



Analisis Pengaruh Penggunaan Gas Argon pengelasan GMAW terhadap Kualitas Hasil Pengelasan dan Sifat Mekanik pada Baja AISI 1045

Rizal Adi Saputra¹, Irza Sukmana^{1,*}, Tarkono¹, Rafli Akbar Rafsandjani¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung 35145, Indonesia.

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Article history:

Received : 01-05-2026

Revised : 23-05-2026

Accepted : 30-05-2026

Kata Kunci:

GMAW;

Gas argon;

Baja AISI 1045;

Uji Tarik;

Uji Impak.

Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) merupakan metode pengelasan modern yang dapat menggunakan gas pelindung argon dan tanpa pelindung argon. Pada penelitian ini melakukan pengelasan pada Baja AISI 1045 yang menggunakan gas pelindung argon dan pengelasan tanpa gas pelindung dengan arus pengelasan sebesar 100 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan gas argon menghasilkan permukaan las yang lebih bersih dan mengkilap dibandingkan pengelasan tanpa gas pelindung yang cenderung lebih gelap akibat terpapar udara selama proses pengelasan. Pada pengujian tarik, spesimen dengan gas pelindung argon menghasilkan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 574,8 MPa, sedangkan pengelasan tanpa gas pelindung menghasilkan nilai rata-rata sebesar 555,7 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gas argon mampu meningkatkan kestabilan dan kekuatan tarik sambungan las. Pada pengujian impak, pengelasan menggunakan gas argon menghasilkan energi impak rata-rata sebesar 9 joule dengan ketangguhan impak 0,113 J/mm². Sementara itu, pengelasan tanpa gas pelindung menghasilkan energi impak rata-rata sebesar 16,33 joule dengan ketangguhan impak 0,204 J/mm². Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan gas pelindung argon pada proses pengelasan GMAW baja AISI 1045 lebih optimal dalam meningkatkan kualitas permukaan dan kekuatan tarik sambungan las, sedangkan pengelasan tanpa gas pelindung menghasilkan ketangguhan impak yang lebih baik.

*Email Korespondensi :

irzasukmana@eng.unila.ac.id



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0

1. Pendahuluan

Laju Perkembangan teknologi konstruksi berbasis logam mendorong meningkatnya penggunaan pengelasan pada berbagai sektor industri, seperti konstruksi baja, perkapalan, otomotif, perpipaan, dan jembatan. Pengelasan tidak hanya digunakan untuk menyambung logam, tetapi juga untuk perbaikan dan penambahan ketebalan material sehingga memiliki peranan penting dalam proses manufaktur dan rekayasa logam [1]. Pengelasan merupakan proses penyambungan logam menggunakan energi panas hingga terbentuk ikatan metalurgi. Salah satu metode yang banyak digunakan di industri adalah Gas Metal Arc Welding (GMAW) atau MIG/MAG, yaitu proses pengelasan busur listrik yang menggunakan kawat elektroda secara kontinu dengan perlindungan gas untuk mencegah kontaminasi udara pada logam cair [2]. Gas pelindung berfungsi menjaga

kestabilan busur dan kualitas hasil las sehingga berpengaruh terhadap sifat mekanik sambungan las [3].

Salah satu gas pelindung yang sering digunakan pada proses GMAW adalah argon. Penggunaan gas argon diketahui mampu meningkatkan kualitas sambungan las, terutama pada kekuatan tarik, distribusi kekerasan, serta struktur mikro daerah las dan Heat Affected Zone (HAZ). Gas argon juga menghasilkan busur las yang lebih stabil sehingga proses transfer logam menjadi lebih baik dibandingkan penggunaan gas aktif penuh [4]. Selain itu, kandungan argon yang lebih tinggi dapat mengurangi percikan las (spatter), memperbaiki penetrasi, dan menghasilkan manik las yang lebih seragam [5]. Penggunaan gas argon pada pengelasan GMAW juga menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan gas CO₂. Struktur mikro hasil pengelasan menjadi lebih halus dan merata karena perlindungan argon mampu meminimalkan kontaminasi udara selama proses

pengelasan berlangsung [6]. Selain meningkatkan sifat mekanik, gas argon juga dapat mengurangi cacat permukaan seperti porositas dan spatter serta menghasilkan manik las yang lebih rapi dibandingkan penggunaan gas CO₂ murni [7].

Pada baja AISI 1045, kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh berbagai parameter, seperti perlakuan panas, media pendingin, dan jenis gas pelindung. Perlakuan preheat dan postheat diketahui mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan daerah HAZ pada baja karbon menengah yang sensitif terhadap perubahan temperatur [8]. Selain itu, variasi pendinginan menggunakan air, udara, dan air garam juga menghasilkan perbedaan nilai kekerasan dan kekuatan tarik sambungan las [9]. Penelitian lain menunjukkan bahwa campuran gas argon dan CO₂ pada proses GMAW memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impact baja karbon menengah. Campuran kedua gas tersebut mampu meningkatkan stabilitas busur dan mempertahankan kedalaman penetrasi las yang baik [10]. Penggunaan gas inert juga diketahui menghasilkan struktur mikro yang lebih homogen dan meningkatkan kualitas sambungan pada baja AISI 1045 [11]. Selain itu, perlindungan gas yang optimal mampu meningkatkan kekuatan tarik serta mengurangi cacat las pada sambungan [12].

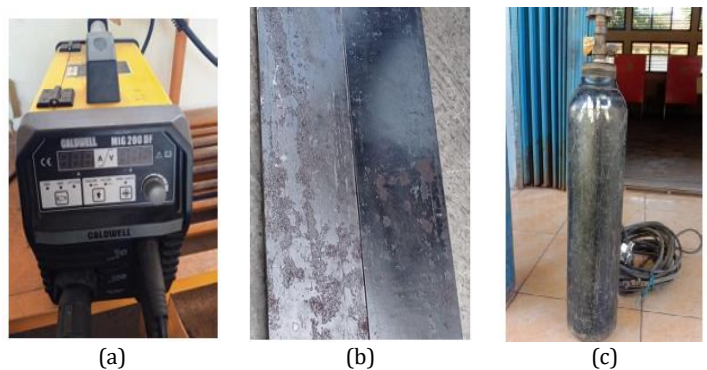
Perbandingan proses SMAW dan GMAW pada material C45 atau AISI 1045 menunjukkan bahwa GMAW menghasilkan sifat mekanik dan struktur mikro yang lebih baik karena memiliki kestabilan panas dan perlindungan gas yang lebih efektif [13]. Selain jenis gas pelindung, parameter pengelasan seperti arus, tegangan, dan kecepatan pengelasan juga mempengaruhi aliran logam cair, kualitas penetrasi, dan kemungkinan terbentuknya cacat las [14]. Komposisi gas berbasis argon bahkan diketahui mampu meminimalkan porositas dan meningkatkan kualitas perlindungan terhadap logam cair selama proses pengelasan [15]. Baja AISI 1045 merupakan baja karbon menengah yang banyak digunakan sebagai material komponen mesin karena memiliki kekuatan, ketangguhan, dan kemampuan pengerjaan yang baik. Kandungan karbon pada baja ini memungkinkan material digunakan dalam berbagai proses manufaktur, termasuk pengelasan [16]. Namun, kualitas sambungan las pada baja AISI 1045 masih sangat dipengaruhi oleh parameter pengelasan, khususnya penggunaan gas pelindung.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan campuran gas argon-CO₂ pada pengelasan GMAW mampu meningkatkan kekuatan tarik dan ketangguhan impact baja karbon menengah. Hasil terbaik diperoleh pada arus 120 A dengan kekuatan tarik mencapai 623,95 N/mm² dan nilai impact sebesar 46,904 joule [17]. Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan dan tanpa penggunaan gas argon pada proses pengelasan GMAW baja AISI 1045 terhadap kualitas sambungan las yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam menentukan metode pengelasan yang efektif dan optimal pada baja AISI 1045 kerja.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

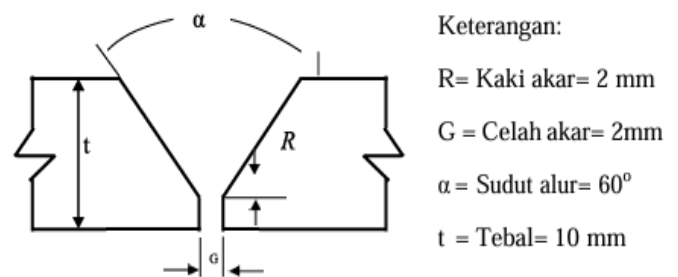
Baja Penelitian ini menggunakan baja AISI 1045 sebagai spesimen uji karena merupakan baja karbon menengah yang memiliki kekuatan dan ketangguhan yang baik. Spesimen digunakan untuk pengujian tarik dan impact guna mengetahui pengaruh proses pengelasan GMAW terhadap kualitas sambungan las. Proses pengelasan dilakukan menggunakan mesin *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau MIG dengan variasi penggunaan gas pelindung dan tanpa gas pelindung. Gas pelindung yang digunakan adalah gas argon yang berfungsi melindungi logam cair dari kontaminasi udara selama proses pengelasan sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil las. Alat dan bahan yang digunakan ditunjukkan pada gambar sebagai berikut,



Gambar 1. Alat dan Bahan, a). Las GMAW, b). Baja AISI 1045, c). Argon

2.2 Eksperimen

Proses pemotongan material berupa pelat baja AISI 1045 sesuai dimensi spesimen pengujian. Spesimen uji tarik dibuat dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 100 mm, dan tebal 4 mm, sedangkan spesimen uji impact dibuat dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 55 mm, dan tebal 10 mm. Pemotongan dilakukan sesuai ukuran yang telah ditentukan agar spesimen dapat digunakan pada proses pengujian tarik dan impact. Sebelum proses pengelasan, dilakukan pembuatan kampuh V tunggal dengan sudut kemiringan 60°. Pembuatan kampuh bertujuan untuk memperoleh penetrasi dan kualitas sambungan las yang baik pada proses pengelasan. Desain kampuh ditunjukkan pada gambar sebagai berikut,



Gambar 2. Kampuh plat baja AISI 1045

Proses pengelasan menggunakan metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau MIG. Sebelum pengelasan dilakukan, permukaan logam induk dibersihkan dari debu, minyak, karat, dan kotoran lainnya untuk menghindari terjadinya cacat las. Pengelasan dilakukan menggunakan arus 100 Ampere dengan dua variasi perlakuan, yaitu pengelasan

menggunakan gas pelindung argon dan pengelasan tanpa gas pelindung.

Pada pengelasan dengan gas argon, proses diawali dengan menyiapkan material, mesin las GMAW, kawat las, gas argon, serta perlengkapan keselamatan kerja. Selanjutnya mesin las disetel sesuai parameter pengelasan dan dilakukan proses pengelasan sambungan hingga selesai. Selama proses berlangsung, aliran gas argon dan kestabilan busur listrik dipantau untuk menjaga kualitas hasil las. Setelah pengelasan selesai, spesimen didinginkan dan dilakukan inspeksi hasil las. Sementara itu, pengelasan tanpa gas pelindung dilakukan dengan tahapan yang hampir sama, namun tanpa penggunaan gas argon. Proses dilakukan menggunakan mesin las GMAW dengan arus 100 Ampere hingga sambungan selesai dilas, kemudian spesimen didinginkan sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.

3. Metode Pengujian

Setelah dilakukan eksperimen pengelasan GMAW menggunakan gas argon dan tanpa gas argon selanjutnya

dilakukan analisis pengujian mekanik yang terdiri dari uji Tarik dan uji impact, yaitu sebagai berikut.

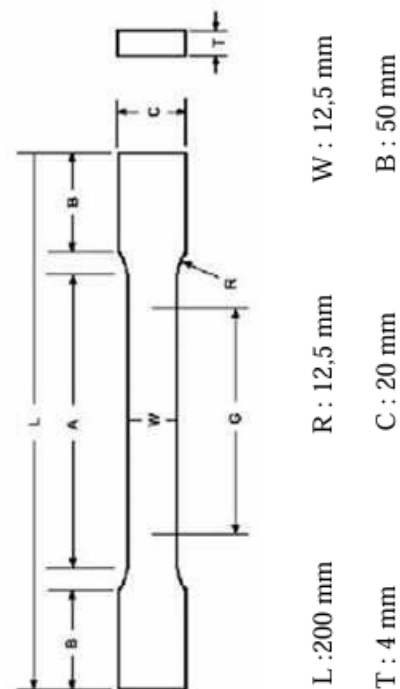
3.1 Uji Tarik

Setelah proses pengelasan selesai, dilakukan pembuatan spesimen uji sesuai standar ASTM. Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standar ASTM E-8, sedangkan spesimen uji impact mengacu pada ASTM E-23. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik, uji impact, dan uji visual.

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik sambungan las. Spesimen yang telah dibentuk sesuai standar ASTM E-8 dipasang pada mesin uji tarik, kemudian diberikan beban tarik secara bertahap hingga spesimen putus. Data hasil pengujian digunakan untuk menganalisis kekuatan sambungan las pada masing-masing variasi pengelasan. Adapun alat uji tarik, spesimen uji tarik dan tabel parameter ditunjukkan pada gambar yaitu sebagai berikut,



Arus	Base Metal	Jenis Gas	Spesimen	Kekuatan Tarik (Mpa)	Rata-Rata Kekuatan Tarik (Mpa)
100 A	AISI 1045	Gas Argon	1		
			2		
			3		
		Tanpa Gas	1		
			2		
			3		

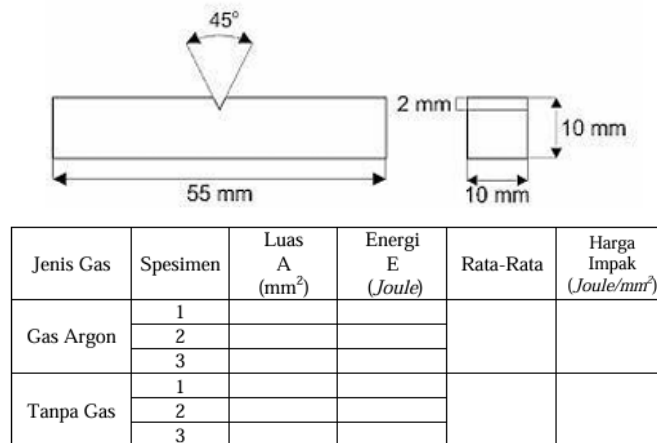


Gambar 3. Pengujian Tarik menggunakan alat UTM dan standar spesimen ASTM E-8

3.2 Uji Impact

Uji impact dilakukan untuk mengetahui ketangguhan material dan kecenderungan patah getas pada sambungan las. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji impact sesuai standar ASTM E-23. Spesimen diletakkan pada meja uji, kemudian pendulum dilepaskan hingga mematahkan spesimen. Selanjutnya dilakukan pengamatan jenis perpatahan dan perhitungan nilai impact dari hasil

pengujian. Selain itu, dilakukan uji visual untuk mengamati kualitas permukaan hasil pengelasan. Pengujian ini bertujuan mendeteksi cacat las seperti porositas, retak, dan cacat permukaan lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas sambungan las. Adapun alat uji impact, metode impact, spesimen uji impact dan parameter uji impact ditunjukkan pada gambar yaitu sebagai berikut.



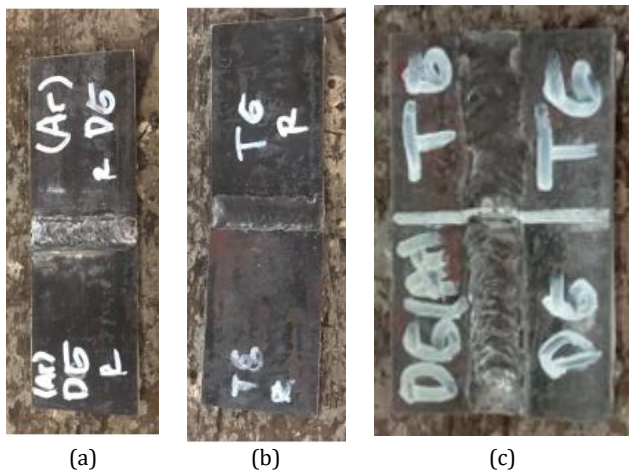
Gambar 4. Pengujian Impak metode charpy dengan standar pengujian ASTM E-23

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil data penelitian merupakan hasil pengujian penelitian pengelasan GMAW menggunakan gas argon dan tanpa gas argon yaitu sebagai berikut,

4.1 Visual Inspection

Metode Setelah proses pengelasan GMAW pada spesimen baja AISI 1045, pengamatan visual dilakukan untuk mengidentifikasi kualitas hasil las dan mendeteksi adanya cacat pada sambungan. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan karakteristik permukaan las antara penggunaan gas pelindung argon dan tanpa gas pelindung, yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut,



Gambar 5. Hasil las GMAW, a). Las argon, b). Tanpa gas pelindung, c). Spesimen uji tarik

Pada spesimen yang menggunakan gas argon, logam las terlihat lebih mengkilap dan permukaan sambungan relatif lebih baik. Namun, pada bagian awal pengelasan ditemukan logam las yang belum terisi sempurna akibat busur listrik yang belum stabil pada saat proses awal pengelasan. Sementara itu, pada pengelasan tanpa gas pelindung, logam las terlihat lebih gelap. Kondisi ini disebabkan oleh tidak adanya perlindungan gas terhadap logam cair sehingga

terjadi kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan oksidasi pada permukaan las.

Hasil pengamatan pada spesimen uji impak juga menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Pengelasan menggunakan gas argon menghasilkan permukaan logam las yang lebih bersih dan mengkilap, sedangkan pengelasan tanpa gas pelindung menghasilkan permukaan las yang kusam akibat pengaruh oksidasi selama proses pengelasan berlangsung.

4.2 Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin Universal Testing Machine Zwick Roell All Round Z250SR berdasarkan standar ASTM International ASTM E-8. Sebelum pengujian, dimensi spesimen diukur menggunakan jangka sorong digital. Spesimen kemudian dipasang pada mesin uji dan diberikan beban tarik secara bertahap hingga mencapai beban maksimum dan mengalami patah. Setelah pengujian, panjang serta penampang spesimen diukur kembali untuk mengetahui perubahan dimensi. Nilai tegangan maksimum yang ditampilkan pada layar digital mesin dicatat sebagai data penelitian. Hasil data pengujian tarik ditunjukkan pada tabel yaitu sebagai berikut,

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tarik

Arus	Material	Jenis Gas	Sampel	Kekuatan Tarik (MPa)	Rata-Rata Kekuatan Tarik (MPa)
100 A	AISI 1045	Gas Argon	1	565.8	574,8
			2	568.4	
			3	590.1	
100 A	AISI 1045	Tanpa Gas	1	658.3	555,7
			2	584.5	
			3	424.5	

Hasil pengujian tarik pada spesimen yang dilas menggunakan gas argon menunjukkan bahwa seluruh spesimen mengalami patah pada daerah Heat Affected Zone (HAZ). Pengujian dilakukan dengan test speed sebesar 5 mm/min. Pada pengujian pertama diperoleh kekuatan tarik sebesar 565,8 MPa, pengujian kedua sebesar 568,4 MPa, dan pengujian ketiga sebesar 590,1 MPa.



Gambar 6. Hasil uji Tarik Las menggunakan gas argon, a). Spesimen 1, b). Spesimen 2, c). Spesimen 3

Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan gas argon pada proses pengelasan GMAW menghasilkan nilai kekuatan tarik yang relatif tinggi dan stabil. Patahnya spesimen pada daerah HAZ menunjukkan bahwa daerah tersebut mengalami perubahan struktur mikro akibat pengaruh panas pengelasan sehingga menjadi titik terlemah pada sambungan las.

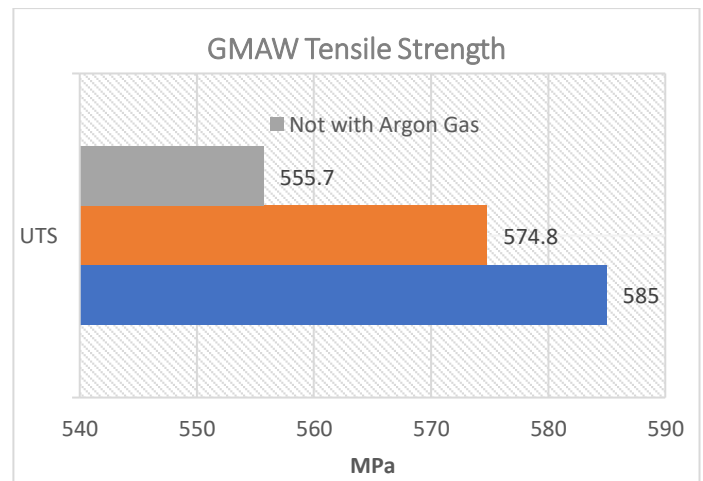
Hasil pengujian tarik pada spesimen yang dilas tanpa menggunakan gas pelindung menunjukkan bahwa seluruh spesimen mengalami patah pada daerah lasan. Pengujian dilakukan dengan test speed sebesar 5 mm/min. Pada pengujian pertama diperoleh kekuatan tarik sebesar 658,3 MPa, pengujian kedua sebesar 584,5 MPa, dan pengujian ketiga sebesar 424,5 MPa.



Gambar 6. Hasil uji Tarik tanpa Gas Argon, a). Spesimen 1, b). Spesimen 2, c). Spesimen 3

Berdasarkan hasil tersebut, nilai kekuatan tarik tanpa gas pelindung menunjukkan perbedaan yang cukup besar antarspesimen. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengelasan tanpa gas menghasilkan kualitas sambungan yang kurang stabil. Patahnya spesimen pada daerah lasan menunjukkan bahwa daerah tersebut menjadi titik terlemah akibat kemungkinan terjadinya oksidasi dan cacat las karena tidak adanya perlindungan gas selama proses pengelasan.

Dari data hasil pengujian tarik didapatkan nilai rata-rata yang ditunjukkan pada gambar grafik yaitu sebagai berikut,



Gambar 13. Grafik Perbandingan Nilai Rata-Rata Yield Strength pada Hasil Uji Tarik

Pada Berdasarkan grafik hasil pengujian tarik, spesimen yang dilas menggunakan gas argon memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 574,8 MPa, sedangkan spesimen tanpa gas pelindung sebesar 555,7 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gas argon pada proses pengelasan GMAW menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan pengelasan tanpa gas pelindung. Perbedaan nilai kekuatan tarik dipengaruhi oleh kemampuan gas argon dalam melindungi logam cair dari oksidasi selama proses pengelasan sehingga kualitas sambungan menjadi lebih baik. Selain itu, faktor arus pengelasan dan pengisian logam las juga memengaruhi kekuatan sambungan yang dihasilkan.

Hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa penggunaan gas pelindung Argon-CO₂ pada proses GMAW mampu meningkatkan kekuatan tarik dan ketangguhan impak baja karbon menengah. Pada penelitian tersebut diperoleh kekuatan tarik tertinggi sebesar 623,95 MPa pada arus 120 A, yang menunjukkan bahwa gas pelindung berperan penting dalam meningkatkan kualitas sambungan las [18].

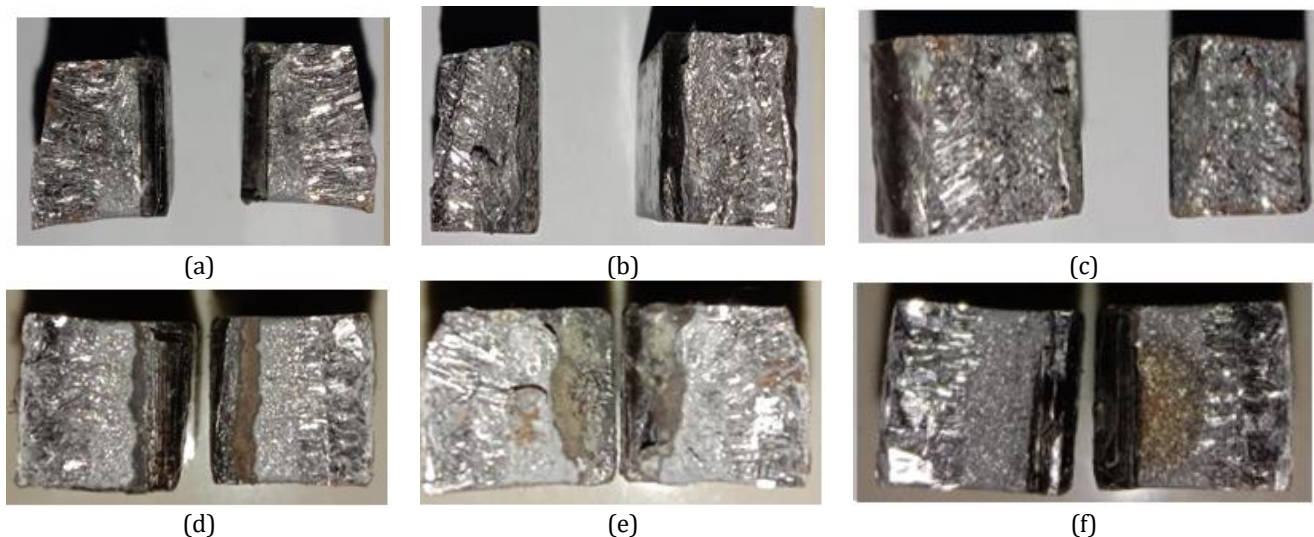
Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pengelasan MIG pada baja AISI 1045 menghasilkan peningkatan kekuatan tarik yang dipengaruhi oleh parameter pengelasan dan perlakuan panas setelah pengelasan. Nilai kekuatan tarik terbaik pada penelitian tersebut mencapai 893,33 MPa setelah proses post weld heat treatment. Hal ini memperkuat bahwa kualitas sambungan las pada baja AISI 1045 sangat dipengaruhi oleh perlindungan gas dan pengendalian panas selama proses pengelasan [19].

4.3 Hasil Uji Impak

Pengujian Hasil pengujian impak metode Charpy menunjukkan bahwa spesimen baja AISI 1045 yang dilas tanpa menggunakan gas pelindung memiliki nilai energi serap dan ketangguhan impak lebih tinggi dibandingkan spesimen yang dilas menggunakan gas argon. Nilai rata-rata energi serap pada spesimen tanpa gas sebesar 16,33 Joule, sedangkan spesimen dengan gas argon sebesar 9 Joule. Selain itu, nilai rata-rata ketangguhan impak spesimen tanpa gas mencapai 0,204 J/mm², sementara spesimen dengan gas argon sebesar 0,113 J/mm².

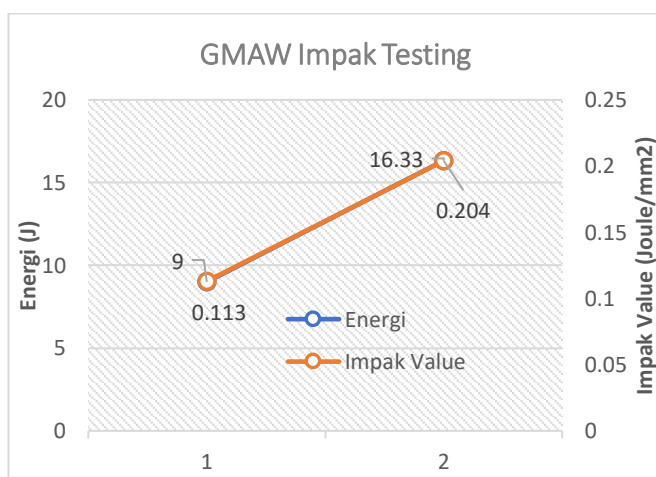
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Impak

Jenis Gas	Sampel	Luas A (mm ²)	Energi E (Joule)	Rata-Rata	Harga Impak (Joule/mm ²)
Gas	1	80	11	9	0.113
Argon	2	80	7		
	3	80	9		
Tanpa Gas	1	80	18	16.33	0.204
	2	80	14		
	3	80	17		



Gambar 7. Hasil pengujian impak pengelasan GMAW gas argon a). Spesimen 1, b). Spesimen 2, c). Spesimen 3. GMAW tanpa gas argon d). Spesimen 1, e). Spesimen 2, f). Spesimen 3

Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gas argon pada penelitian ini menghasilkan ketangguhan impak yang lebih rendah. Hal ini diduga dipengaruhi oleh pengisian logam las yang kurang sempurna sehingga memengaruhi kemampuan material dalam menyerap energi saat menerima beban kejut.



Berikut Hasil penelitian ini memiliki kecenderungan berbeda dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya, yang menyatakan bahwa penggunaan gas pelindung Argon-CO₂ pada proses GMAW dapat meningkatkan nilai ketangguhan impak baja karbon menengah. Pada penelitian tersebut, nilai impak tertinggi diperoleh sebesar 46,904 Joule pada arus 120 A. Perbedaan hasil penelitian dapat dipengaruhi oleh

variasi parameter pengelasan, jenis gas pelindung, serta kualitas pengisian logam las selama proses pengelasan [18].

Penelitian lain juga menyebutkan bahwa parameter pengelasan seperti arus, kecepatan pengelasan, dan perlindungan gas sangat memengaruhi sifat mekanik sambungan las, termasuk ketangguhan impak material. Dengan demikian, kualitas hasil pengelasan tidak hanya dipengaruhi oleh penggunaan gas pelindung, tetapi juga kestabilan proses pengelasan secara keseluruhan [19], [20].

4. Kesimpulan

Hasil Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan gas pelindung argon pada proses pengelasan GMAW memberikan pengaruh terhadap kualitas sambungan las baja AISI 1045. Secara visual, hasil pengelasan menggunakan gas argon menghasilkan permukaan las yang lebih bersih dan mengkilap dibandingkan pengelasan tanpa gas pelindung yang cenderung lebih gelap akibat terpapar udara luar selama proses pengelasan. Pada pengujian tarik, penggunaan gas argon menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih stabil dengan rata-rata sebesar 574,8 MPa, sedangkan pengelasan tanpa gas pelindung menghasilkan rata-rata sebesar 555,7 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gas argon lebih optimal dalam meningkatkan kekuatan tarik sambungan las. Sementara itu, pada pengujian impak diperoleh nilai rata-rata energi impak sebesar 9 joule dengan ketangguhan 0,113 J/mm² pada pengelasan menggunakan gas argon. Pengelasan tanpa gas pelindung menghasilkan nilai impak lebih tinggi, yaitu 16,33 joule dengan

ketangguhan 0,204 J/mm². Berdasarkan hasil tersebut, ketangguhan dampak lebih optimal pada pengelasan tanpa menggunakan gas pelindung.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar pustaka

- [1]. Y. L. M. Nasrul and H. Qolik S. A., "Pengaruh variasi arus las SMAW terhadap kekerasan dan kekuatan tarik sambungan dissimilar stainless steel 304 dan ST 37," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Malang*, vol. 1, pp. 1–12, 2016.
- [2]. H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta, Indonesia: Pradnya Paramita, 2004.
- [3]. S. Pareke, A. H. Muchsin, and J. Leonard, "Pengaruh pengelasan logam berbeda (AISI 1045) dengan (AISI 316L) terhadap sifat mekanis dan struktur mikro," *Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 191–198, 2014.
- [4]. M. A. Shaleh, Wijoyo, and Rohmadi, "Pengaruh variasi metal transfer terhadap karakteristik sambungan las pada proses pengelasan GMAW dengan pelindung gas argon," *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*, vol. 3, no. 2, 2023. doi: <https://doi.org/10.31315/jmept.v3i2.8764>
- [5]. M. Lohse, M. Trautmann, U. Füssel, and S. Rose, "Influence of the CO₂ content in shielding gas on the temperature of the shielding gas nozzle during GMAW welding," *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, vol. 4, no. 4, p. 113, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/jmmp4040113>
- [6]. S. Ma'asya, M. Alfharizi, T. J. Manullang, A. B. Tawaris, F. Hasibuan, and M. Irsyam, "Effect of CO₂ and argon gas shielding on GMAW welding joint quality," *Metalogram*, vol. 2, no. 2, 2026.
- [7]. I. G. N. B. Catrawedarma, A. A. D. Rosi, M. A. Wahid, D. R. Pamuji, E. N. Sari, and A. Fiveriati, "The effect of shielding gas on surface defects and mechanical properties of materials after the GMAW welding," *Otopro*, vol. 20, no. 1, pp. 17–23, 2024. doi: <https://doi.org/10.26740/otopro.v20n1.p17-23>
- [8]. E. Nuraliansyah, "Pengaruh proses preheat dan postheat pada pengelasan gas metal arc welding (GMAW) baja AISI 1045," *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, vol. 5, no. 2, 2023. doi: <https://doi.org/10.32662/gojise.v5i2.2354>
- [9]. M. H. D. Sayogi, J. Aldo, L. Agustina, and I. M. Susanto, "Analyzing the effects of water, air, and saltwater coolants on the tensile strength & hardness of AISI 1045 steel welded with metal inert gas," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 2026.
- [10]. E. H. Suyono, Y. S. Irawan, and A. Purnowidodo, "Pengaruh kuat arus dan campuran gas argon-CO₂ pada pengelasan GMAW terhadap kekuatan tarik dan impact pada baja karbon medium fasa ganda," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 137–144, 2022. doi: <https://doi.org/10.21776/jrm.v2i2.135>
- [11]. R. R. F. Gultom and M. Sabri, "Analisa sifat mekanik dan struktur mikro terhadap pengelasan baja AISI 1045 dengan metode SMAW dan GTAW pada arus 100 ampere," *DINAMIS*, vol. 9, no. 2, 2021. doi: <https://doi.org/10.32734/dinamis.v9i2.8445>
- [12]. F. Banjarnahor, A. H. Siregar, M. Sabri, Indra, and Mahadi, "Studi pengelasan tungsten inert gas terhadap kekuatan sambungan dan sifat mekanik pada baja AISI 1045," *DINAMIS*, vol. 7, no. 2, 2019. doi: <https://doi.org/10.32734/dinamis.v7i2.7190>
- [13]. R. Kumar et al., "Mechanical and microstructural testing of C-45 material welded by using SMAW and GMAW process," *Materials Today: Proceedings*, vol. 38, no. 1, pp. 223–228, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.036>
- [14]. A. Ebrahimi, A. Babu, C. R. Kleijn, M. J. M. Hermans, and I. M. Richardson, "The effect of groove shape on molten metal flow behaviour in gas metal arc welding," *arXiv*, 2021. Available: <https://arxiv.org/abs/2201.04943>
- [15]. G. Marinelli, F. Martina, S. Ganguly, and S. Williams, "Effect of shielding gas composition and welding speed on autogenous welds of unalloyed tungsten plates," *arXiv*, 2019. Available: <https://arxiv.org/abs/1902.03904>
- [16]. M. Trautmann, U. Füssel, and S. Rose, "Thermal characteristics of argon shielding gas in GMAW processes," *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, vol. 4, no. 4, p. 113, 2020.
- [17]. M. A. Wahid et al., "Analysis of shielding gas influence on weld bead morphology and porosity in GMAW," *Otopro*, vol. 20, no. 1, pp. 17–23, 2024.
- [18]. E. H. Suyono, Y. S. Irawan, and A. Purnowidodo, "Pengaruh kuat arus dan campuran gas Argon-CO₂ pada pengelasan GMAW terhadap kekuatan tarik dan impact pada baja karbon medium fasa ganda," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 2, 2011. doi: <https://doi.org/10.21776/jrm.v2i2.135>
- [19]. S. Wijoyo and A. Setiawan, "Pengaruh parameter pengelasan GMAW terhadap sifat mekanik sambungan las baja karbon menengah," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 45–52, 2020.
- [20]. Y. R. Fauzi and M. Arsyad, "Pengaruh post weld heat treatment proses pengelasan MIG terhadap kekuatan tarik baja karbon AISI 1045," *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology*, vol. 3, no. 2, 2023. doi: <https://doi.org/10.61844/jemmt.v3i02.772>