

ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS 60A DAN 110A PADA LAS SMAW TERHADAP KEKURANGAN LAS, KERASAN, DAN KEKUATAN BAHAN BESI KARBON ST 60

(Analysis Of The Effects Of 60a And 110a Current Variations In Smaw Welding On Weld Defects, Hardness, And Toughness Of St 60 Carbon Steel)

Budi Santoso¹, dan Titiek Deasy Saptaryani²

¹Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Purbaya

²Program Studi Sarjana Teknik Mekatronika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bima Sakapenta

Corresponding Author: ubisatitiekds@gmail.com

Article Info

Page :
92 – 100

Submission Date:
16 / Desember / 2025

Accepted Date:
21 / Desember / 2025

Published Date:
31 / Desember / 2025

Keywords: smaw, st 60 steel, dye liquid penetrant, hardness, impact toughness

ABSTRACT

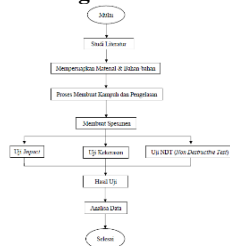
Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is widely used in steel construction, where welding current variation strongly affects weld quality, surface defects, and mechanical performance. This study examines the influence of 60A and 110A currents on weld defects, hardness, and impact toughness of ST 60 carbon steel. The methodology includes welding specimens with both current levels, evaluating surface defects using dye penetrant testing, measuring Brinell hardness in the base metal, weld metal, and heat-affected zone (HAZ), and conducting Charpy impact tests. Penetrant results show that 60A produces dominant defects such as excessive spatter and porosity, while 110A generates excessive spatter with one porosity indication. The average weld metal hardness increases from 151.67 HB at 60A to 164 HB at 110A, indicating that higher heat input promotes the formation of a harder microstructure. In contrast, impact toughness decreases from 0.91 J/mm² (60A) to 0.53 J/mm² (110A), demonstrating an inverse relationship between hardness and absorbed energy. Overall, low current triggers porosity due to rapid solidification, whereas high current increases spatter and reduces toughness through microstructural modification. These results emphasize the need for optimal current selection to minimize defects and obtain balanced mechanical properties in ST 60 steel welds.

EMAIL

¹budis0955@gmail.com
²ubisatitiekds@gmail.com

Kata kunci: smaw, baja st 60, dye liquid penetrant, kekerasan, impak

Main Figure



ABSTRAK

Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) banyak digunakan pada konstruksi baja, dimana variasi arus listrik sangat memengaruhi kualitas sambungan, cacat permukaan, serta sifat mekanik hasil las. Penelitian ini menganalisis pengaruh arus 60A dan 110A pada pengelasan baja karbon ST 60 terhadap cacat las, kekerasan, dan ketangguhan impak. Metode penelitian mencakup pengelasan variasi arus 60A dan 110A, inspeksi cacat menggunakan uji dye penetrant, uji kekerasan Brinell pada logam induk, logam las, dan HAZ, serta uji impak Charpy. Hasil uji penetran menunjukkan bahwa arus 60A menghasilkan cacat dominan berupa over spatter dan porosity, sedangkan arus 110A memunculkan over spatter dan satu indikasi porosity. Nilai rata-rata kekerasan pada daerah weld metal meningkat dari 151,67 HB (60A) menjadi 164 HB (110A), menunjukkan pengaruh heat input terhadap pembentukan mikrostruktur yang lebih keras. Sebaliknya, nilai ketangguhan menurun signifikan dari 0,91 J/mm² (60A) menjadi 0,53 J/mm² (110A), menggambarkan hubungan terbalik antara peningkatan kekerasan dan penurunan energi serap impak. Secara keseluruhan,

	<p>variasi arus yang terlalu rendah meningkatkan risiko porosity akibat pembekuan cepat, sedangkan arus terlalu tinggi meningkatkan spatter dan menurunkan ketangguhan akibat perubahan struktur mikro. Penelitian ini menegaskan bahwa pemilihan arus optimal diperlukan untuk meminimalkan cacat dan memperoleh karakteristik mekanik sambungan yang seimbang pada baja karbon ST 60.</p>
--	---

PENDAHULUAN

Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) merupakan salah satu proses penyambungan logam yang paling banyak digunakan karena fleksibilitas, kemudahan aplikasi, dan kemampuan operasional pada berbagai posisi pengelasan [1]. Kualitas sambungan pada proses SMAW sangat dipengaruhi oleh parameter arus listrik, yang menentukan besar kecilnya masukan panas (heat input) selama pembentukan sambungan [2]. Panas pada SMAW dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dan logam dasar yang kemudian melelehkan logam untuk membentuk kolam las (3). Arus pengelasan berpengaruh langsung terhadap stabilitas busur, penetrasi, dan kualitas hasil las (4). Variasi arus juga dapat mengubah struktur mikro dan sifat mekanik seperti kekerasan, ketangguhan, kekuatan tarik, serta potensi cacat las [5].

Baja karbon ST 60 tergolong baja karbon menengah dengan kekuatan tarik tinggi, banyak digunakan pada struktur bangunan dan komponen mesin karena sifat kekuatan, keuletan, dan kemampuan las yang baik [6] [7]. Variasi arus pengelasan berpengaruh terhadap perubahan struktur mikro pada logam las dan Heat Affected Zone (HAZ), yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan sifat mekanik [4]. Struktur mikro yang terbentuk selama pendinginan berkontribusi langsung pada nilai kekerasan maupun ketangguhan [6]. Arus terlalu rendah dapat menyebabkan penetrasi tidak sempurna, peleburan kurang, dan busur tidak stabil [3]. Sebaliknya, arus terlalu tinggi menyebabkan pelebaran HAZ, pertumbuhan butir, dan penurunan ketangguhan sambungan las [4] [8].

Variasi arus juga mempengaruhi ukuran kolam las, penetrasi, dan potensi cacat seperti porosity, incomplete fusion, undercut, dan retak termal [10]. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan arus meningkatkan masukan panas yang memengaruhi mikrostruktur logam las dan sifat mekanik seperti kekerasan dan dampak [9]. Besarnya arus juga menentukan jenis cacat internal dan eksternal yang dapat terdeteksi melalui metode NDT seperti dye penetrant, ultrasonic, dan radiografi [10] [11]. Cacat-cacat tersebut sangat berpengaruh terhadap integritas sambungan karena menurunkan ketahanan beban dinamis, ketahanan patah, dan umur pakai komponen. Faktor lain seperti kualitas elektroda dan teknik pengelasan turut menentukan terbentuknya cacat [12].

Evaluasi sifat mekanik hasil pengelasan umumnya menggunakan uji kekerasan dan dampak, yang merepresentasikan kemampuan material menahan deformasi lokal dan menyerap energi sebelum patah [13]. Uji kekerasan memberikan gambaran perubahan struktur mikro pada daerah las dan HAZ, sedangkan uji dampak menilai ketangguhan material terhadap beban kejut [14]. Variasi arus telah terbukti memengaruhi nilai kekerasan dan dampak pada berbagai jenis baja seperti ST 37, ST 40, dan SS400 [1] [9] [15]. Arus tinggi meningkatkan kekerasan akibat perubahan fasa, namun menurunkan ketangguhan karena pertumbuhan butir kasar [2]. Masukan panas tinggi menyebabkan mikrostruktur kasar sehingga berdampak negatif pada nilai dampak [14]. Variasi arus juga mengubah distribusi kekerasan pada logam las dan HAZ melalui pembentukan fasa martensit atau bainit pada energi panas tinggi [6]. Selain itu, parameter arus memengaruhi geometri kampuh dan penetrasi, yang dapat menghasilkan cacat internal sulit terdeteksi tanpa NDT [16]. Laju pendinginan akibat variasi arus turut menentukan sifat mekanik sambungan las [17].

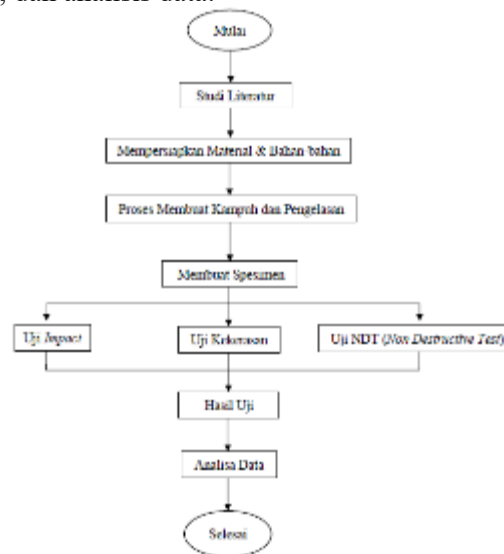
Kualitas hasil las baja karbon sangat terkait dengan kemampuan elektroda menghasilkan struktur stabil dan kemampuan logam dasar mempertahankan struktur ferit-perlit setelah pendinginan [12]. Bentuk kampuh dan variasi termal berpengaruh besar terhadap nilai dampak sambungan baja karbon [18]. Variasi arus berpengaruh langsung terhadap kekuatan tarik dan kekerasan baja ST 60 [7]. Meski demikian, penelitian mengenai pengaruh arus 60A dan 110A pada pengelasan SMAW baja ST 60 masih terbatas [19]. Mengingat material ini banyak digunakan pada struktur teknik yang

membutuhkan kekuatan dan ketangguhan optimal, analisis kekerasan dan nilai dampak penting dilakukan untuk menilai keandalan sambungan las [8].

Berdasarkan kajian literatur tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi arus 60A dan 110A pada proses pengelasan SMAW terhadap pembentukan cacat las, distribusi kekerasan, dan ketangguhan dampak baja karbon ST 60. Hasil analisis diharapkan memberikan kontribusi ilmiah terkait pengendalian parameter arus guna mencapai sambungan las berkualitas optimum dalam proses fabrikasi dan konstruksi berbasis baja ST 60.

METODE

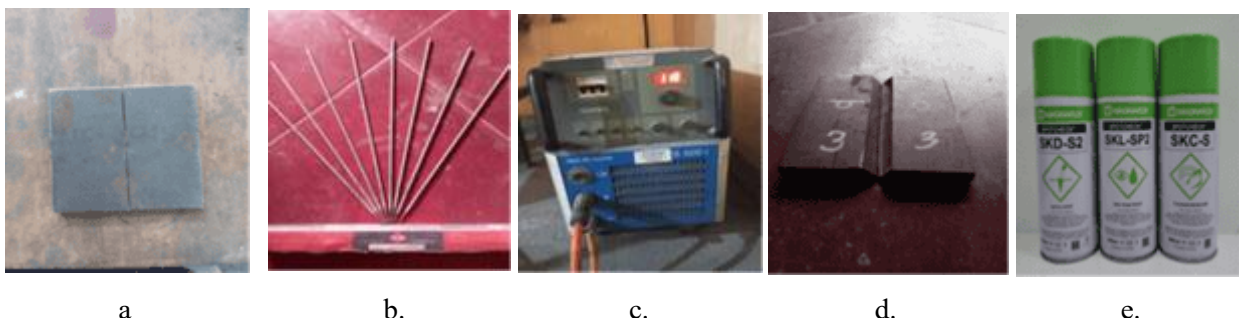
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan 60A dan 110A terhadap cacat las, nilai kekerasan, dan ketangguhan (dampak) pada baja karbon ST 60 menggunakan proses Shielded Metal Arc Welding (SMAW) [4]. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, persiapan material, proses pengelasan, preparasi spesimen, pengujian kekerasan, pengujian dampak, dan analisis data.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

1. Persiapan peralatan dan material

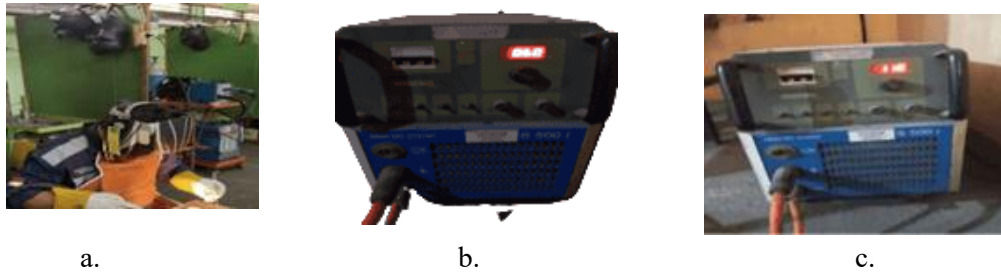
Material yang digunakan adalah baja ST 60 berbentuk pelat berukuran $100 \times 50 \times 10$ mm (Gambar 2a), termasuk kategori baja karbon menengah [6]. Elektroda yang digunakan adalah E6013 berdiameter 3,2 mm (Gambar 2b), dan proses pengelasan dilakukan menggunakan mesin SMAW tipe AC–DC (Gambar 2c) untuk menjaga kestabilan arus [4]. Peralatan pendukung meliputi gerinda tangan, mesin potong abrasif, *Brinell Hardness Tester* (indenter 10 mm, beban 500 kgf), mesin uji dampak Charpy kapasitas 100 J, serta perangkat *Visual Test* dan *Dye Penetrant Test* (*cleaner*, *penetrant* merah, dan *developer* putih) (Gambar 2e). Material terlebih dahulu dibuat kampuh V dengan sudut 70° menggunakan gerinda (Gambar 2d).



Gambar 2. a) material ST60 ; b)elektroda; c) mesin las SMAW; d)ST60 dengan kampuh 70° ; e) *Dye Penetrant Test*

2. Prosedur Pengelasan

Material baja ST 60 dengan kampuh V 70° dibersihkan dari karat, minyak, dan kontaminan permukaan untuk memastikan kualitas busur dan penetrasi las yang baik [4]. Pengelasan dilakukan menggunakan metode SMAW posisi 2F dengan dua variasi arus, yaitu 60A dan 110A, yang dipilih untuk merepresentasikan arus rendah dan arus tinggi pada peleburan elektroda E6013 [3], seperti terlihat pada gambar 3.

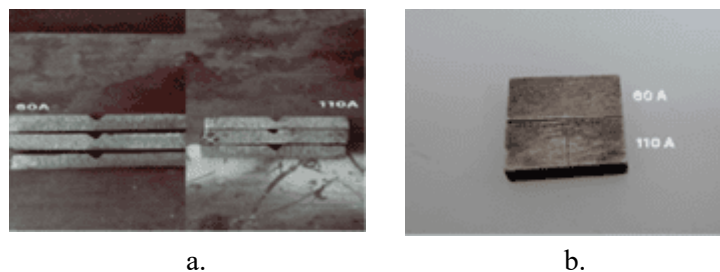


Gambar 3. a)Proses pengelasan; b)setting arus 60A; c)setting arus 110A

Setiap spesimen dilas menggunakan dengan kecepatan pengelasan yang dijaga konstan untuk meminimalkan variabilitas *heat input* [4]. Setelah pengelasan, slag dibersihkan dan spesimen dibiarkan mendingin pada suhu ruang tanpa perlakuan panas tambahan untuk mempertahankan struktur mikro hasil las sebagaimana terbentuk akibat variasi arus.

3. Preparasi Spesimen Uji

Spesimen dipotong sesuai standar ASTM E23/JIS Z 2243 untuk uji impak ($10 \times 10 \times 55$ mm) (Gambar 4a) dan ASTM E18 untuk uji kekerasan (20×20 mm) (Gambar 4b). Area pengujian meliputi weld metal, HAZ, dan base metal agar distribusi sifat mekanik dapat dibandingkan untuk kedua variasi arus.



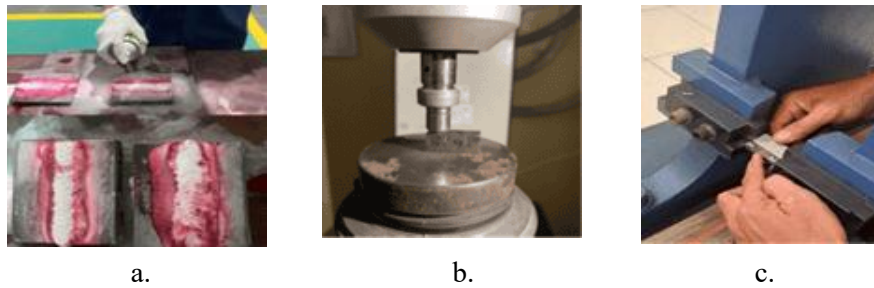
Gambar 4. Specimen a)uji impak; b)uji kekerasan

4. Pengujian Cacat Las

Cacat dianalisis menggunakan:

- Visual Test (VT)** untuk mendeteksi undercut, spatter, porosity, dan ketidakteraturan permukaan.
- Dye Penetrant Test (PT)** untuk mendeteksi retak halus dan porositas permukaan sesuai ASME V (20).

Prosedur PT dimulai dengan pembersihan permukaan menggunakan cleaner, penyemprotan penetrant merah dan waktu penetrasi 15–30 menit, pembersihan kembali, dan penyemprotan developer untuk menampilkan indikasi cacat (Gambar 5a).



Gambar 5. Proses Uji; a) *dye liquid penetrant*; b) kekerasan; c) dampak

5. Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan menggunakan metode Brinell pada gambar 5b yang sesuai untuk baja karbon menengah. Spesimen diuji pada tiga titik: logam las, HAZ, dan logam dasar untuk mendapatkan distribusi kekerasan akibat pengaruh panas pengelasan. Nilai kekerasan dicatat dan dibandingkan pada las arus 60A dan 110A untuk melihat efek variasi *heat input* [4].

6. Pengujian Impak

Uji ketangguhan dilakukan menggunakan metode *Charpy V-notch* sesuai ASTM E23 (Gambar 5c). Takik berbentuk V dibuat pada daerah HAZ karena daerah ini paling rentan terhadap perubahan termal. Energi serap dari pukulan pendulum dicatat untuk setiap spesimen, kemudian dibandingkan antara arus 60A dan 110A untuk menentukan pengaruh variasi arus terhadap ketangguhan material [4].

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil Uji kekerasan Baja ST 60 terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan Baja ST 60 (HB)

No	Daerah Uji	Logam Induk 60A	Logam Induk 110A	Daerah Las 60A	Daerah Las 110A	HAZ 60A	HAZ 110A
1	Titik 1	127	128	149	158	141	149
2	Titik 2	131	130	155	164	145	143
3	Titik 3	128	127	151	170	143	143
	Rata-rata	128,67 HB	128,33 HB	151,67 HB	164 HB	143 HB	145 HB

Dari table 1 terlihat bahwa rata-rata kekerasan logam induk (*base metal*) tetap stabil dengan nilai 128,67 HB (60A) dan 128,33 HB (110A), artinya logam induk tidak terpengaruh signifikan oleh variasi arus karena tidak mengalami siklus panas langsung, tidak cair dan pendinginan alami tidak membentuk struktur baru [4].

Pada daerah las (*weld metal/WM*) terjadi kenaikan kekerasan cukup signifikan $\pm 8\%$ dari 151,67 HB (60A) dan 164 HB (110A), hal ini menunjukkan *heat input* lebih besar, waktu cair-beku lebih lama dan pembentukan struktur mikro lebih keras. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa kenaikan arus SMAW pada baja ST 60 meningkatkan nilai kekerasan *weld metal* karena pendinginan tidak merata dan peningkatan *heat input* menyebabkan pembentukan struktur pearlite lebih besar serta potensi *martensitic spot* (21). Kekerasan WM meningkat signifikan pada arus 100–120A akibat peningkatan ketebalan *bead* dan perubahan fasa selama solidifikasi. Sementara arus tinggi memperlebar HAZ dan meningkatkan kekerasan WM melalui pertumbuhan fasa pearlite–ferrite yang lebih rapat [21].

Sedangkan daerah HAZ (*heat affected zone*) terjadi peningkatan kecil pada nilai kekerasan yaitu **143 (60A)** dan **145 HB (110A)**, artinya bahwa HAZ tetap menjadi zona paling sensitif secara termal, namun perubahan kekerasan tidak sebesar WM. Hal ini disebabkan HAZ terkena siklus

termal sebagian, tidak seperti WM. Perubahan mikrostruktur lokal seperti butir memanjang juga dapat menyebabkan sedikit kenaikan kekerasan. HAZ di perkeras oleh rekristalisasi local dan pertumbuhan butir. Perubahan antara arus rendah dan tinggi tidak terlalu besar karena HAZ sebagian besar masih sesuai komposisi asli WM.

2. Hasil Pengujian Impak

Data hasil uji ketangguhan impak untuk variasi arus 60A dan 110A ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Kekuatan Impak

No	Variasi Arus	Nilai Impak (J/mm ²)	Rata-rata
1	60A	0,88 – 1,15 – 0,70	0,91
2	110A	0,54 – 0,39 – 0,65	0,53

Berdasarkan tabel 2 terlihat pada arus pengelasan 60A menghasilkan ketangguhan lebih tinggi sebesar 0,91 J/mm² dibandingkan pada arus pengelasan 110A yaitu 0,53 J/mm².

Pada arus rendah pendinginan lebih cepat sehingga struktur mikro menjadi lebih halus dengan fraksi perlit lebih kecil, struktur mikro halus sehingga mampu menyerap energi sebelum patah, sesuai hasil penelitian menyatakan bahwa pendinginan cepat menghasilkan *toughness* lebih tinggi [19]. Terbukti bahwa nilai impak baja karbon meningkat pada input panas rendah [2].

Pada arus tinggi, masukan panas lebih besar menyebabkan daerah HAZ melebar dan pendinginan lambat menimbulkan butiran perlit lebih besar dan kasar sehingga *toughness* menurun. *Heat input* tinggi menurunkan nilai impak baja karbon karena pembentukan butir kasar di HAZ dimana HAZ mendominasi sifat ketangguhan, dan masukan panas tinggi memperburuk sifat impak [22] [13]. Sedangkan penurunan *toughness* terjadi pada masukan panas tinggi [2].

Hasil uji pada tabel 1 dan tabel 2 memiliki kaitan yang erat dimana variasi arus berpengaruh pada nilai keduanya, terjadi hubungan terbalik yaitu hasil kekerasan tinggi maka ketangguhan rendah di setiap titik uji. Fenomena ini sesuai teori [6] dan diperkuat oleh hasil penelitian pada baja karbon las SMAW [2]. Peningkatan kekerasan umumnya diikuti penurunan ketangguhan karena material menjadi lebih rapuh akibat penghalusan butir atau fasa yang lebih keras seperti martensit atau perlit padat. Apabila kekerasan tinggi terjadi dislokasi sulit menyebabkan retak lebih mudah inisiasi sehingga energi impak menurun. Sebaliknya kekerasan rendah menjadikan struktur material lebih ulet menyebabkan energi impak lebih tinggi. Artinya perubahan masukan panas (akibat variasi arus pengelasan) akan memengaruhi mikrostruktur dan secara langsung memengaruhi kekerasan (HB) dan nilai impak (J/mm²) dengan arah perubahan yang berlawanan.

3. Hasil Pengujian Dye Liquid Penetrant

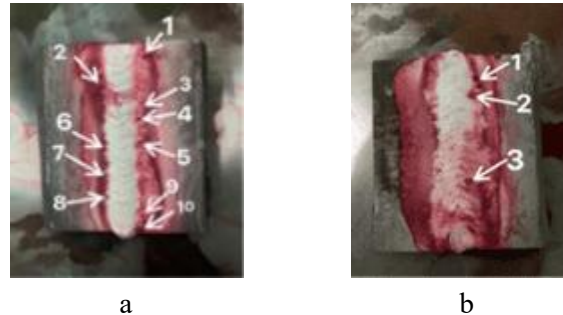
Hasil uji NDT *Dye Liquid Penetrant* pada arus 60A dan 110A terlihat pada gambar 6. Uji *liquid penetrant* bertujuan mengidentifikasi cacat permukaan pada logam hasil pengelasan. Pada gambar 6a) arus 60 A, pola cacat yang muncul menunjukkan indikasi bahwa panas input terlalu rendah, sehingga banyak terjadi ketidakstabilan pencairan logam dan ketidakmerataan fusi [11].

Terdapat 6 titik cacat *overspatter* pada nomor 1 (2,20 mm), 2 (3,20 mm), 4 (1,60 mm), 8 (1,50 mm), 9 (1,20 mm) dan 10 (2,10 mm). *Over spatter* terjadi karena logam cair terlontar dari kolam las akibat busur tidak stabil. Dengan Arus 60 A tergolong panas rendah untuk elektroda yang umum dipakai (E6013), sehingga cekungan las tidak cukup cair maka terjadi percikan beku (*spatter*), panjang busur cenderung tidak stabil dan elektrode mudah menempel sehingga pengelasan menjadi putus-putus. cacat *over spatter* dominan yang tersebar di sepanjang permukaan las, menggambarkan ketidakstabilan busur yang umum terjadi pada pengelasan SMAW dengan arus rendah [9].

Cacat *over spatter* pada arus rendah dapat disebabkan oleh transfer logam cair yang tidak stabil akibat kurangnya panas input sehingga tetesan logam tidak mengalir mulus ke kolam las [21].

Pada arus 60A muncul 1 titik cacat *undercut* (3; 1,5mm) yaitu lekukan pada tepi sambungan akibat *base metal* tergerus tetapi tidak terisi oleh logam las. Hal ini diakibatkan arus rendah, proses pengelasan dengan electrode terlalu miring atau operator menahan busur terlalu lama pada tepi. *Undercut* sangat kritis karena menyebabkan konsentrasi tegangan dan menurunkan kekuatan sambungan. Walaupun ukurannya kecil, tetap merupakan cacat struktural yang harus dihindari [11].

Cacat porosity terlihat 3 titik pada 6a) yaitu nomor 5, 6 dan 7. Porosity mengindikasikan perangkap gas dalam logam las akibat Arus 60 A terlalu rendah sehingga kolam las cepat membeku menyebabkan gas belum sempat keluar. Kebersihan permukaan sebelum las kurang optimal seperti minyak, karat, cat; Kelembaban elektroda (flux basah) dan panjang busur terlalu Panjang sehingga banyak oksigen masuk ke kolam las (14). Karakteristik cacat pada arus rendah menjelaskan bahwa arus terlalu kecil menyebabkan fluktuasi busur dan kecepatan pendinginan tinggi sehingga potensi cacat permukaan meningkat [2].



Gambar 6. Hasil uji *dye liquid penetrant* pada arus; a)60A; b)110A

Pada pengelasan dengan arus 110 A, hasil uji menunjukkan tiga jenis cacat dengan ukuran berbeda. Terlihat Cacat *Over Spatter* pada nomor 1 (2,20 mm) dan nomor 3 (1,2mm) disebabkan oleh tingginya panas busur listrik, sehingga logam las lebih mudah menciprat keluar dari kolam las. Arus yang terlalu besar meningkatkan turbulensi kolam las dan mempercepat pemindahan logam cair (*droplet transfer*), menyebabkan percikan berlebih. Kelebihan panas juga dapat disebabkan oleh elektroda terlalu dekat atau kecepatan pengelasan yang terlalu cepat [21].

Porosity terlihat pada nomor 2 di gambar 6b dengan bentuk warna membulat dan terisolasi. Pada arus 110A, panas busur lebih tinggi sehingga kolam las menjadi lebih cair dan gas mudah terbentuk. Apabila kecepatan pengelasan terlalu cepat, kontaminasi permukaan (minyak, karat, cat), atau kelembaban elektroda, maka gas tidak sempat keluar sebelum solidifikasi sehingga terjadi cacat porosity [21]. Peningkatan arus akan meningkatkan risiko cacat permukaan karena kolam las menjadi sangat fluida dan sulit dikendalikan [21].

Jika dibandingkan, arus 60A menghasilkan lebih banyak porosity dibanding arus 110A, memperlihatkan bahwa arus rendah lebih rentan menghasilkan *gas trap* karena pembekuan kolam las lebih cepat [14]. Jumlah dan jenis cacat pada kedua arus menunjukkan bahwa baik arus terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat menghasilkan cacat permukaan yang signifikan tergantung parameter arus dengan stabilitas busur SMAW [2]. Hasil pada penelitian ini juga memperkuat temuan pada literatur bahwa variasi arus memengaruhi jenis dan intensitas cacat yang muncul, sehingga penentuan parameter pengelasan harus mempertimbangkan keseimbangan antara stabilitas busur, heat input, dan karakteristik metalurgi [6].

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan SMAW pada baja karbon ST 60 berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik dan kualitas permukaan sambungan las yang ditinjau dari kekerasan, ketangguhan impact, dan cacat las. Peningkatan arus dari 60A ke 110A meningkatkan nilai kekerasan pada logam las dan HAZ akibat masukan panas yang lebih besar dan perubahan struktur mikro. Namun, peningkatan kekerasan tersebut diikuti oleh penurunan nilai ketangguhan impact, yang menunjukkan hubungan berlawanan antara kekerasan dan kemampuan menyerap energi kejut. Hasil uji dye penetrant menunjukkan bahwa arus 60A menghasilkan cacat berupa over spatter dan porosity yang lebih jelas, sedangkan arus 110A menunjukkan cacat yang lebih sedikit namun masih didominasi over spatter. Secara keseluruhan, arus 60A dinilai lebih optimal karena mampu menjaga keseimbangan antara kekerasan, ketangguhan impact, dan kualitas sambungan las.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azwinur, Muhazir, “Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan Smaw Terhadap Sifat Mekanik Material SS400”. Jurnal Polimesin. 2019;17(1).
- [2]. Afandi E, Yanti Sari D, Nurdin H, Rahim B, “Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Smaw Terhadap kekuatan Uji Impak Pada Sambungan baja Karbon ST 42”, 2022 ;4(1); [Http://Vomek.Ppj.Unp.Ac.Id](http://Vomek.Ppj.Unp.Ac.Id)
- [3]. American Welding Society, “Structural Welding Code - Steel : Aws D1.1/D1.1m”, Amer Welding Society; 2015.
- [4]. Jenney Cl, O'brien A, “Welding Handbook Ninth Edition Welding Science And Technology Prepared Under The Direction Of The Welding Handbook Committee.
- [5]. Gunawan F, Sholih H, Domodite A, Surya A, Dharmanto A, “Menentukan Varian Arus Pengelasan Plat (A36) Las Smaw Dengan Elektroda E7018”, Metalik : Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik, Vol. 3. 2024.
- [6]. Callister Wd, “Materials Science And Engineering: An Introduction”, John Wiley & Sons; 2006.
- [7]. Sulaiman M, Pradani YF, Bahtiar I, “ Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 60”, Journal of Mechanical and Electrical Technology Vol. 1 No. 2, Mei 2022.
- [8]. Zulfaldy, M. Ghony Ma, “Variasi Ampere Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Dengan Posisi Down Hand”, Hexatech; Jurnal Ilmiah Teknik , Vol. 1 Februari 2022.
- [9]. Gusniar IN, Juhri A, Viktor N, , “Pengaruh Variasi Arus dan Posisi Pengelasan SMAW terhadap Sifat Mekanik Baja ST 37”, Jurnal Teknik Mesin, Vol 14 No.2 2021.
- [10]. Lalitha G, Showry Kb, “Experimental Study On Non Destructive Testing Techniques (Ndt)”, International Journal Of Engineering Research And General Science, Volume 3, Issue 1, January-February, 2015
- [11]. Kedarnath G, Phani K, Kumar Sahu R, Kantharaju B, “Fatigue Surface Crack Detection By Using Fluorescent Dye Pentrant Test Technique On Welded Engineering Service Components”, International Research Journal Of Engineering And Technology. 2017.
- [12]. Anggaretno Gita, Rochani I, Supomi H, “Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi FeCl3“, Jurnal Teknik ITS, Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012).
- [13]. Handoyo Y, “Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule”, Vol. 1, Jurnal Imiah Teknik Mesin, Vol. 1 No. 2, Agustus 2013.
- [14]. Jalil SA, Zulkifli, Rahayu T, “Analisa Kekuatan Impak Pada Penyambungan Pengelasan Smaw Material Assab 705 Dengan Variasi Arus Pengelasan”, Jurnal Polimesin, Volume 15, Nomor 2, Agustus 2017
- [15]. Laksono EN, Wibawa A, Santosa B, Jokosisworo S, “Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja ST 40 Akibat Pengelasan Flux-Cored Arc Welding (FCAW) Dengan Variasi Suhu Normalizing”, Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 8, No. 4 Oktober 2020.
- [16]. Hakim AR, Imran, “Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Hasil Pengelasan Smaw Pada Stainless Steel 304 Menggunakan Pengujian Ultrasonic Dan Kekuatan Tarik”, Jurnal Polimesin Vol. 18, Nomor 1, Februari 2020.
- [17]. Djoko Suprijanto, “Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Bending Las Sudut Smaw Posisi Mendatar Pada Baja Karbon Rendah”, Seminar Nasional Ke8 Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi, 14 Desember 2013.

-
- [18]. Rohman R, Lesmanah U, Basjir M, “ Pengaruh2variasi2kampuh2pada2pengelasan2smaw Terhadap2kekuatan2impact2sambungan2butt.,Joint”, Jurusan Teknik, Universitas Islam Malang.
- [19]. ASME, “Article 6; Liquid Penetrant Examination”, 2011a SECTION V.
- [20]. Pamungkas I, Mulyaningsih N, Suharno K., “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon SS400”, Jurnal Mer-C No.2, Vol.2, 2019.
- [21]. Pambudi F, Athallah H, Abizar H, Yhuto AW, “Analisis Pengujian Non Destructive Test Terhadap Hasil Cacat Las Smaw Menggunakan Metode Visual Test”, Seminar Nasional Kependidikan FKIP UST, Vol. 1, No. 1, Tahun 2022.Nenabais F, Fatimah F, Kamu VS. Karakteristik Terasi Jeroan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) Berdasarkan Hasil Uji Organoleptik. *J Ilm SAINS* 2018;18:25. <https://doi.org/10.35799/jis.18.1.2018.19357>.
- [22]. Thariq AS, Swastawati F, Surti T. Pengaruh perbedaan konsentrasi garam pada peda ikan kembung (*Rastrelliger neglectus*) terhadap kandungan asam glutamat pemberi rasa gurih (umami). *J Pengolah Dan Bioteknol Has Perikan* 2014;3:104–11.