



Jurnal Artikel

Menentukan Varian Arus Pengelasan Plat (A36) Las SMAW Dengan Elektroda E7018

Firman Gunawan¹, Wilarso^{2*}, Hilman Sholih, Aswin Domodite³, Awang Surya⁴, Asep Dharmanto, Asep⁵ Saepudin

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi
Perum PT. SC, Jl. Angrek No. 25, Cileungsi, Bogor, Jawa-Barat-Indonesia 16820

*Corresponding author – Email: wilarso@sttmcileungsi.ac.id

Artikel Info - : Received: 21 Sept 2024; Revised: 26 Oct 2024; Accepted: 27 Oct 2024

Abstrak

Kekuatan hasil sambungan las dapat dipengaruhi oleh masukan panas, masukan panas yang baik akan mengakibatkan logam las berdifusi dengan baik atau tidak, sehingga akan berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan arus 100A, 120A, 140A Pengelasan Terhadap Kekuatan Uji Lengkung (Bending Test), Uji Kekerasan, dan Uji Makroskopik Las SMAW Dengan Elektroda E7018. Penelitian ini menggunakan bahan baja jenis A36 ketebalan 10 mm Bahan diberikan perlakuan pengelasan dengan variasi arus 100 Ampere, 120 Ampere, 140 Ampere dengan menggunakan las SMAW arus AC (*Alternating Current*) dengan elektroda E 7018 diameter 3,2 mm. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 70°. Spesimen dilakukan pengujian Lengkung (*Bending Test*), Uji Kekerasan, dan Uji Makroskopik. Pada hasil pengujian bending dengan metode face bending, Maka hasil uji bending yang dinyatakan memenuhi kriteria atau lulus kriteria adalah pada benda uji 100A, Sedangkan pada benda uji 120A dan 140A mengalami retak pada bagian weld metal, maka dinyatakan not good. Pada pengujian kekerasan vickers nilai kekerasan tertinggi pada daerah las terdapat pada arus 140A sebesar 202 Kg/mm², dan nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ terdapat pada arus 140A sebesar 142 Kg/mm², sedangkan nilai kekerasan pada material semua sama yakni 175 Kg/mm². Pada hasil pengujian macro maka dapat dilihat daerah weld metal, base metal, dan daerah HAZ. Pengujian macro pada arus 100A penetrasi antara weld metal dengan base metal terjadi cukup baik, sedangkan pada 120A dan 140A penetrasi yang terjadi kurang baik antara weld metal dengan base metal.

Kata Kunci: Arus, SMAW, Uji bending, Uji kekerasan, Uji macro, E7018.

Abstract

The strength of the welded joint can be affected by heat input, good heat input will cause the weld metal to diffuse well or not, so it will affect the strength of the welded joint. This study aims to determine the current of 100A, 120A, 140A Welding Against Bending Test Strength, Hardness Test, and Macroscopic Test of SMAW Welding with E7018 Electrodes. This study uses A36 steel type 10 mm thick the material is given welding treatment with variations of current 100 Amps, 120 Amps, 140 Amps using AC (Alternating Current) SMAW welding with E 7018 electrodes with a diameter of 3.2 mm. The type of weld used is a V weld with an angle of 70°. The specimens were tested for Bending Test, Hardness Test, and Macroscopic Test. In the bending test results with the face bending method, the bending test results that are stated to meet the criteria or pass the criteria are on the 100A test object, while the 120A and 140A test objects experience cracks in the weld metal section, so they are stated as not good. In the Vickers hardness test, the highest hardness value in the weld area is at a current of 140A of 202 Kg / mm², and the highest hardness value in the HAZ area is at a current of 140A of 142 Kg / mm², while the hardness value on all materials is the same, namely 175 Kg / mm². In the macro test results, the weld metal area, base metal, and HAZ area can be seen. In the macro test at a current of 100A, the penetration between the weld metal and the base metal is quite good, while at 120A and 140A the penetration that occurs is not good between the weld metal and the base metal

Keywords: Current, SMAW, Bending test, Hardness test, Macro test, E7018



1. Pendahuluan

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut [1]. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) [2].

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC) [3]. Mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik [4]. Mesin las arus DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif [5][6].

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las, bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik [7]. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam [8]. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan [9].

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik [10]. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las [11]. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 100 A, 120 A dan 140 A [12]. Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini mengambil judul: "Menentukan varian arus pengelasan plat (A36) las SMAW dengan elektroda E7018."

2. Metode

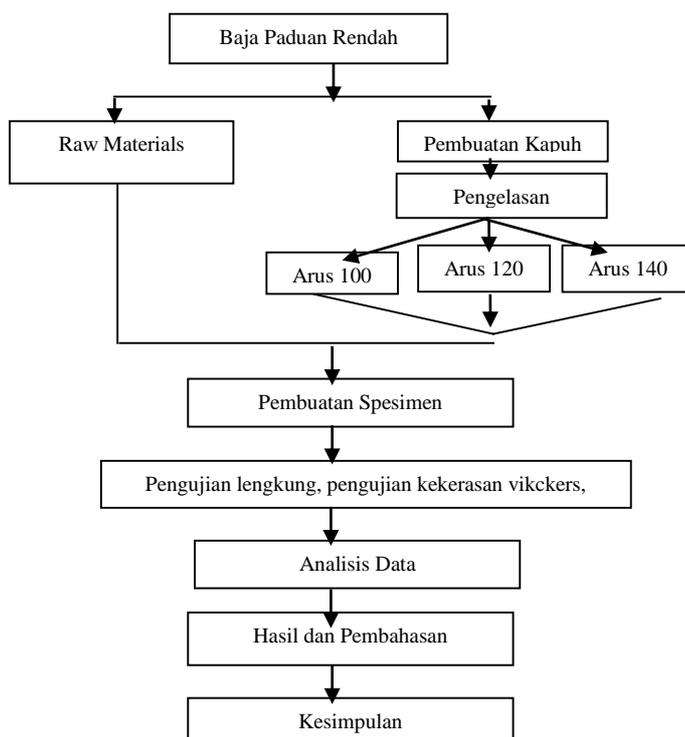
Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil

penelitian bisa untuk dipertanggung jawabkan secara ilmiah [13]. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh.

Eksperimen dilaksanakan dilaboratorium dengan kondisi dan peralatan yang diselesaikan guna memperoleh data tentang pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las SMAW dengan elektroda E7018.

Diagram Alir Penelitian

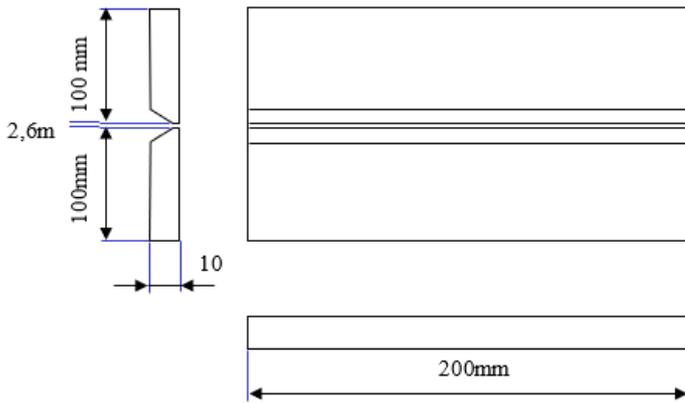
Uraian langkah-langkah diatas dapat dijabarkan ke dalam diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart penelitian.

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah plat baja karbon rendah
2. Ketebalan plat 10 mm
3. Elektroda yang digunakan adalah jenis E7018 dengan diameter 3,2 mm.
4. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi vertikal atau posisi 3G.
5. Arus pengelasan yang digunakan adalah 100 A, 120 A, 140 A.
6. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 2,6 mm, tinggi akar 2 mm dan sudut kampuh 70°.



Gambar 2. Dimensi benda uji.

Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei tahun 2022. Adapun pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Proses pengelasan dilakukan di Bengkel las SMK PRATAMA Gunung Putri Bogor.
2. Pembuatan bentuk spesimen benda uji dilakukan di Bengkel las SMK PRATAMA Gunung Putri Bogor.
3. Pengujian lengkung, kekerasan dan makroskopik dilakukan di Bengkel las SMKN 1 Gunung Putri – Bogor.

Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Bahan

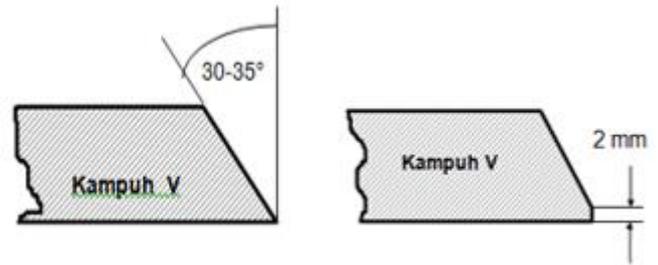
Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 100 mm, tebal 10 mm. Elektroda jenis E7018 dengan diameter 3,2 mm.

2. Persiapan Alat-alat untuk pengelasan

- a. Seperangkat Mesin las SMAW
- b. Mesin gerinda tangan
- c. Ragum
- d. Perlengkapan keselamatan kerja
- e. Mesin gergaji potong 14"
- f. Palu terak
- g. Sikat baja
- h. Tang penjepit

3. Pembuatan Kampuh V terbuka

Pembuatan kampuh V terbuka dengan menggunakan mesin gerinda tangan. Bahan yang telah dipersiapkan dipotong terlebih dahulu dengan menggunakan mesin gerinda potong, selanjutnya benda kerja dijepit pada ragum, dan gerinda pada salah satu sisi benda kerja sampai membentuk sudut 35°. Dengan menggunakan kikir pada sisi ujung benda kerja yang telah di gerinda dibuat *root face* dengan ukuran tinggi 2 mm.



Gambar 3. Kampuh V terbuka.

Proses Pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

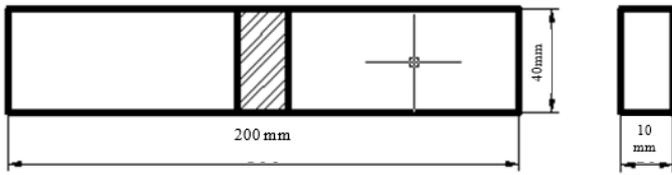
- a. Mempersiapkan mesin las SMAW AC.
- b. Mempersiapkan benda kerja yang sudah di setting pada meja las.
- c. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan vertikal atau 3G.
- d. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 70° , dengan lebar celah 2,6 mm.
- e. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat, dalam penelitian ini dipilih elektroda jenis E7018 dengan diameter elektroda 3,2 mm.
- f. Mengatur ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan Ampere diatur pada angka 100 A pada dimensi benda uji yang pertama, selanjutnya mulai dilakukan pengelasan pada spesimen.
- g. Mengatur ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan Ampere diatur pada angka 120 A pada dimensi benda uji yang kedua, selanjutnya mulai dilakukan pengelasan pada spesimen.
- h. Mengatur ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan Ampere diatur pada angka 140 A pada dimensi benda uji yang ketiga, selanjutnya mulai dilakukan pengelasan pada spesimen.

Pembuatan Bentuk Spesimen Menurut Standar ASTM E 290 dan ASTM A 956

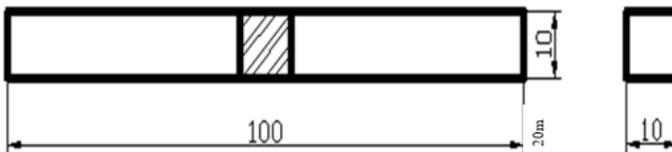
Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan spesimen adalah:

- a. Bahan dipotong-potong sehingga mendapat ukuran panjang 100 x 10 x 10 mm untuk uji kekerasan dan uji foto mikro sedangkan untuk uji lengkung panjang 200 x 40 x 10.
- b. Meratakan alur hasil pengelasan dengan menggunakan mesin gerinda tangan.

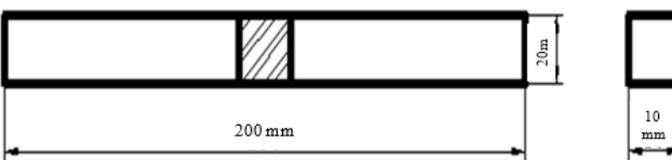
c. Bahan yang sudah terbentuk diratakan dan di rapihkan permukaannya dengan kikir selanjutnya di amplas.



Gambar 4. Spesimen uji lengkung.



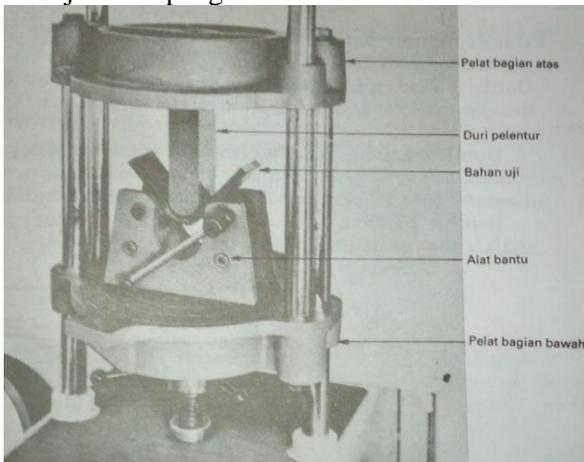
Gambar 5. Spesimen uji kekerasan.



Gambar 6. Spesimen uji foto makro.

Persiapan Alat-alat untuk pengujian

a) Alat uji lentur pengubah bentuk



Gambar 7. Mesin uji lentur pengubahan bentuk.

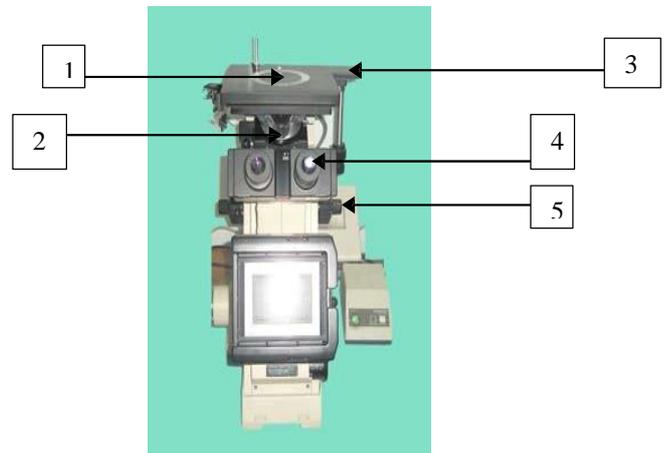
b) Alat uji kekerasan

Alat ini digunakan untuk menguji kekerasan (hardness tester) dari material Aluminium - Silikon hasil pengecoran yang telah melewati proses permesinan. Alat uji *Equotip 3* yang terdapat di Laboratorium PT. Caterpillar dapat dilihat pada gambar.



Gambar 8. Alat pengujian kekerasan vickers.

c) Alat uji makroskopik



Gambar 9. Mesin foto struktur makro.

Keterangan gambar:

- Landasan spesimen
- Lengan pengatur kedudukan
- Lensa untuk melihat
- Tuas pengatur pembesaran
- Tuas pengatur pembesar.

2 Hasil dan Pembahasan

Analisa Data

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa angka-angka [14].

Teknik analisis data menentukan arus pengelasan terhadap kekuatan uji lengkung, uji kekerasan, dan uji makroskopik las SMAW dengan elektroda E7018 berupa perbandingan presentase dan rata-rata antara data-data yang mengalami variasi arus pengelasan.

Hasil Pengujian Lengkung

Uji Lengkung Hasil Pengelasan Pada Arus 100A



Gambar 10. Hasil uji *bending* 100 A.

Berdasarkan Gambar 10 hasil uji *bending* 100A dengan metode *face bending*, tidak mengalami cacat. Maka hasil uji *bending* tersebut dinyatakan OK / lulus untuk pengujian *bending* dan kualitas pengelasannya dapat dikatakan baik.

Uji Lengkung Hasil Pengelasan Pada Arus 120A



Gambar 11. Hasil uji *bending* 120 A.

Pada Gambar 11 hasil uji *bending* 120A dengan metode *face bending*, mengalami cacat las retak pada daerah logam las. Maka hasil uji *bending* tersebut dinyatakan NOT OK / tidak lulus untuk pengujian *bending* dan kualitas pengelasannya dapat dikatakan kurang baik.

Uji lengkung hasil pengelasan pada arus 140A



Gambar 12. Hasil uji *bending* 140 A.

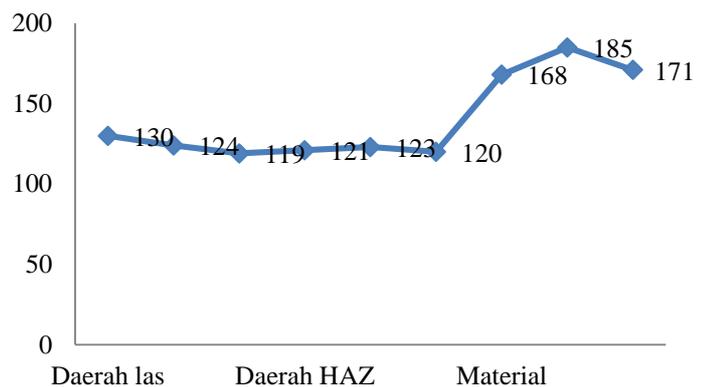
Pada Gambar 12 hasil uji *bending* 140A dengan metode *face bending*, mengalami cacat las retak pada daerah logam las. Maka hasil uji *bending* tersebut dinyatakan NOT OK / tidak lulus untuk pengujian *bending* dan kualitas pengelasannya dapat dikatakan kurang baik.

Hasil pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan menghasilkan data dari nilai kekerasan dari spesimen kelompok *raw materials* dan kelompok variasi arus pengelasan [15]. Nilai kekerasan dari setiap spesimen dimasukkan ke dalam tabel 1.

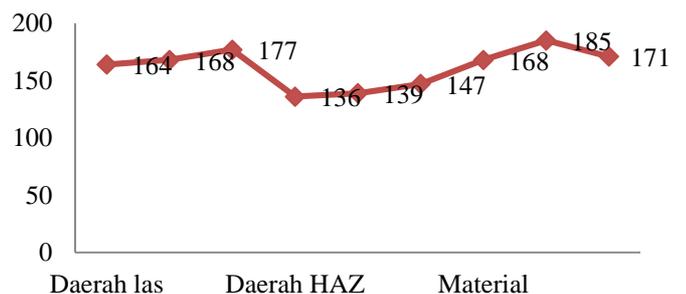
Tabel 1. Hasil uji kekerasan *vickers*

Sample	Hardness Vickers (HV)		
	Daerah Las	Daerah HAZ	Material
F1 100 A	130	121	168
	124	123	185
	119	120	171
Average	124	121	175
F2 120 A	164	136	168
	168	139	185
	177	147	171
Average	170	141	175
F3 140 A	202	150	168
	189	148	185
	214	127	171
Average	202	142	175



Gambar 13. Grafik pengujian kekerasan *vickers* arus 100 A.

Gambar 13 menunjukkan bahwa nilai 119, 124, dan 130 adalah nilai kekerasan untuk daerah logam las, nilai rata-ratanya adalah 124. Dan nilai 121, 123, dan 120 adalah nilai kekerasan pada daerah HAZ, nilai rata-ratanya adalah 121. Sedangkan nilai 168, 185, dan 171 adalah nilai kekerasan pada daerah material, nilai rata-ratanya adalah 175.



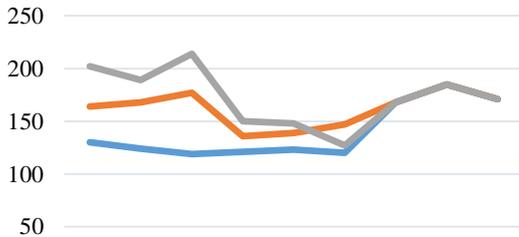
Gambar 14. Grafik pengujian kekerasan vickers arus 120 A.

Gambar 14 menunjukkan bahwa nilai 164, 168 dan 177 adalah nilai kekerasan untuk daerah logam las, nilai rata-ratanya adalah 170. Nilai 136, 139, dan 147 adalah nilai kekerasan pada daerah HAZ, nilai rata-ratanya adalah 141. Sedangkan nilai 168, 185, dan 171 adalah nilai kekerasan pada daerah material, nilai rata-ratanya adalah 175.



Gambar 15. Grafik pengujian kekerasan vickers Arus 140 A.

Gambar 15 menunjukkan bahwa nilai 202, 189, dan 214 adalah nilai kekerasan untuk daerah logam las, nilai rata-ratanya adalah 202. Dan nilai 150, 148, dan 127 adalah nilai kekerasan pada daerah HAZ, nilai rata-ratanya adalah 142. Sedangkan nilai 168, 185, dan 171 adalah nilai kekerasan pada daerah material, nilai rata-ratanya adalah 175.



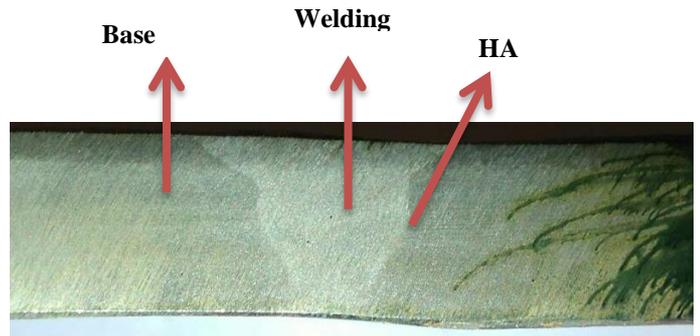
	Daerah las		Daerah HAZ			Material			
— Arus 100 A	130	124	119	121	123	120	168	185	171
— Arus 120 A	164	168	177	136	139	147	168	185	171
— Arus 140 A	202	189	214	150	148	127	168	185	171

Gambar 16. Grafik pengujian kekerasan vickers.

Gambar 16 merupakan gabungan nilai kekerasan vicker hasil pengelasan dengan variasi arus 100 A, 120 A, dan 140 A. Nilai kekerasan tertinggi pada daerah las terdapat pada arus 140 A, dan nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ terdapat pada arus 140 A, sedangkan nilai kekerasan pada material semua sama.

Hasil Pengujian Mikroskopik

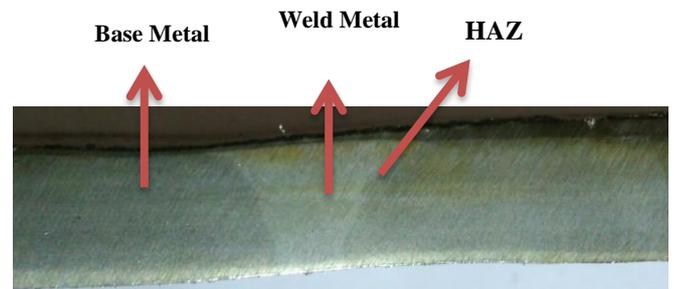
Uji Makroskopik Hasil Pengelasan Pada Arus 100 A



Gambar 17. Foto struktur makro hasil pengelasan pada arus 100 A.

Gambar 17 menunjukkan foto tersebut tampak bahwa leburan filler metal antar layer berlangsung dengan cukup baik, hal ini dikarenakan penetrasi antara base metal dan weld metal cukup rata.

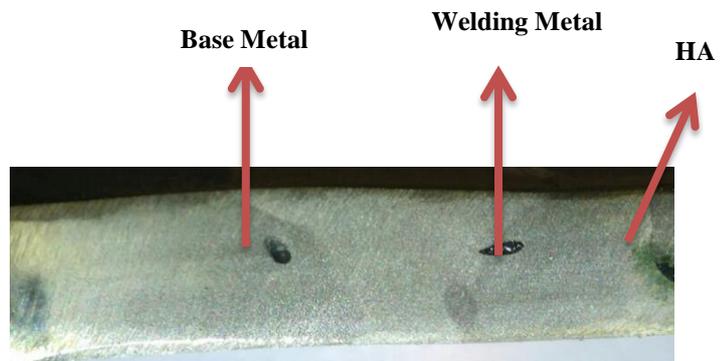
Uji Makroskopik Hasil Pengelasan Pada Arus 120 A



Gambar 18. Foto struktur makro hasil pengelasan pada arus 120 A.

Pada **Gambar 18** merupakan hasil foto makro arus 120 A penetrasi antara base metal dan weld metal di bagian kiri kurang sama dengan penetrasi di bagian kanan.

Uji Makroskopik Hasil Pengelasan Pada Metode 140 A



Gambar 19. Foto Struktur makro hasil pengelasan pada arus 140 A.

Untuk gambar 20 tampak jelas bahwa leburan antar layer tidak sempurna, hal ini disebabkan karena arus pada proses pengelasan yang besar, sehingga terjadi pelebaran di setiap layer-nya.

3 Kesimpulan

Dari hasil data di atas dapat disimpulkan penyebab dari kerusakan CDI pada motor Beat 110CC yaitu baterai yang sudah tidak berfungsi optimal karena tegangan yang diberikan ke CDI sudah melebihi 12V. Pada pengujian ke 2 ditemukan adanya overvoltage pada kiprok di arus pengisian ke baterai karena tegangan yang diberikan sudah melebihi 14V sedangkan tegangan maximum CDI ketika diberi arus pengisian ke baterai yaitu 14V. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat diatasi dengan mengganti kiprok yang original agar masa pakainya lebih lama dan tegangan yang diterima oleh baterai bisa lebih stabil. Karena baterai juga sudah tidak berfungsi optimal maka perlu dilakukan pergantian supaya tegangan yang diberikan ke CDI dapat stabil. Disarankan ketika kendaraan sudah mulai mengalami sedikit masalah segera dibawa ke bengkel atau ahlinya, agar kerusakan tersebut tidak menimbulkan masalah yang lebih serius.

References

- [1] A. Bakhori, "Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan," *Bul. Utama Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–21, 2017, doi: <https://doi.org/10.30743/but.v13i1.255>.
- [2] B. Yudianto, P. Wicaksana, J. Sudharto, K. UNDIP Tembalang, and J. Tengah, "Analisis Cacat Hasil Pengelasan Pada Pipa ASTM A106 Grade B Menggunakan Magnetic Particle Test dan Liquid Penetrant Test di Workshop Las dan Inspeksi PPSDM Migas Cepu," *J. ROTASI*, vol. 25, no. 2, pp. 54–60, 2023, doi: <https://doi.org/10.14710/rotasi.25.2.54-60>.
- [3] Miftahul Huda ST. MPD and F. Setiawan, "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh dan Kuat Arus dengan Las (Smaw) Pada Baja A36 Terhadap Sifat Mekanik," *J. Ilm. Tek. Mesin Umsida*, no. 2, pp. 1–9, 2016.
- [4] A. A. Soleh, H. Purwanto, and I. Syafa'at, "Analisa Pengaruh Kuat Arus Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Kekuatan Tarik Pada Baja Karbon Rendah Dengan Las Smaw Menggunakan Jenis Elektroda E7016," *J. Ilm. Cendekia Eksakta*, vol. 1, no. 2, pp. 29–35, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.3194/ce.v1i2.1721>.
- [5] A. Hamid, "Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan," *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 26–36, 2016, doi: [10.22441/jte.v7i1.813](https://doi.org/10.22441/jte.v7i1.813).
- [6] C. Johan, M. Pineng, and M. Pakiding, "Analisis Kekuatan Bending Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja ST 42 Menggunakan Pendingin Oli SAE 20W-50 Dengan Memvariasi Kuat Arus," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, p. 390, 2023, doi: [10.24014/jti.v9i1.22989](https://doi.org/10.24014/jti.v9i1.22989).
- [7] H. Firdaus, "Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tekan," *J. Media Teknol.*, vol. 8, no. 2, pp. 89–94, 2022, doi: [10.25157/jmt.v8i2.2666](https://doi.org/10.25157/jmt.v8i2.2666).
- [8] Y. Pratama, M. Basuki, D. Erifive Pranatal, and J. Teknik Perkapalan FTMK-ITATS Jl Arief Rachman Hakim, "Pada Material Baja Kapal Ss 400 Terhadap Cacat Pengelasan," *J. Sumberd. Bumi Berkelanjutan*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: <https://doi.org/10.31284/j.semitan.2020.1081>.
- [9] Z. Zulfadly and M. A. Ghony, "Variasi Ampere Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Dengan Posisi Down Hand," *Hexatech J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 01, pp. 39–50, 2022, doi: [10.55904/hexatech.v1i01.75](https://doi.org/10.55904/hexatech.v1i01.75).
- [10] Y. Hariyadi, "Analisis Variasi Arus Pada Hasil Pengelasan Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan ...," vol. 43, 2018, doi: <https://doi.org/10.31227/osf.io/7yqvr>.
- [11] Azwinur, A. Saputra Ismy, R. Nanda, and Ferdiansyah, "Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050," *J. Weld. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v2i1.1833>.
- [12] E. Tarigan, A. Sebayang, L. Tarigan, and F. Fahmi Hassan, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik Material Baja Hardox Steel 450 dengan Mild Steel pada Pengelasan SMAW," *J. Pendidik. Tambusa*, vol. 7, no. 2, pp. 3708–3715, 2023, doi: <https://doi.org/10.31004/jptam.v7i2.6265>.
- [13] M. Waruwu, "Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, no. 1, pp. 2896–2910, 2023, doi: <https://doi.org/10.31004/jptam.v7i1.6187>.
- [14] S. T. A. Lekatompessy, "Pengaruh Variasi Parameter Pengelasan Terhadap Kualitas Hasil Pengelasan," *ALE Proceeding*, vol. 2, no. April, pp. 6–8, 2021, doi: [10.30598/ale.2.2019.6-8](https://doi.org/10.30598/ale.2.2019.6-8).
- [15] Rirismarangi S, Syamsuar, and Sumardi, "Pengaruh variasi arus pengelasan GTAW terhadap sifat mekanik material St 37 (The effect of GTAW welding current variations on the mechanical properties of the Material St 37)," *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–25, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v1i1.1455>.