

PENGARUH *HEAT INPUT* PADA PENGELASAN *COMBINE GTAW-SMAW DISSIMILLAR* MATERIAL BAJA AISI 1045 DENGAN SS 304 TERHADAP SIFAT MEKANIK

Yusuf Rizal Fauzi ¹, Akbar Ela Heka ²

^{1 2} Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin

Jl. Brig Jend. Hasan Basri, Pangeran, Kec. Banjarmasin Utara, Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan
70124

yusuf.rizal.fauzi@poliban.ac.id ¹

ABSTRAK

Praktik pencampuran logam yang sebanding atau berbeda terkait erat dengan kemajuan teknis industri bangunan yang semakin canggih dan cepat. Prosedur pengelasan yang unik ini menggunakan dimensi 200 x 200 x 6 mm untuk baja tahan karat AISI 1045 dan baja karbon SS 304. GTAW menggunakan ER 309 L, logam pengisi berdiameter 2,4 mm. Pengelasan yang berbeda material bertujuan untuk mengajarkan bagaimana masukan panas mempengaruhi sifat mekanik. Dalam percobaan ini, masukan panas berkisar antara 1,08 kJ/mm hingga 0,83 kJ/mm. Struktur mikro diperiksa, dan uji tarik dan kekerasan dilakukan. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa logam induk SS 304 retak pada tegangan rata-rata 886 MPa. Menurut hasil uji kekerasan, area di mana garis *fusion line* bertemu dengan logam induk lebih keras daripada logam dasar itu sendiri. Menurut analisis struktur mikro, area garis fusi SS 304 memiliki fase perlit dan ferit, area logam las mengandung austenit dan dendrit, dan bagian garis fusi AISI 304 mengandung ferit dan austenit. Terdapat hubungan yang pasti antara peningkatan nilai kekerasan dan pengaruh masukan panas pada HAZ dan garis fusi.

Kata kunci : *dissimilar, heat input, logam induk.*

Abstract

The practice of mixing comparable or dissimilar metals is inextricably linked to the building industry's increasingly sophisticated and rapid technical advancement. This one-of-a-kind welding procedure employs dimensions of 200 x 200 x 6 mm for AISI 1045 stainless steel and SS 304 carbon steel. GTAW uses ER 309 L, a 2.4 mm-diameter filler metal. Dissimilar welding aims to teach you how heat input influences mechanical properties. In this experiment, the heat input ranges from 1.08 kJ/mm to 0.83 kJ/mm. The microstructure was examined, and tensile and hardness tests were carried out. The tensile test results indicated that the SS 304 base metal fractured at an average stress of 886 MPa. According to the hardness test results, the area where the fusion line meets the base metal is harder than the base metal itself. According to the microstructure analysis, the SS 304 fusion line area has pearlite and ferrite phases, the weld metal area contains austenite and dendrites, and the AISI 304 fusion line section contains ferrite and austenite. There is a definite relationship between increased hardness value and the effect of heat input on the HAZ and fusion line.

Keywords : *dissimilar, heat input, base metal.*

PENDAHULUAN

Perkembangan pada teknologi tidak terlepas dari proses manufaktur atau fabrikasi yang berkaitan sangat erat dengan logam. Logam yang digunakan dalam proses manufaktur memiliki berbagai macam jenis seperti baja, aluminium, stainless steel, seng, kuningan, perunggu dan lain sebagainya. Pengelasan logam berbeda adalah suatu proses pengelasan yang dilakukan pada dua jenis

logam atau paduan logam yang berbeda. Pengelasan logam berbeda (*dissimilar metal welding*) merupakan perkembangan dari teknologi las modern akibat dari kebutuhan akan penyambungan material-material yang memiliki jenis logam yang berbeda.[1].

Beberapa tahun terakhir pengelasan logam beda jenis mendapatkan perhatian yang lebih. Pengelasan logam berbeda (*dissimilar metal welding*) merupakan penggabungan material yang memiliki jenis logam yang berbeda.[2] Hal yang dapat

mempengaruhi pengelasan beda jenis (*dissimilar metal welding*) antara lain prosedur pengelasan itu sendiri, kuat arus, jenis elektroda, pemilihan jenis kampuh dan proses pendinginan.[3].

Sesuai dengan kandungan komposisi karbonnya, baja digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu baja karbon rendah sedang dan tinggi. Baja AISI 1045 merupakan baja yang memiliki kandungan karbon sekitar 0,43-0,50 dan termasuk dalam baja karbon menengah. Baja AISI 1045 memiliki kandungan Karbon (C) = 0,4-0,45%, Slikon (Si) = 0,1-0,3%, Mangan (Mn) = 0,60-0,90%, Molibdenum (Mo) = 0,025%, Fosfor (P) = 0,04%, Sulfur (S) = 0,05%, dan termasuk baja paduan menengah dan banyak digunakan sebagai komponen automotif misal komponen roda gigi pada kendaraan bermotor.[4] Sedangkan *Stainless Steel* 304 mempunyai komposisi kandungan karbon (C)=0,08%, khrom (Cr)= 18-20%, mangan (Mn)=2% dan nikel (Ni)=8-12%. Pengelasan baja dengan *stainless steel* disebut dengan pengelasan beda jenis (*dissimilar metal welding*).[5]

Saat ini hampir tidak ada logam yang tidak dapat di las, karena telah banyak teknologi baru yang di temukan dengan berbagai macam pengelasan. Penyambungan dua buah logam yang berbeda atau paduan logam yang berbeda (*Dissimilar Metal Welding*) merupakan perkembangan dari teknologi las yang modern berasal dari kebutuhan akan penyambungan material-material yang memiliki jenis logam yang berbeda.[6]

Heat input pada las sangat mempengaruhi struktur fasa, laju pendinginan serta distorsi.[7] Permasalahan yang akan di hadapi pada penggabungan dua logam berbeda adalah perbedaan titik lebur, koefisien muai, sifat fisis dan mekanis dari logam tersebut dengan adanya permasalahan tersebut maka pengelasan dua logam

yang berbeda memerlukan suatu prosedur pengelasan yang baik agar didapat mutu las yang maksimal[8].

Oleh sebab itu diperlukan upaya untuk meneliti pengaruh *dissimilar* pada pengelasan terhadap pengelasan logam berbeda baja AISI 1045 dengan SS 304 menggunakan pengelasan GTAW dan SMAW serta hasil pengelasan akan diuji kekuatan tarik dan kekerasannya, data pengujian akan dibahas.

METODE PENELITIAN

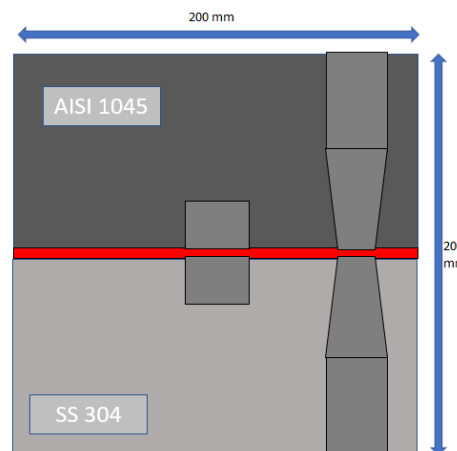
Penelitian dilaksanakan di Workshop Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin dan pengujian dilaksanakan di Lab.

Pengujian Bahan Program studi teknik mesin Politeknik Negeri Banjarmasin.

Metode pengelasan Combine merupakan metode pengembangan dalam pengelasan dua material baja untuk mendapatkan suatu sifat tertentu. Pengaplikasian metode pengelasan combine ini diperuntukan pada penyambungan baja yang membutuhkan tingkat kekuatan dan ketangguhan yang tinggi pada sambungannya.[9]

Pada tahap ini material yang digunakan adalah AISI 1045 dan baja tahan karat AISI 304 yang memiliki ukuran 200 mm x 200 mm x 6 mm, pada proses pengelasan menggunakan 2 metode, untuk bagian *rootpass* menggunakan GTAW dan untuk pengisian layer menggunakan SMAW elektroda LB 52U dengan posisi 1G.

Setelah itu dilakukan uji visual dan penetrant untuk melihat potensi terjadinya cacat las permukaan, hasil uji penetrant menunjukkan tidak ditemukannya cacat las pada permukaan hasil pengelasan. Setelah itu benda kerja dipotong untuk pembuatan spesimen uji tarik. Spesimen uji bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Layout pengelasan

Pengelasan ini menggunakan 2 logam yang memiliki komposisi yang berbeda antara baja karbon AISI 1045 dan baja tahan karat SS 304 untuk komposisi kimia logam tersebut dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

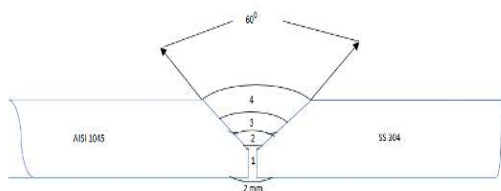
Tabel 1. Komposisi AISI 1045

Komposisi kimia AISI 1045 (wt.%)					
C	Si	Mn	Mo	P	S
0,4-0,45	0,1-0,3	0,60-0,90	0,025	0,04	0,05

Tabel 2. Komposisi SS 304

Komposisi kimia SS 304 (wt.%)						
C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S
0,08	18-20	8-12	2	0,34	0,032	0,019

Pengelasan akan dilakukan dengan dua metode, yang pertama pada bagian *rootpass* ini menggunakan metode GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dengan filler ER 309 L berdiameter 2,4 mm standar AWS 5.9, parameter pengelasan yang mendukung berjalannya proses pengelesan menggunakan arus 90 A, tegangan yang digunakan 13 V serta polaritas menggunakan DCEP (*Direct Current Electrode Positive*). Posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi 1G (*butt joint*). Selanjutnya yang kedua pada bagian hotpass menggunakan metode SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) menggunakan elektroda LB 52U dengan arus 90. Pada saat memulai proses pengelasan diberi penambahan plat pada 2 sisi material yang disebut *tab* lalu dilakukan *tack weld* yang bertujuan untuk menahan 2 buah logam pada posisinya agar tidak terjadinya penggesaran selama proses pengelasan. Pengelasan ini memiliki sebanyak 4 layer, layer 1 yaitu *root pass*, layer 2 dan 3 yaitu *hot pass*, yang terakhir layer 4 yaitu *capping* untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Sketsa layer pengelasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini data yang diperoleh antara lain data-data hasil uji kekerasan menggunakan metode *Vickers hardness test*, data hasil uji metalografi struktur mikro, data hasil hasil uji tarik pada sambungan las dan data-data tersebut diperoleh berupa nilai.

Data hasil pengelasan

Untuk Untuk mencari persamaan masukan panas (*heat input*) menggunakan persamaan seperti berikut:

$$HI = \frac{V \times I \times 60}{1000 \times s}$$

Keterangan: HI = *Heat Input* (kJ/mm),

V = Tegangan las (Volt),

I = Arus las (Ampere),

s = Kecepatan pengelasan (mm/min)

Tabel 3. masukan panas rendah

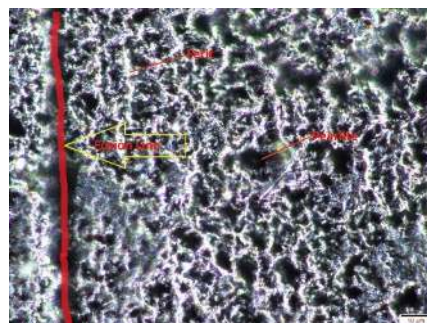
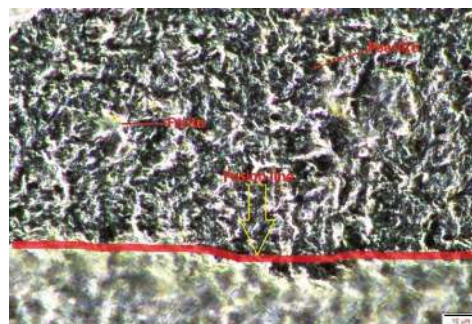
Urutan Pengelasan	Arus (A)	Tegangan (V)	Travel Speed (Mm/Min)	Heat Input (Kj/Mm)
<i>root pass</i>	90	13	90,21	0,81
<i>hot pass</i>	90	13	83,54	0,84
<i>hot pass</i>	90	13	80,21	0,87
<i>capping</i>	90	13	88,65	0,79
Rata-rata			85,6525	0,83

Tabel 4. masukan panas tinggi

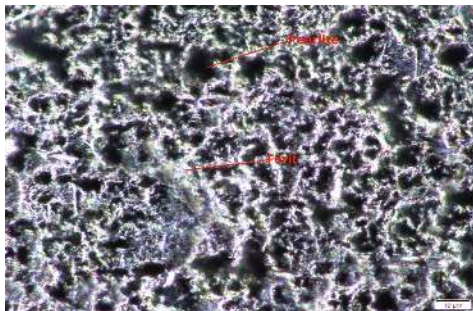
Arus (A)	Tegangan (V)	travel speed (mm/min)	heat input (kJ/mm)	Arus (A)
<i>root pass</i>	90	13	70,65	0,99
<i>hot pass</i>	90	13	64,43	1,09
<i>capping</i>	90	13	60,33	1,16
Rata-rata			65,14	1,08

Data yang diperoleh dari proses pengelasan dengan variasi masukan panas rendah menggunakan persamaan masukan panas didapatkan hasil 0,83 kJ/mm sedangkan untuk variasi masukan panas tinggi didapatkan hasil 1,08 kJ/mm.

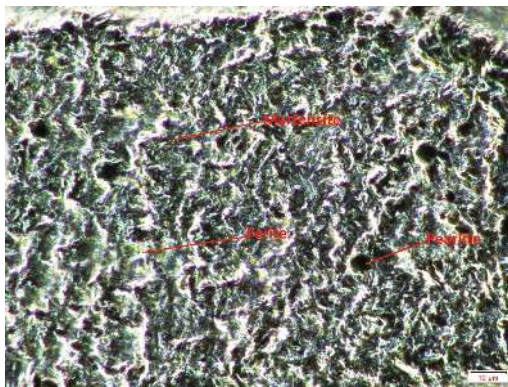
Pengamatan struktur mikro

Gambar 3 Struktur mikro *fusion line* SS304 masukan panas rendahGambar 4 Struktur mikro *fusion line* SS304 masukan panas tinggi

Struktur mikro daerah *fusion line* baja karbon SS304 bisa dilihat perbandingan antara variasi masukan panas tinggi dan masukan panas rendah terdapat 2 fasa yang terbentuk yaitu fasa ferit dan perlit daerah *fusion line* SS304 pada daerah HAZ yang menuju logam induk SS304. Penambahan arus dapat meningkatkan panas, peningkatan panas ini membuat struktur logamnya menjadi kasar dan semakin tinggi temperatur juga dapat memperbesar butir yang mempengaruhi nilai kekerasan pada batas *weld metal*, *fusion line* dan HAZ SS304. Butir ferit mengakibatkan karakteristik yang lunak terhadap material sedangkan fasa perlit meningkatkan ketangguhan dari material baja. Semakin banyak hadirnya fasa ferit dan perlit yang terkandung pada material, maka nilai kekuatan tariknya semakin rendah [9].



Gambar 5 Struktur Mikro AISI 1045 Masukan Panas Rendah

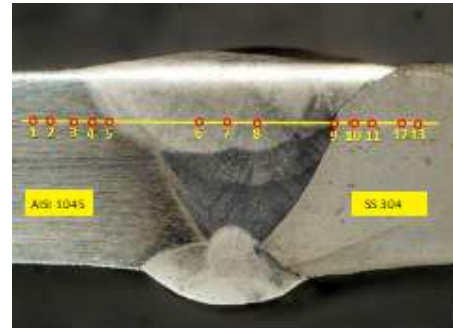


Gambar 6 Struktur mikro AISI 1045 masukan panas tinggi (a), (b)

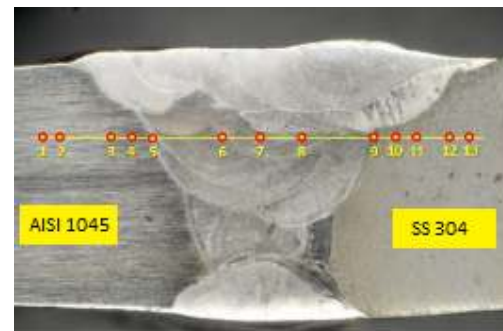
Struktur mikro daerah pada *fusion line* baja tahan karat AISI 1045 ini ada perbedaan dari kedua variasi masukan panas tinggi dan masukan panas rendah, terlihat pada variasi masukan panas tinggi fasa yang lebih mendominasinya adalah fasa ferit dan martensite dibandingkan dengan variasi masukan panas rendah fasa ferit cenderung lebih sedikit, pengaruh fasa yang terbentuk terhadap sifat

mekanik ini bisa dibuktikan dengan hasil uji kekerasan.

Uji kekerasan ini menggunakan metode *Vickers* dengan pembebanan 1 kgf/mm² dengan waktu penekanan 10 detik, uji kekerasan ini mengacu pada standar ASTM E384, untuk jumlah titik indentasi ada 13 titik. 2 titik indentasi di setiap *Heat Affected Zone* (HAZ) AISI 1045 dan SS 304, 1 titik indentasi pada *fusion line* dan 3 titik indentasi pada *weld metal* bisa dilihat pada Gambar 6a dan Gambar 6b.

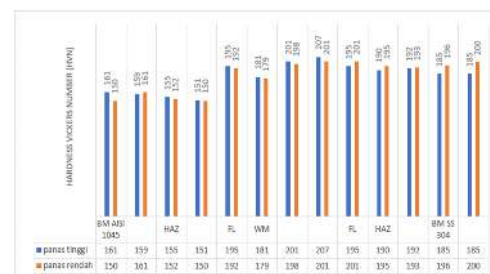


Gambar 6a. titik indentasi pada heat input tinggi



Gambar 6b. titik indentasi pada heat input rendah

Setelah menentukan titik indentasi, hasil uji kekerasan ini dibuat grafik agar bisa terlihat perbandingan setiap titik indentasinya. Pada Gambar 7 yang dilampirkan dibawah ini grafik penggabungan variasi masukan panas tinggi dan variasi masukan panas rendah serta mencantumkan juga nilai HVNnya.



Gambar 7. Grafik Hasil uji kekerasan

Nilai kekerasan pada kedua variasi tersebut memiliki nilai yang sangat beragam, apabila dikorelasikan dengan hasil pengamatan struktur mikro, hadirnya fasa ferit yang mempengaruhi sifat mekanik yaitu menurunkan nilai kekerasan pada baja. Pada daerah *fusion line* dan *Heat Affected Zone* (HAZ) pada AISI 1045 ini mengalami kenaikan nilai kekerasannya 192 HVN pada masukan panas rendah untuk masukan panas tinggi nilai kekerasannya 195 HVN menjadi sangat keras dibandingkan logam induknya yang hanya memiliki rentan nilai kekerasan 150 HVN hingga 161 HVN. Pada daerah HAZ dari baja karbon rendah mengalami reaksi berupa berdifusinya kromium ke dalam *Heat Affected Zone* (HAZ) dan terdifusi dari *weld metal* ke dalam logam induk, faktor ini menyebabkan kekerasan di batas *weld metal*, *fusion line*, dan *Heat Affected Zone* (HAZ) menjadi sangat keras dibandingkan logam induknya.

Sedangkan untuk daerah *fusion line* SS 304 mengalami penurunan ketika masukan panas tinggi, penurunan nilai kekerasan ini karena peningkatan kekerasan antara *Heat Affected Zone* (HAZ) dan daerah lasan lebih besar dalam baja karbon rendah dibandingkan dengan baja tahan karat karena konduktivitas panas yang lebih baik. Jika material baja tahan karat diberi perlakuan panas maka panas tersebut terpusat pada daerah yang terkena panas sehingga hanya sedikit panas yang disalurkan ke daerah sekitarnya. Pengelasan antara baja karbon rendah dengan baja tahan karat untuk semua variasi tegangan listrik dan waktu pengelasan menghasilkan struktur butir *columnar* di daerah *Fusion Line*. [10].

Pada tahap uji tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik hasil pengelasan *dissimilar* dan kekuatan *weld metal*nya. Kedua variasi masukan panas yang akan diuji tarik ini berjumlah 6 spesimen. Standar uji tarik menggunakan ASTM E8.



Gambar 8. Specimen pengujian Tarik

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Tarik heat input tinggi dan rendah

Spesimen	Yield Strength	Tensile Strength	Regangan	Patahan
Panas tinggi	893,33	932	2	base metal SS 304
Panas rendah	832	872	1,5	base metal SS 304

Panas tinggi	870,66	876	2	base metal SS 304
Panas rendah	814,66	840	2,5	base metal SS 304
Panas tinggi	846,66	872	2	base metal SS 304
Panas rendah	841,33	929	2,5	base metal SS 304

Semua patahan dari hasil uji tarik putus pada bagian *base metal* dan apabila dikorelasikan dengan hasil uji kekerasan maka bisa diketahui nilai kekerasan pada *base metal* baja karbon SS400 ini memiliki nilai kekerasan yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan *weld metal* dan *base metal* baja tahan karat SS 304. Hal ini didukung hasil penelitian Firmansyah, Dkk [11] yang menyatakan bahwa logam *stainless steel* lebih kuat dibandingkan dengan *base metal* baja karbon.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa masukan panas memberikan pengaruh sebagai berikut:

1. Pada uji kekerasan masukan panas sangat berpengaruh terhadap daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) dan *fusion line* pada baja karbon SS400 dan baja tahan karat AISI 304 yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibanding dengan logam induknya.
2. Kekuatan tarik kedua variasi masukan panas tinggi dan masukan panas rendah cenderung memiliki nilai rata rata yang hampir sama 893MPa untuk variasi masukan panas tinggi dan untuk variasi masukan panas rendah 880 MPa, semua spesimen patah di bagian *base metal* baja karbon SS304.
3. Pada pengamatan struktur mikro daerah *base metal*, *fusion line*, *Heat Affected Zone* (HAZ) variasi masukan panas tinggi dan variasi masukan panas rendah memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasannya. Pada daerah *fusion line* baja karbon SS400 nilai kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan logam induknya. Pada masukan panas tinggi fasa yang lebih mendominasi adalah fasa perlit sedangkan untuk masukan panas rendah yang mendominasinya adalah fasa ferit. Pada bagian *weld metal* variasi masukan panas memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasannya karena semakin besar masukan panas semakin banyak dendritik yang mengakibatkan semakin tingginya nilai kekerasan. Pada bagian *fusion line* baja tahan karat AISI 304 pada masukan panas yang tinggi nilai kekerasannya menurun

dibandingkan masukan panas rendah, penyebab dari penurunan ini hadirnya fasa ferit yang mendominasi di variasi masukan panas tinggi dibandingkan dengan masukan panas rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim laboratotium pengujian bahan dan metrologi politeknik negeri banjarmasin yang sudah banyak membantu dalam penelitian ini dan terimakasih kepada rekan-rekan dosen, PLP serta mahasiswa yang sudah memberikan support dan kerjasamanya sehingga penelitian ini bisa terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Askar, S. Sinarep, and N. H. Sari, "Pengaruh Preheat Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja Jis Ss 400," *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 16–25, 2013, doi: 10.29303/d.v3i1.84.
- [2] M. Y. A. Repi, Apriliana Hidayati Nurdin, "Pengaruh Arus Listrik dan Filler Pengelasan Logam Berbeda Baja Karbon Rendah (St 37) dengan Baja Tahan Karat (Aisi 316l) terhadap Sifat Mekanis dan Struktur," *proseding SNATIF*, vol. 4, no. St 37, pp. 637–642, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.umk.ac.id/index.php/SNA/article/view/1403>.
- [3] A. R. Irwanto, "Perbandingan variasi gerakan elektroda pada proses shielded metal arc welding (smaw) terhadap struktur mikro dan kekuatan bending baja Karbon rendah," *Fak. Tek. Univ. Negeri Semarang*, 2016.
- [4] D. Ariska, "Analisa Perbandingan Kekuatan Bending dan Kekuatan Tarik pada Pengelasan Smaw Plat Baja St 37 Menggunakan Variasi Arus dan Kecepatan Pengelasan." Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis, 2017.
- [5] A. Duniawan, "Pengaruh Gerak Elektroda dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja SSC 41," *J. Teknol.*, vol. 8, no. 2, pp. 128–134, 2015.
- [6] A. Rabbi and I. Imran, "Analisa Pengaruh Gerakan Elektroda pada Pengelasan SMAW terhadap Uji Kekerasan dan Kekuatan Bending Baja ST 37," in *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*, 2018, pp. 131–140.
- [7] L. N. Y. M, S. Heru, and Q. Abdul, "Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan St 37," *J. Tek. Mesin*, vol. 24, no. 1, pp. 1–12, 2016, [Online]. Available: <http://journal2.um.ac.id/index.php/jurnal-teknik-mesin/article/view/511>.
- [8] M. Zaki Mahbub, "Pengaruh Masukan Panas thdp Distorsi dan Sifat Mekanik Pada Pengelasan Dissimilar Baja AISI 304...," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 24–33, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>.
- [9] S. Mikro, P. Baja, J. I. S. Ss, J. H. S. Ronggowaluyo, T. Timur, and K. Barat, "Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Universitas Singaperbangsa Karawang 24 Desmon , Samuel; Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Kombinasi Smaw Dan Gtaw Terhadap Pengujian Kekerasan , Kekuatan Impak Serta Pengamatan Struktur Mikro Pada Baj," vol. 8, no. 1, pp. 24–33, 2022.
- [10] Haikal1, Moch.Chamim1, E. Suryono1, F. N. Hidayah1, and Triyono2, "PENGARUH PARAMETER PENGELASAN RESISTANCE SPOT WELDING TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK MULTI - LAYER IOGAM TAK SEJENIS BERBEDA KETEBALAN Program Studi Teknik Mesin , Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta Program Studi Teknik Mesin , Universitas Sebelas," vol. 7, no. 1, pp. 16–24, 2021.
- [11] W. Firmansyah, H. Suryanto, and Solichin, "Pengaruh Variasi Waktu Penekanan Pengelasan Titik Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro Pada Sambungan Dissimilar Baja Tahan Karat AISI 304 Dengan Baja Karbon Rendah ST 41," *J. Tek. Mesin*, no. 2, pp. 2–9, 2016.