

**ISSN (ONLINE) 2598-9936**



**INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES**  
PUBLISHED BY  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

## Table Of Contents

|   |   |
|---|---|
| <b>Journal Cover</b> .....                  | 1 |
| <b>Author[s] Statement</b> .....            | 3 |
| <b>Editorial Team</b> .....                 | 4 |
| <b>Article information</b> .....            | 5 |
| Check this article update (crossmark) ..... | 5 |
| Check this article impact .....             | 5 |
| Cite this article.....                      | 5 |
| <b>Title page</b> .....                     | 6 |
| Article Title .....                         | 6 |
| Author information .....                    | 6 |
| Abstract .....                              | 6 |
| <b>Article content</b> .....                | 7 |

## Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

## Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

## Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

# Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 26 No. 4 (2025): October  
DOI: 10.21070/ijins.v26i4.2124

## EDITORIAL TEAM

### Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

### Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

### Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

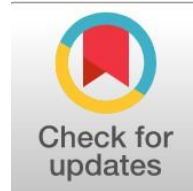
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

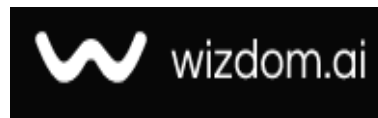
How to submit to this journal ([link](#))

## Article information

**Check this article update (crossmark)**



**Check this article impact (\*)**



**Save this article to Mendeley**



(\*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

## Welding Current Variation Determines Tensile Strength in MIG Joints: Variasi Arus Las Menentukan Kekuatan Tarik pada Sambungan MIG

Achmad Surya Wijaya, [mulyadi@umsida.ac.id](mailto:mulyadi@umsida.ac.id) (\*)

*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

Mulyadi, [mulyadi@umsida.ac.id](mailto:mulyadi@umsida.ac.id)

*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

(\*) Corresponding author

### Abstract

**General Background:** Welding is a critical process in manufacturing that determines the strength and reliability of material joints. **Specific Background:** Metal Inert Gas (MIG) welding is widely used due to its efficiency, but variations in welding current can significantly affect the mechanical properties of the welded material. **Knowledge Gap:** The optimal current variation for achieving maximum tensile strength in MIG welding is not always clearly defined for specific materials such as ST 37. **Aims:** This study aims to analyze the effect of welding current variation on the tensile strength of ST 37 material using the MIG welding method. **Results:** The findings indicate that different current levels produce varying tensile strengths, with one current variation resulting in the highest tensile strength compared to others. **Novelty:** The study provides experimental evidence of the relationship between welding current variation and tensile strength in ST 37 material using controlled parameter conditions. **Implications:** The results can be used as a reference for selecting appropriate welding parameters to achieve stronger and more reliable welded joints in industrial applications.

**Keywords:** Welding, MIG Process, Tensile Strength, Current Variation, ST37 Steel

### Key Findings Highlights

Highest strength observed at specific electrical input setting

Mechanical performance varies across tested parameter levels

Experimental comparison confirms parameter sensitivity in joining process

Published date: 2026-05-02

## I. Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi dan industri, baja merupakan salah satu material penting, dibuktikan dengan pemakaiannya yang sudah umum dalam dunia manufaktur, maritim, bahan bangunan, perpipaan, oil dan gas, maupun penggunaan substansial yang lain. Hal ini dikarenakan baja memiliki kelebihan pada kekuatan, ketersediaan bahan, versatility, sifat mekanis, dan tingkat ekonomis yang rendah dari pada material yang lain [1]. Plat baja ASTM A36 ialah salah satu jenis paling umum digunakan dalam aplikasi struktural. Plat baja karbon ringan ini mengandung paduan kimia yang memberikan sifat keuletan dan kekuatan yang ideal untuk digunakan dalam berbagai struktur seperti jembatan, konstruksi bangunan, tanki, maupun pipa [2]. Las MIG (Metal Inert Gas) ialah las busur gas yang menggunakan kawat elektroda berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Proses pengelasan menggunakan arus searah (DC) dengan menggunakan arus sekitar 50A-600A dan gas yang digunakan pada saat pengelasan yakni gas argon dan helium [3].

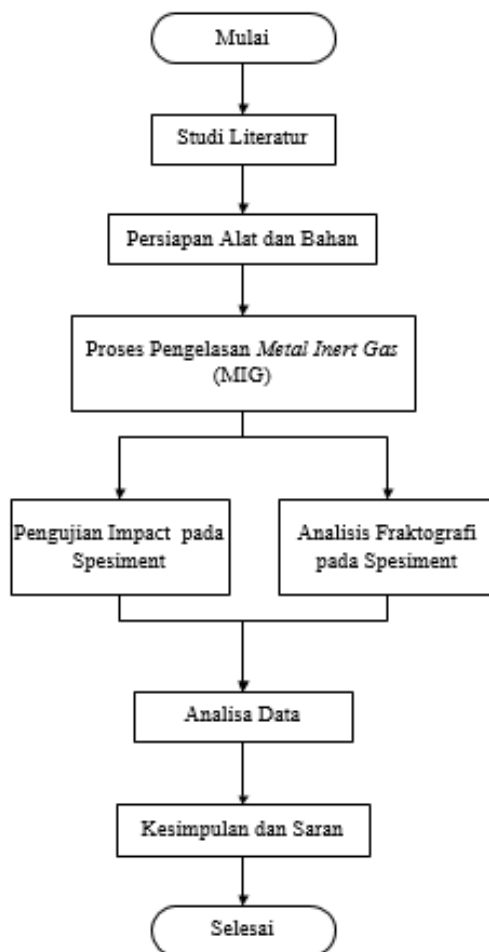
Pada pengelasan MIG (Metal Inert Gas) terdapat berbagai macam cacat pengelasan, antara lain undercutting, porositas, slag inclusion, crack/ retak dan kurang penetrasi atau penembusan yang kurang sempurna [3]. Hal ini sangat berbahaya sekali terhadap sifat mekanik dari sambungan pengelasan tersebut, apalagi sambungan Tumpang (*LAP Joint*) posisi benda kerjanya saling tindih serta posisi pengelasannya berada di tengah sudut ke dua benda [4]. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat dan mekanis suatu bahan ialah melalui perlakuan panas (*Heat Treatment*). [5] Oleh karena itu dilakukan penelitian pengelasan menggunakan MIG (*Metal Inert Gas*) dengan metode pendinginan air, oli, dan udara pada material plat ASTM A36. Melalui proses ini apakah metode pendinginan menggunakan air, oli, dan udara dapat mempengaruhi kekuatan Impact dan Analisis Fraktografi pada material tersebut. Air dan udara merupakan media pendingin yang mudah didapatkan serta ketersediaannya yang melimpah sedangkan untuk pendinginan media oli menggunakan limbah oli sepeda motor bekas [6]. Namun, pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) tidak selalu mudah dilakukan karena sifatnya yang reaktif terhadap oksigen, yang dapat menyebabkan terbentuknya oksida yang mengganggu kualitas pengelasan. Oleh karena itu, penting untuk mempelajari dan mengoptimalkan parameter proses pengelasan untuk meningkatkan kualitas sambungan dan meminimalkan cacat [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mencari berbagai kombinasi parameter proses MIG (*Metal Inert Gas*) untuk pengelasan baja, dengan fokus pada pengaruhnya terhadap kekuatan impact dan fraktografi [8]. Melalui analisis mendalam terhadap hasil pengujian, diharapkan dapat ditemukan hubungan antara parameter proses dengan karakteristik material yang dihasilkan dalam hal ini adalah uji impact dan analisis fraktografi hasil pengelasan. Hasil dari studi ini dapat memberikan panduan berharga bagi praktisi industri dalam pengoptimalan proses pengelasan baja untuk mencapai sambungan yang lebih kuat dan efisien secara ekonomi [9].

## II. Metode

### A. Diagram Alir Penelitian

Metodologi yang digunakan pada proses menyusun serta proses urutan pada saat penelitian ini digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*). Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. berikut:



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

### B. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa referensi dari jurnal, artikel, buku, tugas akhir yang berkaitan, pengamatan secara langsung di lapangan, juga dari media internet, dan diskusi dengan dosen pembimbing

yang ada kaitannya dengan besar perencanaan tinjauan parameter pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) Terhadap hasil pengujian impact dan analisis fraktografi [10].

### C. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang perlu dilakukan untuk melakukan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) juga pengujian impact dan pengujian fraktografi spesimen yaitu sebagai berikut.

1. Mesin Las MIG merk LAKONI TIPE MIG 160i

Mesin las MIG merk LAKONI TIPE MIG 160i pada penelitian ini digunakan untuk proses pengelasan dengan menyambungkan antar plat baja ASTM A36 dengan menggunakan elektroda fluxcore diameter 1 mm sehingga membentuk spesimen dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan [11]. Parameter yang dirubah dari mesin las yaitu kuat arusnya yaitu 80 A, 100 A, 120 A. Untuk tekanan Gas Argon konstan dimasing-masing spesimennya yaitu 0.15 Mpa dengan flow rate 10-15 L/menit.

2. Mesin CNC Milling

Mesin CNC *milling* yang dipakai penelitian disini yaitu merk weidamc vmc-640 memiliki 3 axis yang berfungsi untuk melakukan pemotongan spesimen penggunaan mesin cnc milling harus memiliki program yang telah dibuat sebelumnya di aplikasi *Solidwork* [12].

3. Alat Uji Impact

Alat uji impact ini digunakan untuk mengetahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. Dimana material uji dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat-serat. [13]. Nilai impact dipengaruhi temperatur Karena temperatur dapat mempengaruhi material uji maka dalam melakukan pengujian, sebaiknya dilakukan pada suhu kamar. Alat yang digunakan adalah charpy test. Ada dua jenis batang uji standar yang digunakan, yaitu tarikan berbentuk V dan U. Dalam pengujian ini menggunakan tarikan berbentuk V. Bentuk material yang digunakan tarik berbentuk V karena dapat melokalisir energi patahan [14].

Harga impact dapat dicari dengan persamaan :

$$E = W \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (1)$$

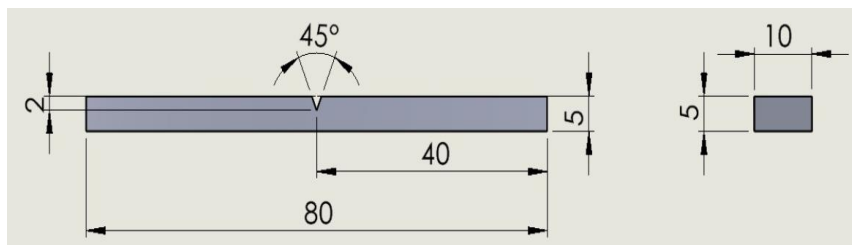
Dimana :

- E = Energi Impact yang terserap (*Joule*)
- W = Luas Penampang ( $\text{mm}^2$ )
- R = Radius (m)
- $\beta$  = Sudut akhir ( $^\circ$ )
- $\alpha$  = Sudut awal ( $^\circ$ )

$$IS = \frac{E}{F} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- IS = Nilai *Impact* (*Joule*/ $\text{mm}^2$ )
- E = Energi Impact yang terserap (*Joule*)
- F = Luas Penampang ( $\text{mm}^2$ )



**Gambar 2.** Spesimen Uji Impact

4. Alat Ukur Sudut Digital

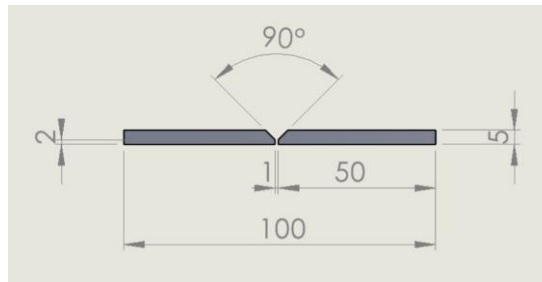
Pengujian analisa faktografi harus membutuhkan alat khusus untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada hasil pengujiannya yaitu menggunakan alat ukur sudut digital dengan kapasitas pengukuran sudut 0-200 mm [15]. Alat dibawah ini bernama alat ukur sudut elektron genio meter yang digunakan untuk mengukur sudut patahan setelah dilakukan pengujian impact pada pengelasan MIG plat baja ASTM A36.

5. Plat Baja ASTM A36

Plat baja ASTM A36 adalah bahan spesimen yang digunakan dalam penelitian ini. Sesuai dengan banyaknya parameter proses pengelasan yaitu 9 spesimen dengan dimensi 100 mm x 50 mm x 5 mm.



a). desain plat aluminium



b). desain bentuk join pengelasan

**Gambar 3.** Dimensi Spesimen Pengelasan

## D. Proses Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) pada Plat Baja ASTM A36

Spesimen plat baja ASTM A36 akan dilas dengan posisi 1G dengan beberapa parameter yang akan menjadi acuan variasi yaitu variasi kuat arus pengelasan dan variasi pendinginan setelah pengelasan.

Tabel 1. Variasi Parameter Proses Pengelasan

| No. Spc | Kuat Arus (A) | Pendingin | Uji Impact (Joule/mm <sup>2</sup> ) | Analisis Faktografi (<sup>°</sup>) |
|---------|---------------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1       | 80            | Air       | -                                   | -                                  |
| 2       | 80            | Udara     | -                                   | -                                  |
| 3       | 80            | Olie      | -                                   | -                                  |
| 4       | 100           | Air       | -                                   | -                                  |
| 5       | 100           | Udara     | -                                   | -                                  |
| 6       | 100           | Olie      | -                                   | -                                  |
| 7       | 120           | Air       | -                                   | -                                  |
| 8       | 120           | Udara     | -                                   | -                                  |
| 9       | 120           | Olie      | -                                   | -                                  |

Pada penelitian ini proses Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) dilakukan sebanyak 9 kali dengan perbedaan parameter yang telah ditentukan. Berikut adalah langkah –langkah proses Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) :

1. Siapkan mesin las, elektroda, meja untuk pengelasan dan plat baja ASTM A36 yang akan digunakan.
2. Jig atau klem plat aluminium yang telah disiapkan untuk mencegah terjadinya proses pemuaihan pada plat.
3. Atur Parameter mesin las MIG sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
4. Lakukan proses pengelasan pada plat aluminium sebanyak 9 kali.
5. Pada setiap hasil pengelasan lakukan pendinginan pada hasil pengelasan sesuai dengan parameter pendingin yang ditentukan.
6. Kemudian lakukan pembersihan pada hasil pengelasan di area pengelasan dan memberikan nomer specimen sesuai dengan nomer parameter.
7. Apabila semua proses pengelasan sudah selesai lakukan pembersihan lingkungan sekitar pengelasan dan pembersihan pada alat dan bahan pengelasan.



Gambar 4. Proses Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG)

## III. Hasil dan Pembahasan

### A. Uji Kekuatan Impact

Pengujian specimen uji kekuatan Impact kali ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Uji ini bertujuan untuk mengetahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) ASTM A36 menggunakan pengujian impact type Charpy.

Berikut yaitu langkah-langkah pengujian impact :

1. Pasang specimen ke landasan dengan takik di tengah, bagian takik di bagian dalam, sehingga pendulum membentur benda uji di sisi berlawanan dari sisi takik benda kerja uji.
2. Bandul setinggi H atau membentuk sudut<sup>o</sup> ( $\alpha$ )
3. Ubah posisi jarum ke skala yang lebih rendah pada angka nol.
4. Tarik LockHandle sehingga bandul lepas memukul benda uji, kemudian bandul tetap berayun miring ( $\beta$ )
5. Tarik Brake Handle, tahan agar pendulum berhenti
6. Catatan sudut  $\beta$  yang tertunjuk pada indikator
7. Setelah dilakukan pengujian ambil benda kerja untuk diukur luasan dimensi patahannya, teliti penampang patahan benda kerja dan gambarkan diidentifikasi jenis patahannya



**Gambar 5.** Pengujian Impak

**Tabel 2.** Hasil Pengujian kekuatan Impact dan Hasil Perhitungan kekuatan Impact

| No. Spc | Kuat Arus (A) | Pendingin | E (Joule) | IS (Joule/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| 1       | 80            | air       | 46.061    | 0.576                       |
| 2       | 80            | udara     | 48.458    | 0.606                       |
| 3       | 80            | olie      | 35.951    | 0.449                       |
| 4       | 100           | air       | 38.363    | 0.480                       |
| 5       | 100           | udara     | 48.681    | 0.609                       |
| 6       | 100           | olie      | 33.766    | 0.422                       |
| 7       | 120           | air       | 27.874    | 0.348                       |
| 8       | 120           | udara     | 25.549    | 0.319                       |
| 9       | 120           | olie      | 36.976    | 0.462                       |

Sesuai data pada **Tabel 2.** hasil pengujian Impact dapat disimpulkan bahwa dari 9 spesimen dengan parameter proses yang di uji diperoleh nilai tertinggi pada spesimen 5 dengan parameter kuat arus 100A menggunakan pendingin udara memperoleh hasil harga kekauan impact sebesar 0,609 Joule/mm<sup>2</sup> Nilai terendah ada pada spesimen 8 dengan parameter kuat arus 120A menggunakan pendingin udara memperoleh hasil harga kekauan impact sebesar 0,319 Joule/mm<sup>2</sup>.

## B. Uji Fraktografi

Pengujian Fraktografi dilakukan dengan alat ukur sudut digital dengan kapasitas pengukuran sudut 0-200 mm. Berikut hasil dari pengujian fraktografi pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) plat baja ASTM A36.

1. Spesimen 1 (80 Ampere Pendingin Air)



**Gambar 6.** Fraktografi Impak Spesimen 1

Sesuai dengan **Gambar 6.** Berdasarkan parameter 80 Ampere dan pendingin air, hasil pengukuran sudut fraktografi impaknya adalah 60,2°.

2. Spesimen 6 (100 Ampere Pendingin Oli)



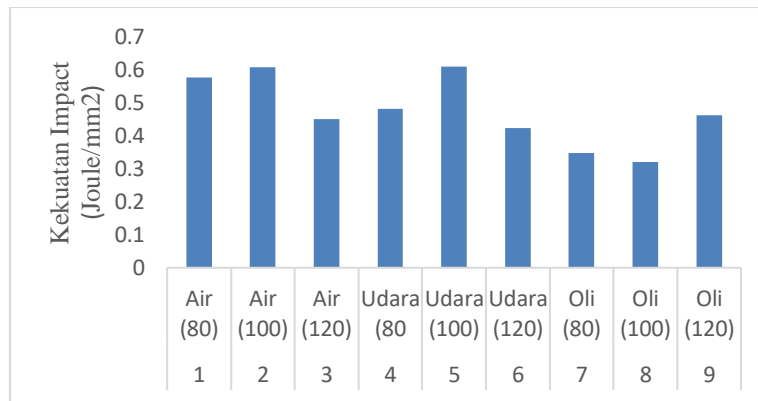
**Gambar 7.** Fraktografi Impak Spesimen 6

Sesuai dengan **Gambar 7.** Berdasarkan parameter 100 Ampere dan pendingin oli, hasil pengukuran sudut fraktografi impaknya adalah 94,3°.

## C. Analisa dan Pembahasan Hasil kekuatan Impact dan Fraktografi Impact

Untuk memudahkan pemahaman pada data dari hasil kekuatan impact dan fraktografi impact dilakukan proses analisa pada hasil pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG). Tujuan analisa ini guna visualisasi yang lebih baik dan lebih mudah dimengerti.

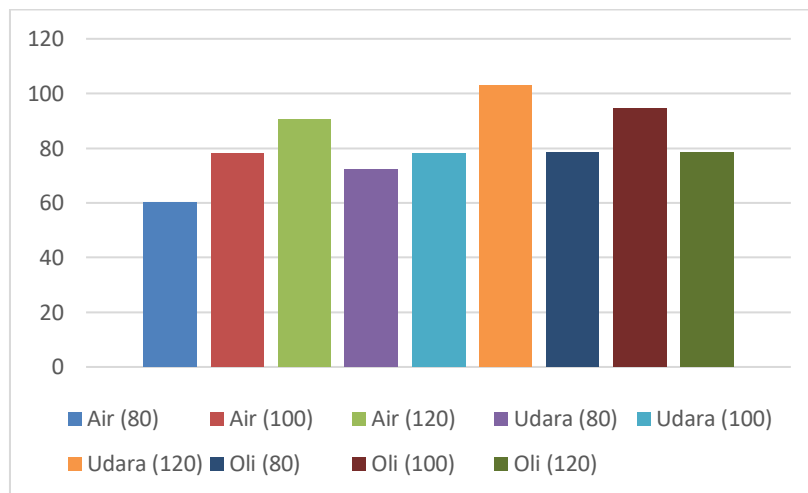
1. Grafik Hasil Uji Impact



**Gambar 8.** Grafik Uji Kekuatan Impact 9 Spesimen Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG)

Berdasarkan pada uji Impact dari 9 spesimen dengan parameter proses yang dilakukan pengujian diperoleh hasil terbaik yaitu spesimen 5 dengan parameter kuat arus 100 Ampere dan pendingin udara memperoleh hasil harga kekuatan impact sebesar 0,609 Joule/mm<sup>2</sup>. Nilai terendah ada pada spesimen 8 dengan parameter kuat arus 120A menggunakan pendingin udara memperoleh hasil harga kekuatan impact sebesar 0,319 Joule/mm<sup>2</sup>.

## 2. Grafik Hasil Uji Fraktografi Impact



**Gambar 9.** Grafik Uji Fraktografi Impact 9 spesimen pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG)

Berdasarkan pada uji fraktografi impact dari 9 spesimen dengan parameter proses yang dilakukan pengujian diperoleh hasil terbaik yaitu spesimen 6 dengan parameter kuat arus 120 ampere dengan pendingin udara memperoleh hasil sudut fraktografi impact sebesar 60,2° karena dengan kuat arus yang tinggi dan juga pendingin udara yang waktu pendinginannya lama menjadikan hasil pengelasan menjadi lebih kuat dan ulet. Nilai terendah ada pada spesimen 1 dengan parameter pengelasan kuat arus 80 ampere dan pendingin air memperoleh hasil sudut fraktografi impact sebesar 60,2° karena massa jenis air yang tinggi maka proses pendinginan menjadi cepat maka partikel pada pengelasan cenderung lebih renggang dan kekerasan menjadi rendah.

## II. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Analisa Pengaruh Kuat Arus Dan Media Pendingin Air, Oli, Udara Terhadap Kekuatan Impact Dan Faktografi Pada Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) Pada Plat Baja ASTM A36” dapat disimpulkan :

- Berdasarkan pada uji kekuatan Impact dari 9 spesimen dengan parameter proses yang dilakukan pengujian diperoleh hasil terbaik yaitu spesimen 5 dengan parameter kuat arus 100 Ampere dan pendingin udara memperoleh hasil harga kekuatan impact sebesar 0,609 Joule/mm<sup>2</sup>. Nilai terendah ada pada spesimen 8 dengan parameter kuat arus 120A menggunakan pendingin udara memperoleh hasil harga kekuatan impact sebesar 0,319 Joule/mm<sup>2</sup>.
- Berdasarkan pada uji fraktografi impact dari 9 spesimen dengan parameter proses yang dilakukan pengujian diperoleh hasil terbaik yaitu spesimen 6 dengan parameter kuat arus 120 ampere dengan pendingin udara memperoleh hasil sudut fraktografi impact sebesar 60,2° karena dengan kuat arus yang tinggi dan juga pendingin udara yang waktu pendinginannya lama menjadikan hasil pengelasan menjadi lebih kuat dan ulet. Nilai terendah ada pada spesimen 1 dengan parameter pengelasan kuat arus 80 ampere dan pendingin air memperoleh hasil sudut fraktografi impact sebesar 60,2° karena massa jenis air yang tinggi maka proses pendinginan menjadi cepat maka partikel pada pengelasan cenderung lebih renggang dan kekerasan menjadi rendah.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab, himpunan mahasiswa dan teman-teman yang telah [ISSN 2598-9936 \(online\), https://ijins.umsida.ac.id](https://ijins.umsida.ac.id), published by [Universitas Muhammadiyah Sidoarjo](https://ijins.umsida.ac.id)

membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

## Referensi

1. W. Marthiana et al., "Analysis of the Effect of Welding Current Variation on the Strength of MIG Welded Joints on ST 37 Material," *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 140–144, 2020.
2. I. N. Sihombing, S. Jokosiworo, and B. A. Aditya, "Effect of Welding Position and Groove Shape on Tensile Strength and Micrograph of MIG Welded Aluminum 6061," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
3. R. Wurdhani, U. Budiarto, and W. Amiruddin, "Effect of Normalizing Heat Treatment on Impact Strength of MIG Welded Aluminum 6061," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 1, pp. 70–78, 2020.
4. A. Sebayang, E. Tarigan, and L. Tarigan, "Effect of Welding Current Variation 120 A, 130 A, 140 A, and 150 A on Tensile Strength of ST 37 Using MIG Welding," *Jurnal Pustaka Cendekia Hukum dan Ilmu Sosial*, vol. 2, no. 1, pp. 118–124, 2024.
5. Y. R. Fauzi and M. Arsyad, "Effect of Post Weld Heat Treatment on Tensile Strength of AISI 1045 Carbon Steel Using MIG Welding," *Journal of Energy Materials and Manufacturing Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 9–14, 2024.
6. D. S. Pamuji et al., "Effect of Welding Parameters on Mechanical Properties and Microstructure of AA6061 Using Friction Stir Welding," 2022, pp. 424–435.
7. A. F. Al Faridzi, "Tensile and Bending Strength of ASTM A36 Steel with SMAW Welding and Metallography Analysis," *Rekayasa Sistem Energi dan Manufaktur*, vol. 2, no. 2, pp. 109–118, 2024.
8. "Effect of Feedrate Speed on Friction Stir Welding Properties," 2021.
9. R. H. Aruan, H. Pratikno, and Y. S. Hadiwidodo, "Effect of Material Temperature on Epoxy Coating Adhesion Strength of A36 Steel," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 12, no. 1, pp. F34–F40, 2023.
10. A. Setiawan, "Study of Stainless Steel 304 Welding Using GTAW with Current Variations," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
11. M. Z. A. Soleh and M. Mulyadi, "Design of Jig for Friction Stir Welding Using Fillet Joint on AA6061-T6," *Indonesian Journal of Innovation Studies*, vol. 14, 2021.
12. A. I. Wardana and M. Mulyadi, "Analysis of Underwater Friction Stir Welding on AA6005-T6 Aluminum Alloy," 2023.
13. M. F. Subkhan and M. Mulyadi, "Confirmation Experiment of Friction Stir Welding on AA6061 Alloy," 2023.
14. M. A. I. Muslim and Iswanto, "Effect of Welding Parameters on Mechanical Properties of Polyethylene Using Friction Stir Welding," 2023.
15. Mulyadi, R. Firdaus, and R. S. Untari, "Optimization of Friction Stir Welding Parameters for AA6061-T651 Aluminum Alloy," *Academic Open*, vol. 8, no. 1, pp. 1–13, 2023.