

Study of Welding Aluminum Rims Using TIG (Tungsten Inert Gas) Welding With Variations in Electric Current and Impact Testing **[Studi Pengelasan Velg Aluminium Menggunakan Las TIG (Tungsten Inert Gas) Dengan Variasi Arus Listrik dan Pengujian Impak]**

Dimas Mahendra Wahyu Pratama¹⁾, Prantasi Harmitjahjanti²⁾,

^{1,2)}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: prantasiharmitjahjanti@umsida.ac.id

Abstract. *The development of technology in the construction sector that is increasingly advanced cannot be separated, especially in welding because it has an important role in metal repair. Welding in the construction sector is very widely used including bridge construction, shipping, the Body Industry and others. Therefore, it is important to study and optimize the welding process parameters to improve the quality of the joints and minimize defects. This study aims to find various combinations of TIG (Tungsten Inert gas) process parameters for welding aluminum rims in the welding field. This research method is by varying the current strength of 70A, 80A and 90A, with a focus on its effect on the impact test results. The conclusion of the results of the impact test process that has been carried out, there is an effect of variations in the current strength of 70A, 80A, and 90A on aluminum rims in welding, namely using a high amperage of 90 A to get good welding results, at a low amperage of 80 amperes to get poor welding results. The higher the welding current strength, the higher the impact strength value, namely at a current strength of 90 A the impact value is the highest and at a current strength of 80 A the impact strength value is the lowest.*

Keywords - (TIG) Tungsten Inert Gas, Aluminum Rims, Electric Current, Impact Testing.

Abstrak. *Pengembangan teknologi dibidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat di pisahkan, terutama pada pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam reparasi logam. Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, Industri Karoseri dan lainnya. Oleh karena itu, penting untuk mempelajari dan mengoptimalkan parameter proses pengelasan untuk meningkatkan kualitas sambungan dan meminimalkan cacat. Penelitian ini bertujuan untuk mencari berbagai kombinasi parameter proses TIG (Tungsten Inert gas) untuk pengelasan velg aluminium pada bidang pengelasan. Metode penelitian ini dengan bervariasi kuat arus 70A, 80A dan 90A, dengan fokus pada pengaruhnya terhadap hasil pengujian impak. Kesimpulan hasil dari proses uji impak yang sudah dilakukan, terdapat pengaruh dari variasi kuat arus 70A, 80A, dan 90A pada velg aluminium dalam pengelasan yaitu menggunakan ampere yang tinggi yaitu 90 A mendapatkan hasil pengelasan yang baik, pada ampere rendah yaitu 80 ampere mendapatkan hasil pengelasan yang kurang baik. Semakin tinggi kuat arus pengelasan maka semakin tinggi nilai kekuatan impaknya yaitu pada kuat arus 90 A nilai impaknya tertinggi dan pada kuat arus 80 A nilai kekautan impaknya terendah.*

Kata Kunci – (TIG) Tungsten Inert Gas, Velg Aluminium, Arus Listrik, Pengujian Impak.

I. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi dibidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat di pisahkan, terutama pada pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam reparasi logam. Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, Industri Karoseri dll. Selain untuk konstruksi las juga dapat untuk mengelas cacat logam pada hasil pengecoran logam, mempertebal yang aus. Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambah maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengertian Pengelasan adalah salah satu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan 2 material dengan menggunakan energi panas sehingga dapat menyatukan material yang disambung [1].

Cacat las / defect weld suatu keadaan hasil pengelasan dimana terjadinya penurunan kualitas hasil lasan. Kualitas hasil lasan yang dimaksud merupakan turunya kekuatan dibandingkan dengan kekuatan material dasar base metal, tidak baiknya tampilan /performa dari suatu hasil lasan dapat juga dipengaruhi terlalu tingginya arus dapat menyebabkan kawat inti elektroda las mengalami kelebihan panas dan bahan fluks akan dapat memburuk menyebabkan takikan dan tampilan rigi las yang buruk. Namun sebaliknya arus yang terlalu rendah dapat menyebabkan penumpukan menyebabkan penumpukan terjadinya cacat las seperti kurang penembusan dan pemasukan terak [2]. Pemanasan pada permukaan logam induk pada proses pengelasan menghasilkan daerah pemanasan yang unik, dimana disetiap titik yang mengalami pemanasan itu memiliki karakteristik yang berbeda-beda.

Didalam pekerjaan pengelasan logam banyak orang yang belum mengenal jenis pengelasan, sedangkan mereka sering menggunakan las tersebut, mereka hanya mengenal jenis Las Argon, sebenarnya Las Argon sama saja dengan Las TIG (*Tungsten Inert gas*) [3].

Las gas tungsten (las TIG) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten (elektroda takterupman) dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung (gas tidak aktif) agar tidak terkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan dilas. Pada proses pengelasan TIG logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk dan peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk [4]. Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, serta alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda [5].

Kekuatan hasil pengelasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las TIG mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las [6]. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 70 A, 80 A dan 90 A. Penelitian ini dilakukan oleh peneliti menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) Dengan cara ini busur listrik bergerak dari elektrode ke material dasar sehingga tumbukan elektron berada di material dasar yang berakibat 2/3 panas berada di material dasar dan 1/3 panas berada di elektroda [7]. Cara ini akan menghasilkan pencairan material dasar lebih banyak dibanding elektrodanya sehingga hasil las mempunyai penetrasi yang dalam, sehingga baik digunakan pada pengelasan yang lambat. Dan logam yang digunakan adalah logam karbon rendah yang juga disebut aluminum, Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Aluminium memiliki sifat tahan korosi karena fenomena pasivasi [8].

Aluminium merupakan sebuah logam bersifat ringan sehingga memiliki kelebihan pengantar panas yang sangat baik. Aluminium ditemukan pertama kali oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi oleh HC Oersted tahun 1825 [9]. Aluminium mempunyai beberapa sifat-sifat karakter fisik antara lain memiliki berat jenis sekitar 2,65-2,8 kg/dm³, mempunyai daya hantar listrik dan panas yang baik, tahan terhadap korosi, dalam beberapa bahan titik lebur 658 °C dan susunan atom *face centered cubic*. Aluminium murni mempunyai beberapa kekurangan seperti memiliki sifat mampu cor dan mekanik kurang baik, sehingga jarang dipergunakan untuk kebutuhan teknik yang memerlukan ketelitian dan persyaratan kekuatan bahan yang tinggi [10].

Dalam pengelasan ini, besar arus sangat mempengaruhi energi yang dihasilkan. Dengan adanya aliran kuat arus pada suatu penghantar energi yang berasal dari energi listrik dapat diubah menjadi energi panas. Panas yang terjadi selama proses pengelasan digunakan untuk melelehkan logam induk, Energi yang dihasilkan merupakan daya yang dipakai selama waktu tertentu. Maka dari itu untuk mengusahakan terhadap hasil pengelasan yang baik dan berkualitas maka perlu memperhatikan sifat-sifat bahan yang akan dilas. Untuk itu penelitian tentang pengelasan sangat mendukung dalam rangka memperoleh hasil pengelasan yang baik [11].

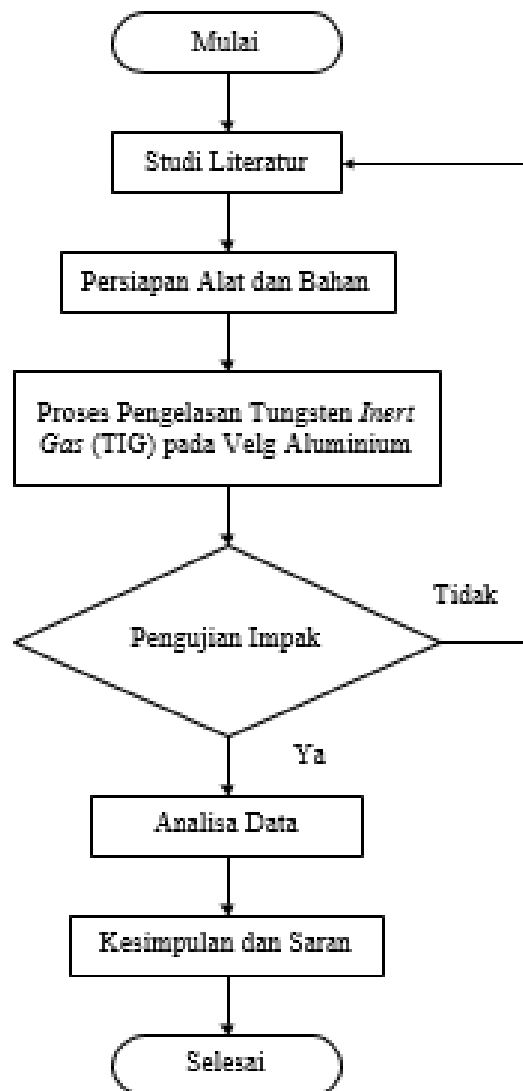
Uji impak merupakan suatu metode pengujian material untuk mengetahui seberapa besar ketahanan material tersebut terhadap beban kejutan atau benturan secara tiba-tiba. Prinsip kerja uji impak adalah didasarkan pada pemberian beban kejutan secara tiba-tiba pada spesimen bertujuan untuk mengetahui jumlah energi yang diserap oleh material sebelum terjadi patahan [12]. Nilai impak dapat diketahui apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki kekuatan yang tinggi. Dimana material uji dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patahan tidak rata dan tampak berserat-serat. [14]. 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 melokalisasi energi patahan [15].

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis melakukan suatu penelitian untuk melakukan pengelasan pada velg sepeda motor menggunakan las Tungsten Inert Gas (TIG) dengan variasi ampere yaitu ampere 70, 80 dan 90. Penelitian ini berjudul “Studi Pengelasan Velg Aluminium Menggunakan Las TIG (Tungsten Inert Gas) Dengan Variasi Arus Listrik dan Pengujian Impak”.

II. METODE

A. Diagram Alir Penelitian

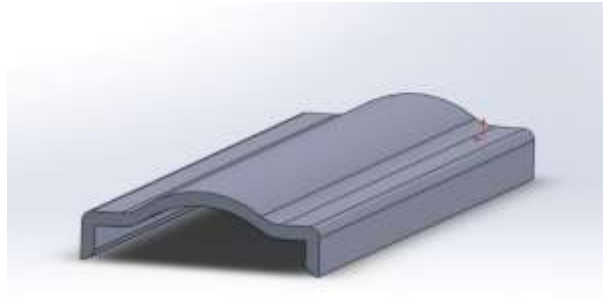
Metodologi yang digunakan dalam proses penyusunan dan urutan penelitian ini digambarkan secara sistematis dalam diagram alir (*flowchart*). Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Studi Literatur

Studi literatur menjelaskan tentang proses pengumpulan data serta mengenai pengembangan penelitian terkait prosedur pengelasan pada aluminium menggunakan las TIG dengan variasi ampere yang sudah dilakukan sebelumnya. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber, seperti jurnal referensi, buku, karya tulis, tugas akhir yang berkaitan, serta jejaring internet dan observasi. Studi literatur juga dilakukan untuk mengetahui informasi penting guna meningkatkan pekerjaan dalam penyambungan logam dibidang konstruksi [16].



Gambar 2. Desain Bentuk Spesimen

Keterangan dimensi spesimen pengelasan:

1. Panjang spesimen pengelasan : 100 mm
2. Lebar spesimen pengelasan : 70 mm
3. Tebal spesimen pengelasan : 3.5 mm
4. Tinggi spesimen pengelasan : 17 mm

C. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang perludilakukan untuk melakukan pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) juga pengujian kekuatan impak spesimen yaitu sebagai berikut.

1. Velg Aluminium

Velg aluminium merupakan velg berbahan logam yang mempunyai sifat ringan yang pemanfaatannya untuk modifikasi kendaraan. Selain ringan juga memiliki kelebihan lain seperti warna bisa variatif, warnanya lebih kuat dari pada cat, kalau bahannya besi rata-rata hanya krom dan hitam. Pada penelitian ini velg di potong dengan ukuran 50 mm sebanyak 18 sehingga menjadi 9 pasang spesimen pengelasan.



Gambar 3. Velg Aluminium

2. Mesin Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Mesin Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) pada penelitian ini digunakan untuk proses pengelasan dengan menyambungkan velg aluminium menggunakan elektroda ER 5356 diameter 1,6 mm, sehingga membentuk spesimen dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan [11]. Parameter yang dirubah dari mesin las yaitu kuat arusnya yaitu 70 A, 80 A dan 90 A.



Gambar 4. Mesin Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

3. Elektroda ER 5356

Elektroda yang digunakan sebagai bahan untuk penyambungan pada velg alumunium pada pengelasan TIG (*Tungsten inert Gas*). Menggunakan elektroda jenis alumunium ER 5356 diameter 1,6 mm.



Gambar 5. Elektroda ER 5356

4. Gerinda Tangan

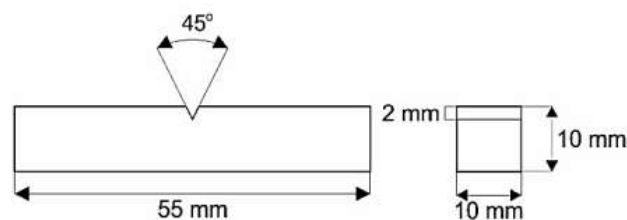
Kegunaan dari gerinda tangan pada penelitian ini digunakan untuk memotong velg untuk membentuk spesimen. Velg di potong dengan ukuran 50 mm sebanyak 18 sehingga menjadi 9 pasang spesimen pengelasan



Gambar 6. Gerinda Tangan

5. Alat Uji Impak

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. [17]. 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 melokalisasi energi patahan [15].



Gambar 7. Dimensi Spesimen Uji Impak

Harga impact dapat dicari dengan persamaan :

$$I = \frac{K}{A}$$

Dimana :

I = Nilai Impact (Joule/mm²)

K = Energi Impact yang terserap (Joule)

A = Luas Penampang (mm²)



Gambar 8. Alat Uji Impak

D. Proses Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Pada penelitian ini proses Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) dilakukan sebanyak 9 kali dengan perbedaan parameter kuat arus 70,80 dan 90 ampere. Menggunakan elektroda jenis aluminium ER 5356 diameter 1,6 mm. Berikut adalah langkah –langkah proses Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) :

1. Siapkan potongan velg yang akan dilakukan pengelasan sebanyak 9 pasang.
2. Siapkan mesin las, elektroda, meja untuk pengelasan dan plat aluminium yang akan digunakan.
3. Jig atau klem potongan velg aluminium yang telah disiapkan untuk mencegah terjadinya proses pemuatan pada velg saat dilakukan pengelasan.
4. Atur Parameter mesin las TIG sesuai dengan parameter yang telah ditentukan yaitu 70,80 dan 90 ampere.



Gambar 9. Proses Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*)

5. Lakukan proses pengelasan pada plat aluminium sebanyak 9 kali.
6. Pada setiap hasil pengelasan lakukan pendinginan pada hasil pengelasan.
7. Kemudian lakukan pembersihan pada hasil pengelasan di area pengelasan dan memberikan nomer atau nama spesimen.
8. Apabila semua proses pengelasan sudah selesai lakukan pembersihan lingkungan sekitar pengelasan dan pembersihan pada alat dan bahan pengelasan.



Gambar 10. Hasil Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) Pada Velg Aluminium

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Impak

Pengujian spicemen uji Impak 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 TIG (*Tungsten Inert Gas*) menggunakan pengujian impact type Charpy.

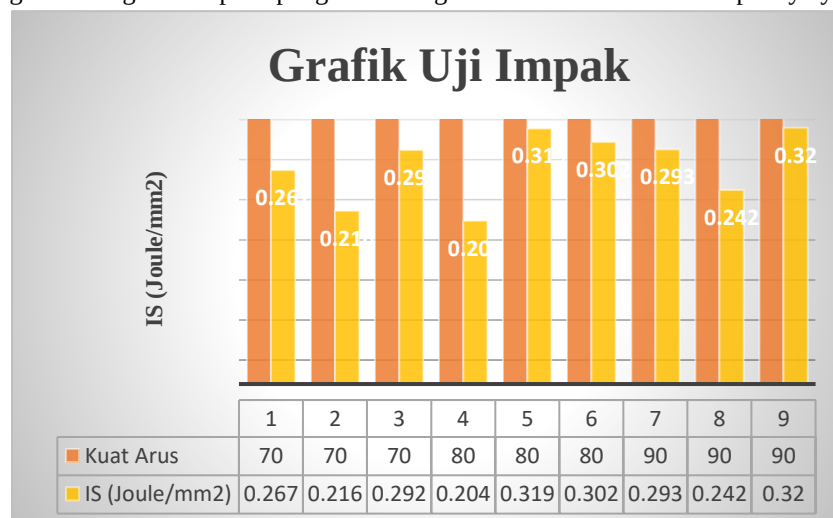
Berikut yaitu langkah-langkah pengujian impact :

1. Pasang spesimen 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° (α)
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 (β)
5. Tarik Brake Handle, tahan agar pendulum berhenti
6. Catatan sudut β 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

Tabel 1. Hasil Pengujian Impact dan Hasil Perhitungan Impact

No. Spc	Kuat Arus (A)	No. Pengelasan	E (Joule)	IS (Joule/mm ²)
1.	70	1	21.361	0.267
2.	70	2	17.251	0.216
3.	70	3	23.383	0.292
4.	80	1	16.296	0.204
5.	80	2	25.497	0.319
6.	80	3	24.176	0.302
7.	90	1	23.471	0.293
8.	90	2	19.345	0.242
9.	90	3	25.585	0.320

Sesuai data pada **Tabel 1.** hasil pengujian Impact dari 9 spesimen dengan parameter proses yang di uji diperoleh nilai tertinggi pada spesimen 9 dengan parameter kuat arus 90A memperoleh hasil harga kekuatan impact sebesar 0,320 Joule/mm² hal ini terjadi karena kuat arus atau ampere yang tinggi yaitu 90 ampere sesuai digunakan pada pengelasan velg aluminium sehingga penetrasi pengelasannya menjadi kuat dan berdampak pada kekuatan pengelasannya dan hasil nilai impaknya pun menjadi tinggi . Nilai terendah ada pada spesimen 4 dengan parameter kuat arus 80A memperoleh hasil harga kekuatan impact sebesar 0,204 Joule/mm² hal ini terjadi karena kuat arus yang rendah yaitu 80 Ampere yang menjadikan penetrasi pengelasannya kurang sehingga berdampak pada kekuatan pengelasannya dan kurang sesuai digunakan pada pengelasan velg aluminium karena nilai impaknya yang rendah.



Gambar 11. Grafik Uji Impak 9 spesimen pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*)

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Studi Pengelasan Velg Aluminium Menggunakan Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) Dengan Variasi Arus Listrik dan Pengujian Impak” dapat disimpulkan :

1. Hasil dari proses uji impak yang sudah dilakukan, terdapat pengaruh dari variasi kuat arus 70A, 80A, dan 90A pada velg aluminium dalam pengelasan yaitu menggunakan ampere yang tinggi yaitu 90 A mendapatkan hasil pengelasan yang baik, pada ampere rendah yaitu 80 ampere mendapatkan hasil pengelasan yang kurang baik.
2. Semakin tinggi kuat arus pengelasan maka semakin tinggi nilai kekuatan impaknya yaitu pada kuat arus 90 A nilai impaknya lebih tinggi karena penetrasi pengelasannya menjadi kuat dan berdampak pada kekuatan pengelasannya dan hasil nilai impaknya pun menjadi tinggi, kemudian pada kuat arus 80 A nilai kekautan impaknya lebih rendah hal ini menjadikan penetrasi pengelasannya kurang sehingga berdampak pada kekuatan pengelasannya dan kurang sesuai digunakan pada pengelasan velg aluminium karena nilai impaknya yang 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 membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Setiawan, A. (2016). Penelitian Stainless Steel 304 Terhadap Pengaruh Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Untuk Variasi Arus 50 A, 100 A dan 160 A Dengan Uji Komposisi Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Uji Impact (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [2] R. Wurdhani, U. Budiarto, and W. Amiruddin, "Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Normalizing Terhadap Kekuatan Impak Aluminium 6061 Pengelasan MIG dengan Variasi Posisi dan Bentuk Kampuh," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 1, pp. 70-78, 2020.
- [3] C. S. Walitd, Analisis cacat sambungan las SMAW menggunakan material baja ST 42 dengan variasi arus pengelasan dengan metode NDT radiography dan penetrant, Diss., Institut Teknologi Nasional (ITN), 2023.
- [4] A. F. Al Faridzi, "Ketahanan Baja Astm A36 Terhadap Pengujian Tarik Dan Bending Dengan Proses Pengelasan Smaw Dan Metalografi," *Rekayasa Sistem Energi dan Manufaktur (ReSEM)*, vol. 2, no. 2, pp. 109-118, 2024.
- [5] R. T. Arrohman, "Analisa Kuat Arus Pada Pengelasan GMAW Sambungan Alumunium 6063 dengan Kampuh V Tunggal Terhadap Kekuatan Tarik Kekerasan Struktur Mikro dan Unsur Bahan," M.S. thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2022.
- [6] Y. Qohar, "Analisa Variasi Jenis Kampuh pada Pengelasan GMAW dengan Tipe Sambungan Butt Joint Alumunium 6063 Terhadap Kekuatan Tarik Kekerasan dan Struktur Mikro," M.S. thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2023.
- [7] S. Sulistyono and I. H. Shafly Kh., "Pengaruh Voltase dan Stick Out terhadap Cacat Permukaan Las MIG Butt Joint Aluminium 6063," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 293-398, 2024.
- [8] R. W. Lubis et al., "Analisis Pengaruh Variasi Logam Pengisi (Filler) Pada Proses Pengelasan GTAW Paduan Aluminium Terhadap Uji Kekerasan Dan Struktur Mikro," *Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 42-51, 2024.
- [9] M. S. Pranata, A. W. B. Santosa, and M. Iqbal, "Perbandingan Kekuatan Tarik dan Kekuatan Kekerasan Las GMAW dan GTAW Terhadap Material Aluminium 6061 Dengan Variasi Arus Pengelasan," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 1, pp. 59-69, 2020.
- [10] D. S. Pamuji et al., "Efek Parameter Pengelasan terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Aluminium AA6061 dengan Proses Friction Stir Welding," hal. 424-435.
- [11] A. Putra Pratama, "Pengaruh Variasi Waktu Tahan Pwht Hasil Pengelasan GMAW Al 6061-T6 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro," M.S. thesis, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2021.
- [12] Subkhan, M. F., & Mulyadi, M. Confirmation Experiment of Friction Stir Welding Process on Aluminum Alloy Aa-6061-T6561 on Tensile Strength and Weld Penetration: Eksperimen Konfirmasi Proses Friction Stir Welding pada Material Alumunium Alloy Aa-6061-T6561 Terhadap Kekuatan Tarik dan Penetrasi Las.

- [13] Setiawan, A. (2016). Penelitian Stainless Steel 304 Terhadap Pengaruh Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Untuk Variasi Arus 50 A, 100 A dan 160 A Dengan Uji Komposisi Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Uji Impact (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [14] Z. N. Jofalo And P. H. Tjahjanti, "Analisa Laju Penembusan Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Coating Aluminium Analysis Of Corrosion Breakdown Rate In Low Carbon Steel With Aluminum Coating," Vol. 1, No. 1, 2021.
- [15] T. Cahyono And P. H. Tjahjanti, "Analisa Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Pada Material Titanium (Ti-6al-4v)," No. 2, Pp. 1–13, 2024. [16] P. H. Tjahjanti, R. Firdaus, And A. N. Irfian, "Corrosion Protection Of Low Carbon Steel By Coating Of Graphene Oxide Nanoparticles And Galvanization Process," Vol. 12, No. 1, Pp. 20–27, 2022, Doi: 10.22052/Jns.2022.01.003.
- [16] W. Edi, and P. H. Tjahjanti. "Characterization of sansevieria fiber with NaOH alkalization to increase tensile strength." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 1104. No. 1. IOP Publishing, 2022.
- [17] Tjahjanti, P. H., Iswanto, I., Widodo, E., & Pamuji, S. (2023). Examination of Thermoplastic Polymers for Splicing and Bending. Nano Hybrids and Composites, 38, 87-97.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.