



JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

Received 09th May 2025
Accepted 17th May 2025
Published 28th May 2025

Open Access

Analysis of Welding Current Variation Effects on Gas Metal Arc Welding (GMAW) Characteristics in Low-Carbon Steel

Irvan Bayu Irawan^a, Kurniawan^b, Ahmad Ruliyanto^c, Ikhwanul Qiram^{d*}

^{a,b,c} Student Departemen of Mechanical Engineering, University of PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 22, Kertosari, Banyuwangi

^c Lecturer Departemen of Mechanical Engineering, University of PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 22, Kertosari, Banyuwangi

irvanbayu559@gmail.com^a, kurniawan.radzy@gmail.com^b, Ruliyanto.eng@gmail.com^{c*}, ikhwanulqiram@gmail.com

Abstract: This research utilizes Gas Metal Arc Welding (GMAW), a process whose performance characteristics significantly influence weld strength, particularly tensile capacity and flexibility. Higher electrical control contributes to increased tensile strength in welds, sometimes exceeding the base metal's tensile strength. However, during bend testing, lower electrical settings typically result in defects or cracks. Critical GMAW parameters power, voltage, and welding speed require precise adjustment to enhance weld quality. This study evaluates the impact strength of GMAW-welded steel using Charpy testing with 70° V-joints at currents of 90, 110, and 130 Amperes. The highest impact strength occurred at 110 Amperes, indicating optimal toughness, while 90 Amperes yielded low toughness. Fracture analysis revealed ductile fractures in 90-Amp specimens and mixed-mode fractures at 110/130 Amperes.

Keywords: *Welding, GMAW, low carbon steel, mechanical Test*

Introduction

Teknologi ini berkembang dari waktu ke waktu, terutama karena proses produksi yang banyak digunakan dalam industri industri, terutama pekerjaan konstruksi, pembuatan kapal, pipa ledeng, peralatan pabrik dan tugas teknis lainnya. Pengelasan banyak digunakan dalam proses manufaktur, perbaikan dan pemeliharaan seperti penambalan retakan, pengisian lubang, memotong suku cadang di bagian yang ditolak atau diperkuat, atau bagian yang diperkuat [1].

Pengelasan yaitu proses menyambungkan dua buah atau lebih logam yang sejenis maupun tak sejenis dengan mencairkan atau memanaskan logam tersebut baik di atas maupun di bawah titik leburnya, disertai atau tanpa penambahan tekanan ataupun logam pengisi [2]. Parameter dalam pengelasan meliputi arus, tegangan, kecepatan gerak, dan berbagai faktor lainnya yang memengaruhi proses pengelasan [3]. Kualitas hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pemeriksaan visual, pengukuran kekuatan sambungan, dan uji destruktif atau non-destruktif. Prosedur pengelasan yang tidak tepat dapat mengakibatkan terjadinya cacat berupa perubahan struktur kristal dan sifat mekanik material [4].

Salah satu Teknik pengelasan yang banyak diteliti adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Prinsip kerja las GMAW adalah

mengkonversi sumber panas energi listrik menjadi energi termal. Proses pengelasan GMAW membutuhkan sejumlah bahan tambahan seperti kawat gulung dan gas CO₂ atau gas argon (AR) yang berfungsi sebagai media pelindung logam dari pengaruh udara luar saat pengelasan berlangsung [1]. Perisai gas bertindak sebagai pelindung karena logam las sangat rentan terhadap difusi hydrogen yang memicu cacat berpori.

Proses pengelasan dengan menggunakan GMAW dengan pengaturan arus yang bervariasi akan menghasilkan kekuatan hasil las yang berbeda-beda terutama kekuatan tarik dan lentur [5]. Semakin tinggi pengaturan arus yang digunakan maka kekuatan tarik hasil las akan semakin besar, melebihi kekuatan tarik logam induknya. Sedangkan pada pengujian lentur, apabila pengaturan arus yang digunakan lebih rendah maka cenderung terjadi cacat atau retak. Secara praktis, pemilihan pengaturan arus dimaksudkan untuk memperbaiki dan menyempurnakan *Welding Procedure Standard* (WPS). Dengan pengaturan arus yang tepat maka parameter pengelasan seperti tegangan dan kecepatan pengelasan akan meningkatkan kualitas hasil las [5].

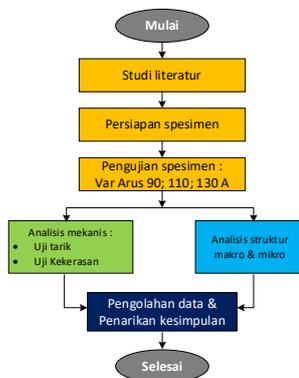
Berdasarkan tinjauan penelitian sebelumnya yang mengkaji pengaruh variasi arus pada proses pengelasan GMAW terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur, seperti kekuatan

tarik, kekerasan, dan ketangguhan impact [1], [3], [4]. Namun, sebagian besar studi terfokus pada material baja karbon atau baja rendah karbon, sedangkan penelitian tentang pengelasan logam tidak sejenis, khususnya antara aluminium dan baja, masih terbatas [6], [7]. Selain itu, belum ada kajian komprehensif yang membandingkan pengaruh variasi arus GMAW pada material aluminium dan baja secara bersamaan, termasuk analisis cacat las dan perubahan sifat mekanik akibat proses reparasi berulang [4], [5].

Penelitian sebelumnya juga belum mengeksplorasi optimasi parameter pengelasan GMAW (seperti kecepatan pengelasan dan jenis gas pelindung) untuk meningkatkan kualitas sambungan logam tidak sejenis [8]. Selain itu, studi tentang pengaruh variasi arus terhadap struktur mikro dan kekuatan impact pada material aluminium 5052 masih jarang dilakukan, padahal material ini banyak digunakan dalam industri [9], [10]. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis pengaruh parameter pengelasan GMAW pada logam tidak sejenis, khususnya aluminium dan baja, serta mengembangkan prosedur pengelasan yang optimal untuk mengurangi cacat dan meningkatkan kinerja sambungan las

Metode

Metode penelitian yang digunakan menggunakan beberapa analisis dari beberapa jurnal penelitian terkait. Tahapan penelitian muncul di gambar di bawah ini.



Gambar 1. Kerangka penelitian

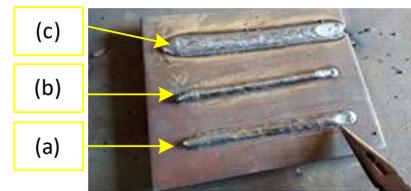
Penelitian ini menggunakan material baja rendah karbon mesin Las GMAW dengan variasi pengaturan kuat arus 90A, 110A dan 130A. Setelah proses pengelasan selesai dilanjutkan proses pembuatan uji kekuatan tarik, uji kekerasan distandarkan, uji foto mikro, dan uji foto makro. Analisis data makro dan mengolah data hasil dari proses pengujian spesimen ke dalam sebuah grafik dan susunan foto

sehingga bisa dilakukan proses pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini.

Hasil dan Pembahasan

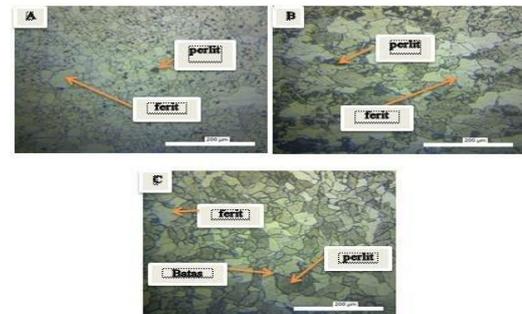
1. Pengaruh Perbedaan Arus pada Pengelasan GMAW terhadap Struktur Makro dan Mikro

Pengujian makro dilakukan untuk mengamati perubahan visual pada spesimen hasil pengelasan GMAW dengan variasi arus 90 A, 110 A, dan 130 A pada baja karbon rendah seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



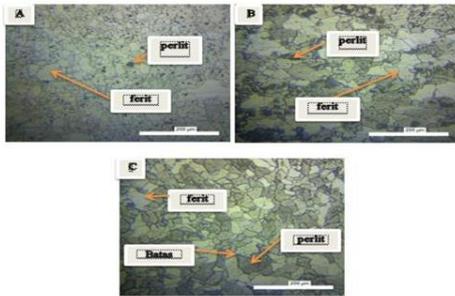
Gambar 2. Hasil pengelasan GMAW dengan arus listrik berbeda pada baja karbon rendah ; a) 90 A, b) 110 A, dan c) 130 A.

Gambar 2.a menunjukkan struktur makro pengelasan GMAW dengan arus 90 Ampere pada baja karbon rendah 4 mm, di mana tidak terjadi penetrasi dari kedua sisi. Pada Gambar 2.b (110 Ampere), terlihat penetrasi kecil dari dua sisi, sedangkan pada arus 130 Ampere, penetrasi lebih besar dibandingkan 110 Ampere. Pengujian mikro dilakukan untuk menganalisis perubahan struktur material pada spesimen pengelasan GMAW dengan variasi arus 90 A, 110 A, dan 130 A menggunakan mikroskop.



Gambar 3. Struktur mikro diperbesar

Struktur mikro spesimen induk pada pembesaran 200X menunjukkan ferrit (butiran putih halus) dan perlit (butiran gelap kasar). Ferrit lebih lunak karena rendah karbon, sedangkan perlit lebih keras akibat kandungan karbonnya, mengindikasikan material yang relatif lunak (Gambar 3). Sementara itu, daerah HAZ yang terkena panas pengelasan memiliki struktur seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur daerah HAZ

Ketiga Gambar 3. A, B dan C merupakan gambar yang menunjukkan bahwa adanya pengaruh arus las GMAW terhadap struktur mikro pada baja karbon rendah di daerah HAZ. Daerah HAZ Gambar 3.A arus 90 Ampere struktur perlit terlihat masih ada dan ukurannya juga masih terlihat besar dibanding ukuran perlit pada Gambar 3. B arus 110 Ampere dan Gambar 3. C arus 130 Ampere, dari ketiga gambar tersebut mulai dari A, B ke C garis polanya atau garis retakan juga semakin terlihat lebih tebal.

Akibat *heat input* yang dihasilkan dari ketiga arus itu berbeda dan semakin tinggi pada setiap peningkatan arusnya. Sehingga daerah HAZ pada arus 90 Ampere itu lebih ulet dibanding daerah HAZ pada arus 110 Ampere dan daerah HAZ arus 130 Ampere. Karena garis-garis retakannya semakin menebal dikarenakan struktur perlit yang semakin berkurang dan struktur ferite mulai membesar menyebabkan meningkatnya nilai getas spesimen uji, maka daerah HAZ pada arus 130 Ampere lebih getas dan lebih keras dari daerah lainnya.

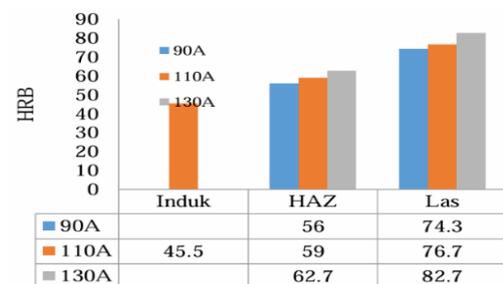
Struktur mikro daerah pengelasan pembesaran 200 X (A) arus 90 Ampere (B) arus 110 Ampere (C) arus 130 Ampere Daerah las merupakan daerah yang terkena proses pengelasan dan mengalami perubahan struktur yang signifikan. Terlihat struktur mikro arus 90 Ampere menunjukkan bahwa struktur yang dominan yaitu martensit dan ferite namun masih terlihat struktur perlit. (B) Arus 110 Ampere struktur perlit mulai memudar membentuk struktur bainit atas atau *upper bainit* namun masih didominasi struktur martensit dan ferite. Arus 130 Ampere ini cenderung lebih dominan struktur martensit dan struktur ferite masih ada namun mulai diisi dengan struktur bainit bawah atau *under bainit*.

Kecepatan pendinginan dari titik cair sampai ke temperatur ruangan berlangsung secara cepat sehingga berpengaruh pada kekuatan sambungan las, karena akan menentukan fasa akhir yang terbentuk. Perbedaan A, B, C merupakan perbedaan struktur dari arus 90 Ampere memiliki struktur

martensit lebih halus dibanding arus 110 Ampere dan arus 130 Ampere sedangkan arus 140 Ampere terlihat struktur martensit lebih kasar, sehingga menunjukkan bahwa struktur material di daerah las ini lebih keras daripada arus 90 Ampere dan arus 110 Ampere.

2. Pengaruh Perbedaan Arus pada Pengelasan GMAW terhadap Sifat Mekanis Baja Ringan

Uji menggunakan kekerasan pada spesimen metode Rockwell dan pengujiannya meliputi tiga proses dalam setiap daerah uji dan arus yang dipakai dalam pengelasan sehingga bisa didapatkan hasil rata-rata pada ujiannya seperti yang terlihat pada grafik pada Gambar 5. berikut.



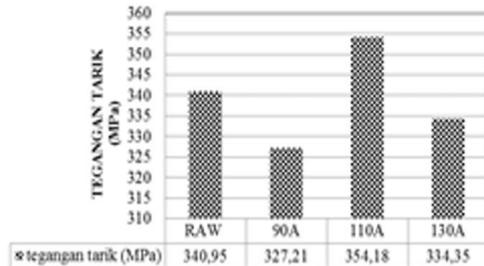
Gambar 5. Grafik hasil uji kekerasan

Gambar 5 menjelaskan tentang perbedaan kekerasan pada bahan material uji dari baja karbon rendah akibat pengaruh dari pengelasan GMAW dengan perbedaan arus 90A, 110A dan 130A. Dimana nilai kekerasan daerah induk atau daerah asli dari mempunyai nilai kekerasan 45 HRB, nilai kekerasan ini cenderung meningkat akibat pengaruh dari panas pengelasan dan pengaruh arus, pada daerah HAZ nilai kekerasan meningkat dari pengaruh las arus 90A dengan nilai kekerasan rata-rata 56 HRB dan semakin meningkat dimana arus 110A mempunyai nilai kekerasan 59 HRB dan arus 130A mempunyai nilai kekerasan rata-rata 62,7 HRB.

Hal ini juga dibuktikan dari daerah pengelasan dimana dalam Gambar grafik 5 nilai kekerasan meningkat dibanding daerah induk dan HAZ, nilai kekerasan dari perbedaan arus juga meningkat dimana nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengelasan arus 90A yaitu 74,3 HRB, arus 110A sebesar 76,7 HRB dan arus 130A mempunyai nilai kekerasan 82,7 HRB, ini membuktikan bahwa meningkatnya arus mempunyai pengaruh pada naiknya nilai kekerasan.

Sedangkan uji kekuatan tarik pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari material spesimen uji. Setelah melakukan pengujian uji tarik didapatkan

hasil nilai rata-rata uji tarik spesimen uji dapat dilihat dari grafik tegangan tarik pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik hasil uji tarik

Berdasarkan hasil uji tarik pada gambar, tegangan tarik tertinggi dicapai pada arus 130 Ampere sebesar 354,18 MPa, diikuti oleh arus 90 Ampere sebesar 340,95 MPa, dan terendah pada arus 110 Ampere sebesar 327,21 MPa. Rentang nilai tegangan tarik berkisar antara 327,21-354,18 MPa, menunjukkan bahwa peningkatan arus las tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan tarik, dengan nilai terendah terjadi pada arus 110 A. Meningkatnya arus ternyata benar membuat getas spesimen.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pada baja karbon rendah dengan pengelasan GMAW (90A, 110A, 130A), disimpulkan bahwa variasi arus mempengaruhi struktur dan sifat mekanik material. Pada struktur makro, arus 130A menghasilkan kekuatan las yang utuh, sedangkan secara mikro menunjukkan struktur HAZ dan las yang paling sesuai dengan diagram fasa baja. Selain itu, peningkatan arus secara konsisten meningkatkan kekerasan material: di daerah HAZ dari 56 HRB (90A) menjadi 62,7 HRB (130A), dan di daerah las dari 74,3 HRB (90A) menjadi 82,7 HRB (130A).

Sementara itu variasi arus juga berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik. Tegangan tarik terendah dicapai pada arus 90A (327,21 MPa), sementara nilai tertinggi diperoleh pada arus 110A (354,18 MPa). Temuan ini menunjukkan hubungan kompleks antara parameter pengelasan dan kinerja mekanik baja.

Daftar Pustaka

[1] A. Eko Purkuncoro, "Analisis Pengaruh Variasi Arus Listrik 90 a, 10 a,130 a Terhadap Sifat mekanis Dan Struktur mikro hasil Pengelasan Gas metal

Arcwelding (Gmaw) Pada Baja Karbon Jiss50C," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.36040/industri.v9i1.372.

- [2] Suheni, A. Ainur Rosidah, and S. Satrio Utomo, "Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Sambungan terhadap Kekuatan Tarik dan Impak dengan Material SS400 pada Pengelasan GMAW," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan IV*, vol. 4, no. Senastitan Iv, pp. 1–7, 2024.
- [3] Z. Fakri and N. B. B. Juhan, "Analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW terhadap ketangguhan sambungan baja AISI 1050 (Analysis of the effect of the GMAW welding current on the toughness of the AISI 1050 material welding joints)," *J. Arc Weld.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–10, 2019.
- [4] D. Pratama, I. Yuwono, A. T. A. Salim, M. Muzaki, and S. Suparman, "Pengaruh Repair Las Gmaw Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Material Baja a36," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 6, no. 01, pp. 45–52, 2023, doi: 10.33795/jetm.v6i01.1810.
- [5] Waluyo, "Analisa Pengaruh Variasi Arus Terhadap Hasil Las GMA," *Agritek*, vol. 11, no. 1, p. 8, 2010.
- [6] A. Monika, Sinar; Rakhman, "Fakultas Teknik – Universitas Muria Kudus 153," *Pros. SNATIF ke-4 Tahun 2017*, vol. 3, no. 2015, pp. 153–160, 2017.
- [7] H. In, S. T. Steel, and P. Heating, "page 135-146," vol. 6, no. 2, pp. 135–146, 2024, doi: 10.20527/jtamrotary.v7i.
- [8] B. Sulistiyo and H. Purwanto, "Analisis Pengaruh Arus Pengelasan GMAW Terhadap Struktur Makro, Mikro dan Sifat Mekanik Pada Material Baja Karbon ASTM A36," *J. Ilm. MOMENTUM*, vol. 17, no. 1, pp. 36–42, 2021, doi: 10.36499/mim.v17i1.4346.
- [9] Ariyanto Ariyanto, "Analisa Pengaruh Arus Listrik Pengelasan GMAW Alumunium 5052," *J. Ilm. Tek.*, vol. 3, no. 1, pp. 38–43, 2024, doi: 10.56127/juit.v3i1.1159.
- [10] A. Sebayang, E. Tarigan, F. F. Hasan, and Anasril, "Karakteristik Hasil Pengelasan Metal Inert Gas (MIG) Pada Plat Baja ST 37 Dengan Variasi Arus 120 A, 130 A, 140A, Dan 150A," *J. Pendidik Indones.*, vol. 05, no. 02, pp. xx-yy, 2022.