Gaya Pembebanan Pada Baja,” *Majapahit Techno*, vol. 6, no. 2, pp. 9–14, 2017.
- [23] V. Manurung, Y. Tri, and S. Yudi, *Panduan metalografi*. 2020.
- [24] E. W. R. Widodo, “Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Jenis Kampuh Las Terhadap Kekerasan Dan Strukturmakro Pada Pengelasan Stainless Steel Aisi 304,” *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, p. 47, 2016, doi: 10.31284/j.iptek.2016.v20i2.49.

