

ANALISIS KESESUAIAN JENIS PENGELASAN DENGAN KUAT ARUS LISTRIK TERHADAP KEKUATAN MATERIAL

Muh Darwis

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia

Makassar

e-mail: muhdarwis41@gmail.com

ABSTRAK

Proses pengelasan memiliki peran strategis dalam menunjang kemajuan teknologi rekayasa dan konstruksi karena menentukan kualitas dan keandalan sambungan material. Penelitian ini bertujuan menganalisis kesesuaian jenis pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG/MIC) dan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan variasi kuat arus listrik terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah ST 37. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan menyiapkan spesimen berkampuh V, kemudian dilakukan pengelasan MIG dan SMAW pada variasi arus 80 A dan 120 A. Seluruh spesimen selanjutnya diuji menggunakan uji tarik mengacu pada standar ASTM E8. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengelasan MIG, peningkatan arus dari 80 A ke 120 A meningkatkan kekuatan tarik dari 146,3 N/mm² menjadi 168,5 N/mm². Sebaliknya, pada pengelasan SMAW, arus 80 A menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 373,3 N/mm², sedangkan peningkatan arus menjadi 120 A justru menurunkan kekuatan tarik menjadi 371,7 N/mm². Hasil pengamatan visual setelah uji tarik menunjukkan bahwa kegagalan spesimen umumnya terjadi pada daerah logam dasar atau *heat affected zone* (HAZ), bukan pada logam las, yang mengindikasikan bahwa sambungan las terbentuk dengan baik. Temuan ini menunjukkan bahwa setiap metode pengelasan memiliki rentang arus optimum yang berbeda dan tidak dapat disamaratakan. Oleh karena itu, pemilihan jenis pengelasan dan kuat arus yang tepat menjadi faktor kunci dalam memperoleh kekuatan mekanik sambungan las yang optimal.

Kata Kunci: *MIG/MIC, SMAW, kuat arus listrik, kekuatan tarik*

ABSTRACT

The welding process plays a strategic role in supporting advances in engineering and construction technology, as it determines the quality and reliability of material joints. This study aims to analyze the suitability of *Metal Inert Gas* (MIG/MIC) and *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) processes with variations in welding current on the tensile strength of low carbon steel ST 37. The research employed a laboratory experimental method by preparing V-groove specimens, followed by MIG and SMAW welding at current levels of 80 A and 120 A. All specimens were subsequently subjected to tensile testing in accordance with the ASTM E8 standard. The test results indicate that in MIG welding, increasing the current from 80 A to 120 A improved the tensile strength from 146.3 N/mm² to 168.5 N/mm². In contrast, SMAW welding achieved the highest tensile strength at 80 A, reaching 373.3 N/mm², while increasing the current to 120 A slightly reduced the tensile strength to 371.7 N/mm². Visual observations after tensile testing revealed that fracture generally occurred in the base metal or the heat-affected zone (HAZ), rather than in the weld metal, indicating that the weld joints were properly formed. These findings demonstrate that each welding method has a distinct optimum current range and cannot be uniformly applied. Therefore, selecting an appropriate welding process and current level is a critical factor in achieving optimal mechanical performance of welded joints.

Keywords: *MIG/MIC, SMAW, welding current, tensile strength*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi rekayasa dan konstruksi tidak dapat dipisahkan dari peranan proses pengelasan sebagai metode utama penyambungan material logam. Pengelasan menjadi teknik yang sangat penting dalam berbagai sektor industri, khususnya konstruksi, manufaktur, dan transportasi, karena mampu menghasilkan sambungan yang kuat, permanen, dan efisien. Salah satu material yang paling banyak digunakan dalam aplikasi konstruksi adalah baja karbon, mengingat sifat mekaniknya yang baik, ketahanan yang memadai, serta biaya produksi yang relatif terjangkau. Baja karbon banyak diaplikasikan pada komponen struktural seperti rangka bangunan, jembatan, dan peralatan industri, sehingga kualitas sambungan las pada material ini menjadi aspek yang sangat krusial (Aprilia et al., 2020).

Dalam praktik konstruksi, proses pengelasan tidak hanya berfungsi sebagai metode penyambungan, tetapi juga menentukan kualitas dan keandalan struktur secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan dan teknik pengelasan yang tepat agar hasil sambungan memenuhi standar kekuatan dan keselamatan yang diharapkan. Setiap metode penyambungan logam memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan masing-masing, sehingga pemilihan metode pengelasan harus disesuaikan dengan jenis material, kondisi kerja, serta tuntutan sifat mekanik sambungan (Aditia et al., 2019). Secara umum, penyambungan logam merupakan proses penggabungan dua atau lebih komponen logam, baik yang sejenis maupun tidak sejenis, melalui mekanisme pencairan atau tekanan tertentu (Wahyudi et al., 2019).

Salah satu metode pengelasan yang paling umum digunakan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Proses SMAW memanfaatkan panas yang dihasilkan dari busur listrik antara elektroda terbungkus dan logam induk untuk mencairkan logam sehingga terbentuk sambungan las. Elektroda berfungsi ganda, yaitu sebagai sumber logam pengisi dan pelindung kolam las melalui lapisan fluks yang membungkusnya (Siddiq et al., 2021). Proses pengelasan SMAW sangat dipengaruhi oleh interaksi energi panas antara elektroda dan benda kerja, sehingga pengaturan parameter pengelasan menjadi faktor yang sangat menentukan kualitas hasil las (Shiddiq, 2022).

Di antara berbagai parameter pengelasan SMAW, kuat arus listrik merupakan salah satu faktor utama yang berpengaruh signifikan terhadap karakteristik sambungan las. Variasi arus pengelasan dapat memengaruhi penetrasi, bentuk manik las, serta sifat mekanik hasil lasan, seperti kekuatan tarik dan kekerasan (Muhammad & Prasetyo, 2022; Febnesia & Nurtanto, 2021). Arus yang terlalu rendah dapat menyebabkan kurangnya penetrasi dan cacat las, sedangkan arus yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan distorsi dan penurunan sifat mekanik akibat panas berlebih (Ramadi, 2021).

Selain SMAW, metode *Metal Inert Gas* (MIG) juga banyak digunakan dalam industri pengelasan modern. Pengelasan MIG menggunakan elektroda kawat gulungan yang berfungsi sebagai logam pengisi sekaligus pengantar arus listrik, serta gas pelindung inert untuk mencegah oksidasi selama proses pengelasan. Parameter pengelasan pada metode MIG, seperti arus, tegangan, dan kecepatan kawat, juga berpengaruh langsung terhadap kualitas sambungan, baik secara visual maupun mekanik (Wari et al., 2020). Oleh karena itu, pemilihan metode pengelasan dan pengaturan parameter yang tepat menjadi kunci untuk memperoleh sambungan las dengan performa optimal.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang beragam terkait pengaruh arus pengelasan terhadap sifat mekanik hasil las. Jasman (2018) melaporkan bahwa penggunaan arus sebesar 130 A dengan elektroda berdiameter 3,2 mm mampu meningkatkan nilai kekerasan sambungan las. Namun, temuan lain menunjukkan bahwa peningkatan arus pengelasan justru dapat menurunkan kekuatan tarik dan kekerasan baja akibat pengaruh panas berlebih pada

struktur mikro material (Pathak, 2020; Sumardiyanto, 2019). Perbedaan hasil penelitian ini menunjukkan adanya celah penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut, khususnya terkait kesesuaian jenis pengelasan dengan variasi kuat arus listrik.

Untuk mengevaluasi kualitas hasil pengelasan, salah satu metode yang umum digunakan adalah pengujian tarik. Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban tarik secara kontinu pada spesimen hingga mengalami patah, sambil mengukur pertambahan panjang dan beban maksimum yang dapat ditahan material (Callister, 2014). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanik sambungan las, terutama kekuatan tarik dan keuletan material setelah proses pengelasan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian jenis pengelasan dengan variasi kuat arus listrik terhadap sifat mekanik hasil pengelasan, khususnya melalui pengujian tarik. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menentukan parameter pengelasan yang optimal serta menjadi referensi bagi pengembangan teknologi pengelasan di bidang rekayasa dan konstruksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia, pada periode 3–30 September 2025. Tahapan penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan, meliputi jangka sorong, gerinda, amplas, mesin pengelasan MIG dan SMAW, elektroda E6013, serta mesin uji tarik. Material yang digunakan berupa pelat baja karbon rendah jenis ST 37 dengan ketebalan 5 mm. Spesimen disiapkan melalui proses pemotongan dan pembentukan kampuh sambungan berbentuk V dengan sudut 60°. Selanjutnya, proses pengelasan dilakukan menggunakan metode SMAW dengan variasi kuat arus sebesar 80 A dan 120 A untuk menghasilkan sambungan las yang akan diuji sifat mekaniknya.

Spesimen uji tarik dibuat mengacu pada standar ASTM E8 dengan dimensi yang telah ditentukan, meliputi panjang penampang ukur, lebar penampang, panjang reduksi, dan bagian jepit. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan pembebanan yang diberikan secara bertahap dan kontinu hingga spesimen mengalami patah. Beban maksimum yang mampu ditahan oleh spesimen dicatat sebagai dasar perhitungan kekuatan tarik material. Nilai tegangan tarik dihitung berdasarkan perbandingan antara gaya maksimum yang bekerja dan luas penampang awal spesimen, sehingga diperoleh gambaran karakteristik mekanik hasil pengelasan pada masing-masing variasi kuat arus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Spesimen hasil pengelasan selanjutnya diuji tarik untuk mengetahui perilaku mekanik sambungan las akibat variasi kuat arus dan metode pengelasan.



Gambar 1. Spesimen Kontrol

Gambar 1 memperlihatkan spesimen baja karbon rendah ST 37 tanpa perlakuan

pengelasan yang digunakan sebagai pembanding. Spesimen kontrol ini menunjukkan perilaku deformasi plastis yang relatif merata sepanjang daerah ukur saat diuji tarik, sehingga dapat merepresentasikan sifat mekanik dasar material sebelum mengalami pengaruh panas pengelasan.



Gambar 2 Spesimen dengan $I = 80\text{ A}$

Gambar 2 menunjukkan spesimen hasil pengelasan dengan kuat arus 80 A. Secara visual terlihat bahwa daerah sambungan las tetap utuh setelah pengujian tarik. Patahan terjadi pada bagian logam dasar yang berjarak sekitar 10–20 mm dari daerah las, yang mengindikasikan bahwa kekuatan sambungan las lebih tinggi dibandingkan bagian material yang terpengaruh panas.



Gambar 3. Spesimen dengan $I = 120\text{ A}$

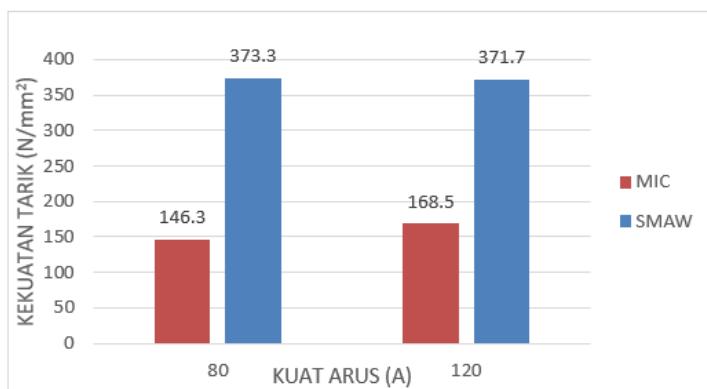
Gambar 3 memperlihatkan spesimen hasil pengelasan dengan kuat arus 120 A. Pola patahan yang terjadi menunjukkan karakteristik serupa dengan spesimen pada arus 80 A, yaitu tidak terjadi kegagalan pada daerah logam las. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan arus tidak menyebabkan kegagalan langsung pada sambungan, namun memengaruhi sifat mekanik daerah sekitar las.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap seluruh spesimen uji, tidak ditemukan kegagalan pada daerah logam las. Patahan umumnya terjadi pada jarak sekitar 10–20 mm dari daerah pengelasan dengan ciri adanya pengelihan penampang. Karakteristik ini menunjukkan kombinasi sifat ulet dan getas, yang merupakan indikasi terjadinya perubahan mikrostruktur pada daerah *heat affected zone* (HAZ).

Tabel 1. Hubungan antara Kuat arus dengan Kekuatan Tarik

| | KUAT ARUS (A) | KEKUATAN TARIK (N/mm ²) | |
|--|------------------|--|-------|
| | | MIC | SMAW |
| | 80 | 146,3 | 373,3 |
| | 120 | 168,5 | 371,7 |

Tabel 1 menyajikan nilai kekuatan tarik spesimen hasil pengelasan MIG (MIC) dan SMAW pada variasi kuat arus 80 A dan 120 A. Data menunjukkan bahwa pada metode MIG, peningkatan arus dari 80 A ke 120 A meningkatkan kekuatan tarik dari 146,3 N/mm² menjadi 168,5 N/mm². Sebaliknya, pada metode SMAW, arus 80 A menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 373,3 N/mm², sedangkan peningkatan arus menjadi 120 A justru menurunkan kekuatan tarik menjadi 371,7 N/mm². Hal ini mengindikasikan bahwa setiap metode pengelasan memiliki respons yang berbeda terhadap variasi arus listrik.



Gambar 4. Hubungan antara kuat arus dengan kekuatan tarik

Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara kuat arus pengelasan dan kekuatan tarik untuk metode MIG dan SMAW. Grafik menunjukkan tren peningkatan kekuatan tarik pada pengelasan MIG seiring bertambahnya arus, sedangkan pada pengelasan SMAW terlihat kecenderungan penurunan kekuatan tarik pada arus yang lebih tinggi. Pola ini menegaskan bahwa pemilihan kuat arus yang tepat sangat bergantung pada jenis metode pengelasan yang digunakan.

Pembahasan

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa seluruh spesimen hasil pengelasan, baik menggunakan metode MIG maupun SMAW, memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan spesimen tanpa pengelasan. Fenomena ini mengindikasikan bahwa proses pengelasan menyebabkan perubahan sifat mekanik material akibat siklus termal yang terjadi selama pemanasan dan pendinginan. Menurut Callister (2014), paparan panas tinggi pada logam selama proses pengelasan dapat mengubah struktur mikro, terutama pada daerah *heat affected zone* (HAZ), sehingga memengaruhi kekuatan dan ketangguhan material. Hal ini juga sejalan dengan temuan Wang et al. (2023) yang menyatakan bahwa perubahan mikrostruktur pada HAZ sangat dipengaruhi oleh kandungan karbon dan riwayat termal, yang pada akhirnya berdampak pada sifat mekanik material baja.

Pengamatan visual pasca uji tarik menunjukkan bahwa sebagian besar spesimen mengalami patahan pada daerah logam dasar atau HAZ dengan jarak sekitar 10–20 mm dari garis las. Kondisi ini mengindikasikan bahwa logam las memiliki kekuatan yang relatif lebih tinggi dibandingkan daerah di sekitarnya. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Wahyudi et al. (2019) serta Siddiq et al. (2021), yang menyatakan bahwa kegagalan tarik pada sambungan las baja karbon sering terjadi pada daerah HAZ akibat terbentuknya tegangan sisa dan perubahan mikrostruktur, bukan pada logam las itu sendiri. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa parameter pengelasan yang diterapkan telah mampu menghasilkan ikatan las yang baik, meskipun efek termal pada logam dasar masih menjadi faktor pembatas kekuatan tarik.

Pada pengelasan MIG, peningkatan kuat arus dari 80 A menjadi 120 A terbukti meningkatkan kekuatan tarik sambungan. Arus 80 A menghasilkan panas yang relatif rendah sehingga proses peleburan logam dasar dan logam pengisi belum berlangsung secara optimal. Akibatnya, ikatan metallurgi yang terbentuk cenderung kurang homogen. Sebaliknya, peningkatan arus menjadi 120 A menghasilkan input panas yang lebih stabil dan merata, sehingga penetrasi las dan difusi logam pengisi ke logam dasar menjadi lebih baik. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Shiddiq et al. (2022) yang menunjukkan bahwa pengelasan MIG memerlukan arus yang cukup tinggi untuk menghasilkan kualitas sambungan optimal, terutama pada baja karbon struktural. Temuan ini juga diperkuat oleh Mauliza et al. (2022) yang menyatakan bahwa peningkatan arus pada rentang tertentu dapat meningkatkan kekuatan tarik hasil las selama tidak melampaui batas optimum.

Berbeda dengan MIG, hasil pengelasan SMAW menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi justru diperoleh pada arus 80 A, sementara peningkatan arus menjadi 120 A menyebabkan penurunan kekuatan tarik. Arus 80 A dinilai cukup untuk menghasilkan penetrasi yang memadai tanpa menyebabkan panas berlebih. Menurut Jasman et al. (2018), penggunaan arus sedang pada pengelasan SMAW dapat menghasilkan struktur mikro yang lebih halus dan meningkatkan kekuatan mekanik sambungan. Sebaliknya, arus yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan pertumbuhan butir yang kasar di daerah HAZ, meningkatkan porositas, serta memperbesar tegangan sisa, yang berdampak negatif pada kekuatan tarik (Pathak et al., 2020; Sumardiyyanto & Susilowati, 2019).

Penurunan kekuatan tarik pada arus 120 A pada pengelasan SMAW juga sejalan dengan hasil penelitian Aditia et al. (2019) dan Muhammad et al. (2022), yang menunjukkan bahwa peningkatan arus yang berlebihan dapat menurunkan sifat mekanik sambungan akibat meningkatnya input panas. Musa et al. (2023) menambahkan bahwa pengelasan SMAW sangat sensitif terhadap kombinasi jenis elektroda, arus, dan perlakuan panas pasca-las, sehingga pengaturan parameter yang tidak tepat dapat mempercepat degradasi mikrostruktur. Selain itu, Ramadi (2021) menegaskan bahwa pada pengelasan SMAW, arus yang terlalu tinggi dapat memperlebar daerah HAZ dan menurunkan homogenitas struktur mikro sambungan.

Perbedaan respons antara metode MIG dan SMAW terhadap variasi arus menunjukkan bahwa setiap metode memiliki karakteristik transfer panas dan mekanisme pembentukan sambungan yang berbeda. MIG menggunakan suplai panas yang relatif stabil dan kontinu, sehingga memerlukan arus yang lebih tinggi untuk mencapai kualitas sambungan yang optimal (Nipa-nipa, 2023). Sebaliknya, SMAW memiliki karakter busur listrik yang lebih fluktuatif dan sangat bergantung pada keterampilan operator serta parameter arus yang digunakan (Raharjo & Rubijanto, 2012). Oleh karena itu, penerapan arus yang sama pada metode pengelasan yang berbeda tidak selalu menghasilkan kualitas sambungan yang setara.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa kesesuaian antara jenis pengelasan dan kuat arus listrik merupakan faktor kunci dalam menentukan performa mekanik sambungan las. Pemilihan arus yang terlalu rendah berpotensi menghasilkan ikatan las yang kurang sempurna, sementara arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi mikrostruktur pada daerah HAZ dan menurunkan kekuatan tarik. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya optimasi parameter pengelasan untuk memperoleh sambungan las dengan sifat mekanik yang optimal dan andal dalam aplikasi konstruksi maupun manufaktur (Pouranvari, 2011; Wari et al., 2020; Febnesia et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jenis pengelasan dan variasi kuat arus listrik memberikan pengaruh yang berbeda Copyright (c) 2025 KNOWLEDGE : Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan

terhadap kekuatan tarik baja karbon rendah ST 37. Pada pengelasan MIG, peningkatan kuat arus dari 80 A ke 120 A terbukti meningkatkan kekuatan tarik sambungan, sehingga arus 120 A lebih sesuai digunakan untuk memperoleh performa mekanik yang lebih baik. Sebaliknya, pada pengelasan SMAW, arus 80 A menghasilkan kekuatan tarik tertinggi, sementara peningkatan arus menjadi 120 A justru menurunkan kekuatan tarik akibat pengaruh panas berlebih pada daerah terpengaruh panas.

Selain itu, hasil uji tarik menunjukkan bahwa kegagalan spesimen umumnya terjadi pada daerah logam dasar atau HAZ, bukan pada logam las, yang menandakan bahwa kualitas sambungan las telah terbentuk dengan baik. Temuan ini menegaskan bahwa setiap metode pengelasan memiliki kondisi arus optimum yang berbeda dan tidak dapat disamaratakan. Oleh karena itu, pemilihan metode pengelasan dan pengaturan kuat arus yang tepat sangat penting untuk memperoleh sambungan las dengan kekuatan mekanik yang optimal serta dapat dijadikan acuan dalam aplikasi pengelasan di bidang rekayasa dan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, A., Nurdin, N., & Ismy, A. S. (2019). Analisa kekuatan sambungan material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan variasi arus pada proses pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 1-4. <http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v1i1.1129>
- Aprilia, E., Rahmatika, A., Hersaputri, M., & Ibrahim, S. (2020). Studi Awal Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Material Karbon JIS G3106 dengan Filler E6013. *JURNAL VOKASI TEKNOLOGI INDUSTRI (JVTI)*, 2(1). <https://doi.org/10.36870/jvti.v2i1.168>
- Callister, W. D. (2014). *Materials science and engineering: An introduction* (6th ed.). Wiley.
- Febnesia, H., Nurtanto, M., Ikhsanudin, I., & Abdillah, H. (2021). Pengaruh model pembelajaran hybrid learning dengan metode tutor sebaya terhadap hasil pengelasan pada siswa SMKS Yabhinka. *Research and Development Journal of Education*, 7(2), 532–543. <http://dx.doi.org/10.30998/rdje.v7i2.11265>
- Jasman, J., Irzal, I., & Pebrian, P. (2018). Effect of strong welding flow on the violence of low carbon steel results of SMAW welding with electrodes 7018. *Teknometrik*, 1(1), 24-31. <https://doi.org/10.24036/tm.v1i1.972>
- Mauliza, A., Usman, U., & Saifuddin, S. (2022). Analysis of the effect of current on tensile strength of aisi 1050 material in the SMAW welding process. *Journal of Welding Technology*, 4(1), 22-26. <http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v4i1.2996>
- Muhammad, A., Prasetyo, D. H. T., & Wahyudi, D. (2022). Pengaruh kuat arus listrik *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan media pendingin terhadap kekuatan tarik baja ST-37. *J-Proteksion*, 6(2), 49–55. <https://doi.org/10.32528/jp.v6i2.6917>
- Musa, A., Abdullahi, I., Sani, A., & Jimoh, A. (2023). Effect of welding electrodes and post-weld heat treatment on mechanical properties and microstructural transformations of mild steel weldment using SMAW process. *Nigerian Journal of Engineering*, 30(1), 30. <https://doi.org/10.5455/nje.2023.30.01.05>
- Nipa-nipa, P. J. (2023). PROSEDUR DAN PARAMETER PENGELASAN. *TEKNIK PENGELASAN*, 89.
- Pathak, D., Singh, R. P., Gaur, S., & Balu, V. (2020). Experimental investigation of effects of welding current and electrode angle on tensile strength of shielded metal arc welded low carbon steel plates. *Materials Today: Proceedings*, 26, 929-931. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.146>
- Pouranvari, M. (2011). Effect of welding current on the mechanical response of resistance spot welds of unequal thickness steel sheets in tensile-shear loading

condition. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 2(6), 178-189. <http://www.ijmse.org/Volume2/Issue6/paper12.pdf>

Raharjo, S., & Rubijanto, J. P. (2012). Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shielding Metal Arc Welding (SMAW). *Jurnal FT UMS*, 1412, 9612. <http://repository.unimus.ac.id/3660/14/VARIASI%20ARUS%20LISTRIK%20TERHADAP%20SIFAT%20MEKANIS%20SAMBUNGAN%20LAS%20SHIELDING%20METAL%20ARC%20WELDING%20%28SMAW%20%29.pdf>

Ramadi, B. K. (2021). *Analisis kekuatan mekanis pada posisi pengelasan fillet kampuh T dengan metode pengelasan SMAW* [Undergraduate thesis, Universitas Pancasakti Tegal]. <https://repository.upstegal.ac.id>

Siddiq, M., Nurdin, N., Amalia, I., & Fathier, A. (2021). Analisa Pengaruh Kampuh Pengelasan SMAW Pada Penyambungan Baja Karbon Rendah dan Karbon Sedang Terhadap Uji Ketangguhan. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(1), 31-37. <http://dx.doi.org/10.30811/jmst.v5i1.2141>

Shiddiq, M., Irzal, I., Purwantono, P., & Fernanda, Y. (2022). ANALISA PERBANDINGAN HASIL PENGEELASAN LAS SMAW DENGAN LAS MIG PADA POSISI 3G DENGAN MATERIAL JIS G3101 SS400. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 4(3), 55-61. <http://vomek.ppj.unp.ac.id/>

Sumardiyanto, D., & Susilowati, S. E. (2019). Effect of welding parameters on mechanical properties of low carbon steel API 5L shielded metal arc welds. *American Journal of Materials Science*, 9(1), 15-21. <https://doi.org/10.5923/j.materials.20190901.03>

Wahyudi, R., Nurdin, N., & Saifuddin, S. (2019). Analisa pengaruh jenis elektroda pada pengelasan SMAW penyambungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang terhadap tensile strength. *Journal of Welding Technology*, 1(2), 43-47. <http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v1i2.1645>

Wang, X., Xie, Z., Su, W., & Shang, C. (2023). Role of carbon content on microstructure evolution and impact toughness in coarse-grained heat-affected zone of high-strength steel. *Metals*, 13(1), 106. <https://doi.org/10.3390/met13010106>

Wari, A., Nurdin, H., & Ya, K. Z. (2020). Porosity Defect Analysis in ST 37 Steel Welding Joints Using the Dye Penetrant Method. *Teknometrik*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.24036/tm.v3i1.5272>