

PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP UJI KEKUATAN BENDING DAN STRUKTUR MICRO BAJA ST 42

Riki Alan Mabrullah¹, Kosjoko², Rohimatush Shofiyah^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah
Jember

*Email: kosjoko@unmuhjember.ac.id

Abstract

This research aims to analyze the effect of variations in welding current on the mechanical strength of ST 42 steel using the SMAW welding method and E6013 electrodes with a diameter of 3.2 mm. The variations in welding current used are 90A, 100A and 110A. The tensile test results show that a welding current of 110A produces the highest tensile test value with a yield point (YP) of 8,368 MPa, maximum stress (MAX) of 9,890 MPa, and break point (BREAK) of 5,283 MPa. Bending tests indicate that a welding current of 110A produces the highest bending strength of 10.118 MPa. Microstructural observations revealed that the highest percentage of pearlite was present in welding with a current of 110A, which contributed to an increase in the tensile strength of the material. From the results of this research, it can be concluded that the increase in welding current is directly proportional to the increase in the mechanical strength of ST 42 steel

Keywords: ST 42 steel, SMAW welding, welding current, tensile test, bending test, micro structure.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan mekanik baja ST 42 menggunakan metode pengelasan SMAW dan elektroda E6013 berdiameter 3,2 mm. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 90A, 100A, dan 110A. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa arus pengelasan 110A menghasilkan nilai uji tarik tertinggi dengan yield point (YP) sebesar 8,368 MPa, tegangan maksimum (MAX) sebesar 9,890 MPa, dan titik patah (BREAK) sebesar 5,283 MPa. Uji bending mengindikasikan bahwa arus pengelasan 110A menghasilkan kekuatan lentur tertinggi sebesar 10,118 MPa. Pengamatan struktur mikro mengungkapkan bahwa persentase pearlite tertinggi terdapat pada pengelasan dengan arus 110A, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan tarik material. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa peningkatan arus pengelasan berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan mekanik baja ST 42.

Kata kunci: Baja ST 42, Pengelasan SMAW, Arus Pengelasan, Uji tarik, Uji bending, struktur mikro.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Saat ini struktur logam banyak mengandung unsur-unsur pengelasan terutama dalam bidang desain dan konstruksi, karena sambungan las merupakan salah satu sambungan teknis yang memerlukan keterampilan las tingkat lanjut untuk mencapai sambungan yang berkualitas tinggi. Bidang penerapan teknologi pengelasan dalam konstruksi meliputi perkapalan, rangka baja, jembatan, bejana tekan, sistem transportasi, saluran pipa, rel, dan lain sebagainya. [1]

Pengelasan SMAW merupakan proses pengelasan yang menggunakan energi panas listrik untuk melelehkan logam dasar dan logam pengisi sebagai elektroda. Panas yang dihasilkan selama proses pengelasan ini diakumulasi melalui sambungan ion listrik antara anoda dan katoda elektroda busur dan logam dasar, membentuk atom atau molekul batang logam yang saling berhubungan. [2]

Peneliti menggunakan elektroda dengan diameter 2,6 mm dan tebal pelat 10 mm dengan arus 80 A, dan hasil uji perbandingannya adalah 110,24 Mpa. Kampuh yang digunakan adalah kampuh ganda V, dengan proporsi struktur mikro ferit yang besar dan perlit yang kecil. [3]

Kawat las E6013 dengan diameter 2,6 mm dan 3,2 mm digunakan untuk pengelasan ini. Elektroda ini merupakan elektroda 54 negative putih yang dapat menghasilkan transmisi sedang. Kawat las ini digunakan dalam berbagai bidang pengelasan pada 54 negative maupun bengkel las kecil. Kawat las ini dapat digunakan pada posisi pengelasan apa pun, namun terutama tipe E 6013 sangat bagus. Posisi pengelasan tipe E6013 mengandung banyak kalsium dan mudah digunakan bahkan pada tegangan rendah. [4]

Peneliti menggunakan elektroda dengan diameter 2,6 mm dan tebal pelat 10 mm dengan arus 80 A, dan hasil uji perbandingannya adalah 110,24 Mpa. Kampuh yang digunakan adalah kampuh ganda V, dengan proporsi struktur mikro ferit yang besar dan perlit yang kecil Dimensi sampel yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan standar. [5]

Mesin las SMAW diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan kekuatan arusnya: mesin las DC, mesin las AC, dan mesin las dua arus (mesin las yang mampu melakukan pengelasan arus searah (DC). Ini juga dapat digunakan untuk pengelasan arus bolak-balik (AC). Arus yang digunakan elektroda E 7018 adalah 70 hingga 100 amp. Pada kisaran arus ini, hasil las yang dihasilkan berbeda-beda.

Besarnya arus pengelasan bervariasi tergantung pada jenis kawat las yang digunakan, posisi pengelasan, dan ketebalan logam dasar serta zona las. Kekuatan las dipengaruhi oleh arus, kecepatan pengelasan, penetrasi dan jarak las, serta polaritas listrik. Penentuan arus sambungan logam dengan pengelasan busur mempengaruhi efisiensi kerja dan bahan pengelasan. Untuk menentukan arus pada pengelasan ini diperlukan variasi pengelasan 70A, 90A, 100A dan sudut V 500, 700, dan 900.

Para peneliti menggunakan baja karbon rendah A36 dan mengelasnya dengan memvariasikan arus dari 70 hingga 110 A dan memvariasikan sudut las V. Pengelasan SMAW dengan arus bolak-balik menggunakan batang diameter 3,2 mm E7018. Sampel diuji kekerasan dan kekuatan tariknyanya. [6]

Baja pelat atau baja karbon rendah merupakan jenis baja yang biasa digunakan untuk rangka baja seperti kanopi, pagar, dan rangka atap. Ini sering ditemukan dan dilas bersama untuk menyatukan bagian-bagian yang diperlukan. tu metode harus ditetapkan untuk memperoleh hasil pengelasan yang kuat, baik, dan aman. Oleh karena itu cara pengelasan, jenis sambungan, dan analisis hasil sambungan las harus ditentukan secara akurat untuk menghindari cacat pengelasan dan kerusakan material las. [7]

Para peneliti menggunakan pelat baja karbon atau tipe ASTM A36. Variasi arus pengelasan : 150A, 155A, 160A Tipe butt joint, pengelasan datar, pengelasan V dengan sudut 70°. Pengujian menggunakan mesin uji universal berkapasitas 600 Kn yang diproduksi oleh Shimadzu Corporation di Jepang. [8]

Bahan yang diuji adalah uji tarik dengan sambungan las MIG menggunakan elektroda AWS A5.18 ER 705-6 diameter 1,2 mm pada baja karbon rendah. Setiap variasi aliran memiliki tiga sampel. Dimensi sampel yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan standard. [9]

Bahan pelat, atau baja karbon rendah, adalah jenis baja yang banyak digunakan pada rangka baja seperti kanopi, pagar, dan rangka atap, yang semuanya sering ditemukan dan dilas bersama untuk menyambung bagian-bagian yang diperlukan. Untuk mendapatkan hasil las yang kuat, baik dan aman maka harus ditentukan suatu metode, sehingga perlu ditentukan dengan tepat cara pengelasan, jenis sambungan dan analisis hasil sambungan las, agar tidak terjadi kesalahan las dan ke-rusakan sambungan bahan yang dilas. [10]

Penelitian ini menggunakan baja ST 42 dan mengelasnya dengan memvariasikan arus dari variasi arus las 90A, 100A dan 110A dan dengan sudut las V. Pengelasan SMAW dengan arus bolak-balik. menggunakan kawat las diameter 3,2 mm dengan E6013. [11]

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian yang pertama akan dilakukan pengujian uji kuat tariknyanya untuk mengukur ketahanan spesimen terhadap gaya yang diberikan secara lambat. [12]

Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. [13]

Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur, dan selanjutnya akan dilakukan uji bending yang berfungsi mengetahui kekuatan lengkung (bending) pada suatu bahan atau material, Pada umumnya alat uji bending memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, point bending dan alat ukur.[14]

Dan untuk pengujian yang terakhir dilakukan pengujian Pengujian struktur mikro untuk mengetahui isi unsur kandungan yang terdapat didalam spesimen baja karbon rendah yang akan diuji.[15] Dengan menggunakan spesimen uji yang telah dihaluskan agar dapat terlihat kandungan didalam benda uji tersebut. Proses pendinginan pada las berlangsung secara kontinu, yaitu proses penurunan suhu berlangsung tanpa adanya penurunan suhu secara mendadak.

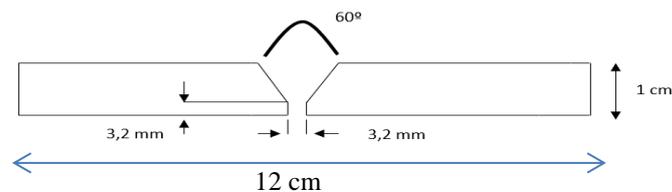
2. Metode

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian adalah Mesin Las SMAW, Mesin Uji Tarik, Mesin Uji bending, Alat Uji Struktur Mikro, Elektroda E6013, Meter Ukur, Tang Kombinasi, Gerinda Duduk, Gerinda Tangan, Jangka Sorong, Ragum, dan APD Pengelasan.

2.2 Pembuatan Spesimen

Pada tahap ini penulis mengerjakan proses pembuatan spesimen di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember



Gambar 1. Spesimen

2.2.1 Proses Pembuatan Spesimen

- Bahan baja ST 42 dibentuk dengan ukuran sesuai *ASTM* dengan panjang 12 cm, lebar 4 cm, dan tebal 1 cm.
- Jepit material pada ragum pemotongan (bever) selanjutnya atur alat otomatis pemotongan dengan sudut yang sudah ditentukan, selanjutnya nyalakan mesin dan lakukan pemotongan bahan dengan ukuran yang sudah di kasih tanda garis.
- Membuat kampuh tirus tunggal.
- Dilakukan perataan pada hasil pemotongan.

2.2.2 Proses Pengelasan Spesimen

Pada pembuatan bahan menggunakan standart pengelasan sebagai berikut:

- Posisi Pengelasan 1G (*down hand position*).
- Menggunakan elektroda E 6013 dengan diameter 3,2 mm.
- Menggunakan arus amper 90,100,110A.
- Pendingin normalizing.
- Sambungan atau kampuh yang digunakan adalah kampuh V.

2.3 Uji Spesimen

Pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, pada tahap ini, penulis melakukan beberapapengujian pada spesimen antara lain:

- Kuat Tarik

Pada tahap pengujian spesimen ini yang di uji kuat tariknya untuk mengukur ketahanan spesimen terhadap gaya yang di berikan secara lambat. Spesimen akan mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga terjadinya kepatahan spesimen, pengujian tarik relatif sederhana dan sangat terstandarisasi dibandingkan pengujian lainnya.

b Uji Bending

Bending Test dilakukan berdasarkan standar ASTM E 190. Hasil pengujian bending diperoleh dari besarnya gaya beban (P) dan tegangan lentur maximum (σ Max). Tiap variable penelitian terdapat satu spesimen/sampel, data tersebut di analisis dengan aplikasi Microsoft Exel.

c Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro ini akan menggambarkan perubahan struktur akibat pengaruh proses pengelasan secara detail. Pemeriksaan struktur mikro pada hasil pengelasan di lakukan pada daerah *weld metal*.

2.4 Variabel Penelitian

a. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dapat dipengaruhi oleh variabel bebas. Dengan kata lain, variable terikat adalah variabel yang tengah di observasi. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengaruh arus pengelasan 90 A, 100 A dan 110 A.

b. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol merupakan variabel yang dibuat sama untuk semua perlakuan. Dengan kata lain, variabel terkontrol adalah variabel pembanding terhadap variabel yang telah di uji. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1 Material Pengujian | : Baja ST 42 |
| 2 Ketebalan Plat | : 10 mm |
| 3 Elektroda Las | : Diameter 3,2 mm Elektroda E6013 |
| 4 Amper las | : 90A, 100A, dan 110A |

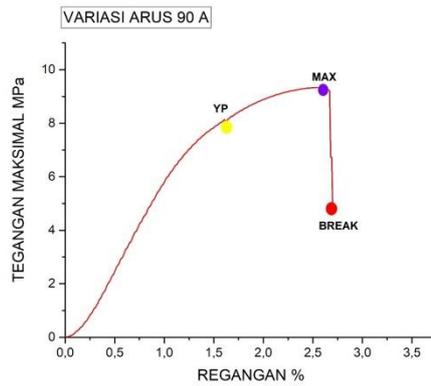
c. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang memengaruhi variabel terikat dan dengan sengaja dibuat berbeda. Jelasnya, variabel bebas adalah variabel penyebab dalam percobaan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah alat uji material. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan mesin uji tarik, mesin uji bending dan struktur mikro.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Tarik Baja ST 42

Setelah melakukan pengelasan SMAW dengan variasi 90, 100, 110 Amper di Balai Latihan Kerja Situbondo. Dilanjut dengan pengujian tarik di Laboratorium Teknik Me-sin POLINEMA. Dari nilai pengujian tarik didapat data berupa nilai kekuatan tarik kemudian data tersebut di analisis dengan aplikasi Microsoft Exel setelah itu dilanjut dengan pengeditan grafik di aplikasi Origin.

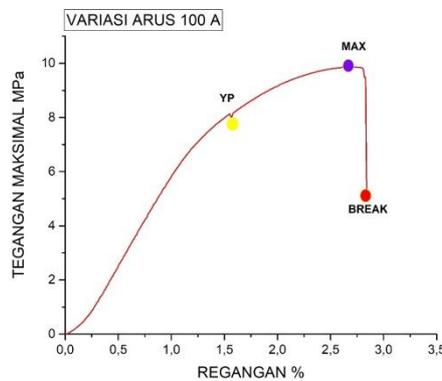


Gambar 2. Grafik Rata-Rata Pengujian Spesimen Arus 90 Amper

Tabel 1. Rata-rata Pengujian Spesimen Arus 90 Amper

No	Variasi 90	Rata-Rata Mpa	Regangan
1	(YP)	8,137 MPa	1,61
2	(MAX)	9,334 MPa	2,57
3	(BREAK)	4,693 MPa	2,71

Dari gambar 2 grafik dan rata-rata pengujian 90 Amper, menunjukkan bawasanya material dilakukan penarikan mengalami perpanjangan sampai batas elastis mengarah ke plastis atau bisa di sebut dengan *yield stress (YP)* diangka 8,137 MPa, mengalami perpanjangan pada tegangan maksimum atau bisa di sebut dengan *ultimate strength (MAX)* pada angka 9,334 MPa dan grafik mengalami titik putus atau bisa disebut *frac-ture (BREAK)* pada angka 4,693 MPa



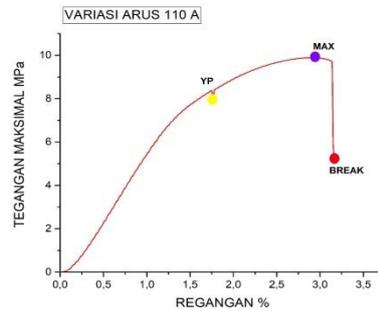
Gambar 3. Grafik Rata-Rata Pengujian Spesimen Arus 100 Amper

Tabel 2. Rata-rata Pengujian Spesimen Arus 100 Amper

No	Variasi 90	Rata-Rata Mpa	Regangan
1	(YP)	8,134 MPa	1,55
2	(MAX)	9,863 MPa	2,7
3	(BREAK)	5,357 MPa	2,84

Dari gambar 3 grafik rata-rata pengujian 100 Amper menunjukkan bawasanya material dilakukan penarikan mengalami perpanjangan sampai batas elastis mengarah ke plastis atau bisa di sebut dengan

yield stress (YP) diangka 8,134 MPa, mengalami perpanjangan pada tegangan maksimum atau bisa di sebut dengan *ultimate strength (MAX)* pada angka 9,863 MPa dan grafik mengalami titik putus atau bisa disebut *frac-ture (BREAK)* pada angka 5,357 Mpa.



Gambar 4. Grafik Rata-Rata Pengujian Spesimen Arus 110 Amper

Tabel 3. Rata-rata Pengujian Spesimen Arus 110 Amper

No	Variasi 90	Rata-Rata Mpa	Regangan
1	(YP)	8,368MPa	1,75
2	(MAX)	9,890 MPa	2,91
3	(BREAK)	5,289 MPa	3,18

Dari gambar 4 grafik rata-rata pengujian 110 Amper menunjukkan bawasanya material dilakukan penarikan mengalami perpanjangan sampai batas elastis mengarah ke plastis atau bisa di sebut dengan *yield stress (YP)* diangka 8,368 MPa, mengalami perpanjangan pada tegangan maksimum atau bisa di sebut dengan *ultimate strength (MAX)* pada angka 9,890 MPa dan grafik mengalami titik putus atau bisa disebut *frac-ture (BREAK)* pada angka 5,283 Mpa.

3.2 Hasil Uji Bending

Penelitian ini menggunakan alat uji Bending yang dilakukan berdasarkan standar ASTM E 190, Spesimen uji bending yang digunakan untuk penelitian ini adalah Baja ST42 dengan menggunakan sambungan las SMAW dengan variasi 90A, 100A, 110A. Hasil pengujian bending diperoleh dari besarnya gaya beban (P) dan tegangan lentur maximum (σ Max). Tiap variable penelitian terdapat satu spesimen/sampel, data tersebut di analisis dengan aplikasi Microsoft Exel seperti data yang dipaparkan sebagai berikut:



Gambar 5. spesimen yang sudah di uji bending

Tabel 4. Data pengujian uji bending 90A,100A,110A

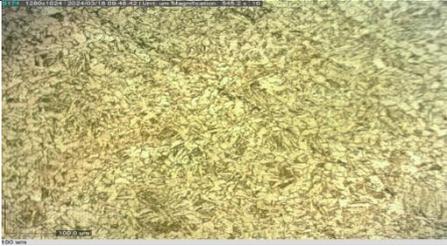
NO	Variasi	Tebal	Waktu	Newton	Mpa
1	90A	10mm	4,21	345,009	7,187
2	100A	10mm	4,19	355,8791	7,414
3	110A	10mm	4,06	485,668	10,118

Berdasarkan pengujian uji bending di dapatkan nilai di antaranya untuk variasi 90A mendapat nilai 7.187 Mpa, 100A mendapatkan nilai 7.414, dan 110A mendapatkan nilai 10.118. Maka dapat di simpulkan dari ke tiga variasi tersebut nilai tertinggi di peroleh pada variasi 110A.

3.3 Struktur Mikro

Hasil pengujian struktur mikro terdapat 3 variasi arus spesimen yang terdiri dari variasi arus pengelasan 90A, variasi arus 100A dan 110A. Pada pengambilan gambar struktur mikro di fokuskan pada satu titik yaitu di bagian *weld metal (WM)*. Di dapatkan hasil uji struktur mikro sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Arus	Gambar Mikro Pembesar 200X	Pearlite	Ferrite
90A		24,4%	75,6%
100A		27,6%	72,4%
100A		30,8%	69,2%

Keterangan:

1. Area gelap menunjukkan fasa pearlit
2. Area terang menunjukkan fasa ferrite
3. Gabungan antara pearlit dan ferrite yang rimbun disebut bainit
4. Hitam dikelilingi lingkaran putih diebut bainit

Tabel di atas menunjukkan hasil uji struktur mikro daerah *weld metal (WM)* spesimen las baja ST 42 dengan variasi arus pengelasan 90A, 100A dan 110A, terbentuk fasa perlit dan ferit. Variasi 110 A saat ini menunjukkan lebih banyak fasa perlit daripada sampel lainnya. Dimana fasa perlit lebih meningkatkan ketangguhan pada material, sedangkan ferit mengakibatkan karakteristik yang lunak dan ulet. Hal ini biasa didukung dengan persentase fasa yang dianalisis dengan metode *point count* dengan alat bantu berupa millimeter block.

Dari pengujian-pengujian spesimen yang telah dilakukan dapat di tarik kesimpulan, bahwa pengaruh kuat arus pengelasan SMAW sangat mempengaruhi kekuatan sambungan las, dimana semakin kecil arus pengelasan dapat mempengaruhi *Weld Metal (WM)*.

4. Kesimpulan

Penelitian pada bahan ST 42 menggunakan pengelasan SMAW dengan kawat las E6013 berdiameter 3,2 mm dengan variasi arus pengelasan 90 A, 100 A dan 110 A, menghasilkan beberapa temuan penting. Hasil uji tarik pada posisi pengelasan 1G dengan arus 110A menunjukkan nilai uji tarik tertinggi, dengan nilai YP sebesar 8,368 MPa, MAX sebesar 9,890 MPa, dan BREAK sebesar 5,283 MPa, yang disebabkan oleh logam pengisi yang berhasil melebur dengan baik, menghasilkan las yang matang. Selain itu, data uji bending menunjukkan bahwa tingkat kekuatan baja ST 42 meningkat dengan arus pengelasan yang lebih besar, dengan arus 110A menghasilkan nilai bending tertinggi sebesar 10,118 MPa. Pengamatan struktur mikro menggunakan metode *point count* juga menunjukkan bahwa persentase pearlite tertinggi terdapat pada material pengelasan dengan arus 110A, sehingga meningkatkan nilai kekuatan tarik. Dari temuan ini dapat disimpulkan bahwa peningkatan arus pengelasan berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan mekanik baja ST 42

Referensi

- [1] I. Afrianto Rabbi, "Analisa Pengaruh Gerakan Elektroda pada Pengelasan SMAW terhadap Uji Kekerasan dan Kekuatan Bending Baja ST 37," *Semin. Nas. Ind. dan Teknol.*, pp. 131–149, 2018.
- [2] Abdul Rouf Irwanto, "Perbandingan Variasi Gerakan Elektroda Pada Proses Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Bending Baja Karbon Rendah," *Tek. Mesin*, 2016.
- [3] A. Febriansyah, P. Studi, and P. Teknik, "Pengelasan Terhadap Uji Bending Dari Hasil Las Pipa St37 Skripsi Pengelasan Terhadap Uji Bending Dari Hasil Las Pipa St37 Skripsi," 2021.
- [4] R. A. Gumara and N. S. Drastiawati, "Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Metal Inert Gas (Mig) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Pada Baja Karbon Astm a36," *Jtm*, vol. 9, no. 3, pp. 65–68, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/43503>
- [5] F. Habibi, S. M. B. Respati, and I. Syafa'at, "Perlakuan Pemanasan Awal Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Dan Fisik Pada Daerah HAZ Hasil Pengelasan Baja Karbon ST 41," *Pros. SNST ke-6 Tahun 2015*, vol. ke-6 Tahun, pp. 43–47, 2015.
- [6] Miftahul Huda ST. MPD and F. Setiawan, "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh dan Kuat Arus dengan Las (Smaw) Pada Baja A36 Terhadap Sifat Mekanik," *J. Ilm. Tek. Mesin Umsida*, no. 2, pp. 1–9, 2016.
- [7] Z. Muhsin, Suardy, and Suryadi, "Analisis perbandingan kualitas las SMAW kampuh V dengan uji bending pada baja ST 37," *Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 45–56, 2018.

- [8] N. Naharuddin, A. Sam, and C. Nugraha, "Kekuatan Tarik Dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja Sm 490 Dengan Metode Pengelasan Smaw Dan Saw," *J. Mek.*, vol. 6, no. 1, pp. 550–555, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mekanikal/article/view/5259>
- [9] P. Nugroho, Mustafa, and Sudarno, "Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Material Baja Karbon Rendah ST42," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, pp. 477–482, 2019.
- [10] A. N. Qomari, Solichin, and P. T. Hutomo, "Pengaruh Pola Gerakan Elektrode Dan Posisi Pengelasan Terhadap Kekerasan Hasil Las Pada Baja St60," *J. Tek. Mesin*, no. 2, pp. 1–8, 2015.
- [11] A. Surahman and N. Ana, "PENGARUH VARIASI ARUS LAS SMAW TERHADAP UJI TARIK DAN UJI KEKERASAN SERTA STRUKTUR MIKRO PADA BAHAN ST 37," vol. 2, no. 5, pp. 1–12, 2023.
- [12] Veranika, "Studi Pengaruh Variasi Elektroda E 6013 Dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Bahan Baja Karbon Rendah," *Desiminasi Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 116–122, 2019.
- [13] A. S. Ritonga and E. S. Purwaningsih, "Penerapan Metode Support Vector Machine (SVM) Dalam Klasifikasi Kualitas Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding)," *Ilm. Edutic*, vol. 5, no. 1, pp. 17–25, 2018.
- [14] F. Budhi Susetyo, J. Amirudin, and V. Yudianto, "Studi Karakteristik Pengelasan Smaw Pada Baja Karbon Rendah St 42 Dengan Elektroda E 7018," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 1, no. 1, pp. 32–39, 2013, doi: 10.21009/jkem.1.1.4.
- [15] F. Putri, "Metode Pengujian Brinnell & Vickers," *Anal. pengaruh variasi kuat arus dan jarak pengelasan terhadap kekuatan tarik, sambungan las baja karbon rendah dengan elektroda 6013*, vol. 2, pp. 13–25, 2010, [Online]. Available: <https://novotest.id/metode-pengujian-brinnell-vickers/>