



PENGARUH POLARITAS MESIN LAS PADA PENGELASAN SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK BAJA KARBON RENDAH

Andi Purwanto¹, Wijoyo², Anang Fajar Riyadin³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta,
Indonesia

andi_purwanto@unsu.ac.id, wijoyo@unsu.ac.id, fajarriyadinanang@gmail.com

Abstract

Welding is a process of joining two or more metals into a joint using a heat process. This heat is needed to melt the metal part that will be connected to the electrode as an additional material or filler. The equipment used in the research is a DC current SMAW welding machine and additional materials using E7016 electrodes. DC current SMAW welding machines are divided into two polarities, namely DC+ and DC- polarities. The research method uses a destructive experimental test with ASTM A.36 low carbon steel material which has been SMAW welded using DC+ and DC- polarity variations to obtain test results for physical and mechanical properties. Tests carried out include distortion, microstructure tests, tensile tests, impact tests and hardness tests. The results of the physical properties test in SMAW welding with DC+ polarity show that there is a significant change in shape in the transverse and angular directions, from the microstructure test the weld metal area is smoother and more regular. Mechanical test results show that the highest tensile strength value in DC- polarity SMAW welding is 508.3 MPa, the highest impact toughness value in DC+ polarity SMAW welding is 1,756 Joules/mm² and the highest hardness value in the weld metal area in DC- polarity SMAW welding is 195 .6 HV. SMAW welding with DC- polarity has good strength and hardness but is brittle, compared to SMAW welding with DC+ polarity it has good ductility and toughness

Keywords : Welding, SMAW, Polarity, Physical Properties, Mechanical Properties

Abstrak

Pengelasan adalah suatu proses menyatukan dua buah logam atau lebih menjadi suatu bentuk sambungan dengan menggunakan proses panas. Panas tersebut diperlukan untuk mencairkan bagian logam yang akan disambung dengan elektroda sebagai bahan tambah atau *filler*. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah mesin las SMAW arus DC dan bahan tambah dengan menggunakan elektroda E7016. Mesin las SMAW arus DC terbagi menjadi dua polaritas yaitu polaritas DC+ dan DC-. Metode penelitian menggunakan eksperimen *distruktif test* dengan material baja karbon rendah ASTM A.36 yang telah dilakukan pengelasan SMAW menggunakan variasi polaritas DC+ dan DC- untuk mendapatkan hasil uji sifat fisik dan mekanik. Pengujian yang dilakukan antara lain distorsi, uji struktur mikro, uji tarik, uji impak dan uji kekerasan. Hasil uji sifat fisik pada pengelasan SMAW polaritas DC+ terlihat distorsi arah melintang dan arah menyudut terjadi perubahan bentuk yang signifikan, dari uji struktur mikro daerah *weld metal* lebih halus dan teratur. Hasil uji mekanik diketahui nilai kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan SMAW polaritas DC- sebesar 508,3 MPa, nilai ketangguhan impak tertinggi dengan pengelasan SMAW polaritas DC+ sebesar 1,756 Joule/mm² dan nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* pada pengelasan SMAW polaritas DC- sebesar

195,6 HV. Pengelasan SMAW dengan polaritas DC- memiliki kekuatan dan kekerasan yang baik tetapi getas, berbanding dengan pengelasan SMAW dengan polaritas DC+ memiliki keuletan dan ketangguhan yang baik

Kata Kunci : Pengelasan, SMAW, Polaritas, Sifat Fisik, Sifat Mekanik

Corresponding Author; Andi Purwanto
E-mail: andi_purwanto@unsu.ac.id



Pendahuluan

Pengelasan adalah suatu proses menyatukan dua buah logam atau lebih menjadi suatu bentuk sambungan dengan menggunakan proses panas. Panas tersebut diperlukan untuk mencairkan bagian logam yang akan disambung dengan elektroda sebagai bahan tambah atau *filler* (Suwahyo, 2011).

Proses pengelasan yang sering digunakan dalam fabrikasi konstruksi baja adalah pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) dikarenakan memiliki perlatan yang relatif murah dan penggunaannya yang fleksibel. SMAW dikenal juga dengan istilah MMAW (*Manual Metal Arc Welding*) atau las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah atau pengisi berupa elektroda terbungkus. Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989).

Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu inti elektroda dan bagian yang berselaput (*fluks*). Fungsi dari *fluks* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung dan menstabilkan busur (Karmawan et al., 2020). Terdapat banyak sekali jenis elektroda dalam proses pengelasan SMAW, peneliti menggunakan elektroda standar AWS SFA 5.1: E 7016 karena elektroda ini multi fungsi bisa digunakan untuk industri konstruksi, *repair* dan *maintenance* (SUMANTRI, 2023). Elektroda ini memiliki kestabilan nyala api yang sangat baik, terfokus, stabil, penetrasinya yang dalam, alur lasnya halus dan bersih, sehingga cocok untuk pengelasan *root pass*, pengelasan pada segala posisi dan alur lasnya memiliki performa *X-ray* yang sangat baik (Munawir et al., 2021).

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) (Santoso et al., 2016). Mesin las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Polaritas lurus adalah DCSP (*Direct Current Straight Polarity*) atau biasa disebut dengan DCEN (*Direct Current Electrode Negatif*) yang dimana elektroda dihubungkan pada posisi negatif (-) dan benda kerja dihubungkan pada posisi positif (+) dari mesin las. Arus bergerak dari elektroda ke benda kerja sehingga 2/3 panas yang dihasilkan dilepaskan ke benda kerja dan 1/3 panas dilepaskan ke elektroda. Konsentrasi panas dari logam dasar menghasilkan lasan penetrasi dalam. Polaritas terbalik adalah DCRP (*Direct Current Received Polarity*) atau biasa disebut dengan DCEP (*Direct Current Electrode Positif*) yang dimana elektroda dihubungkan pada posisi positif (+) dan benda kerja dihubungkan pada posisi negatif (-) dari mesin las. Arus bergerak dari benda kerja ke elektroda sehingga 2/3 panas yang dihasilkan dilepaskan pada elektroda dan 1/3 panas

dilepaskan pada benda kerja. Konsentrasi panas dari logam dasar menghasilkan lasan penetrasi dangkal.

Pada fabrikasi pengelasan konstruksi baja masih banyak terdapat penggunaan polaritas arus yang tidak sesuai dengan spesifikasi elektroda yang digunakan, proses fabrikasi kerangka proyek bangunan pabrik, sambungan baja H *beam* masih terdapat cacat pengelasan sehingga mempengaruhi kekuatan lasan. Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas arus listrik.



Sambungan las pada H beam terdapat cacat



Terdapat cacat las porosity dan spatter



Sambungan las SMAW polaritas DC+ sesuai standar

Gambar 1. Sambungan las SMAW

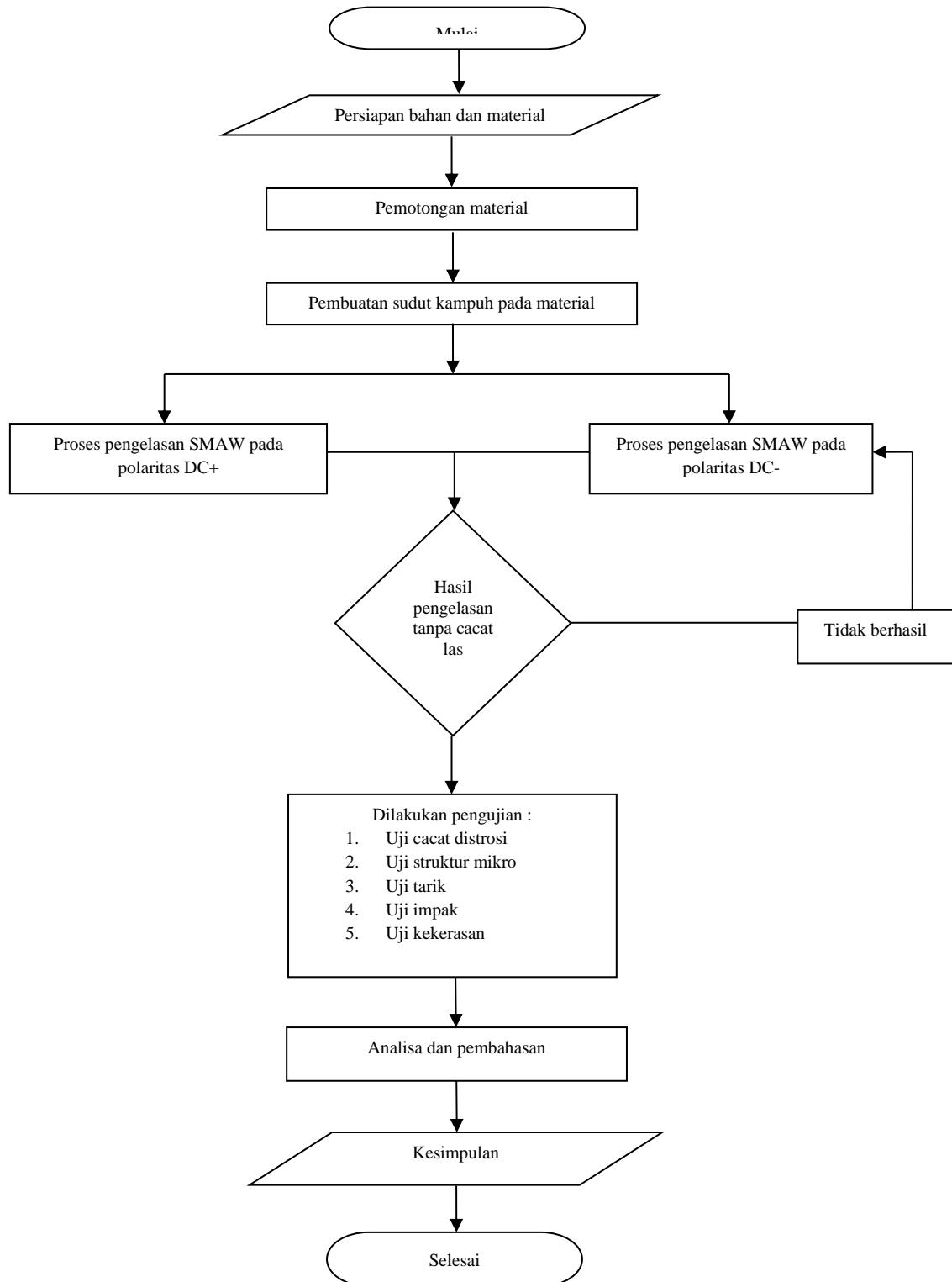
Pada paparan diatas, maka penentuan polaritas arus dalam penyambungan logam menggunakan las SMAW perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik sifat fisik dan mekanik baja karbon rendah.

Mengetahui seberapa besar pengaruh polaritas arus pengelasan SMAW terhadap distorsi struktur mikro, kekuatan tarik, ketangguhan, dan kekerasan baja karbon rendah hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda E 7016.

Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen destruktif yaitu dengan merusak spesimen uji, metode eksperimen adalah metode yang digunakan dalam sistem penelitian, sehingga dapat diketahui penyebab dan faktor-faktor perubahan pada keluaran sebagai respon dari eksperimen yang telah dilakukan (Suryana, 2010).

Proses eksperimen adalah kegiatan menguji variabel-variabel eksperimen, seperti variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi polaritas las SMAW arus DC+ dan DC-, variabel terikatnya adalah baja karbon rendah ASTM A.36 dan elektroda E 7016, sedangkan variabel kontrolnya adalah pengujian sifat fisik dan mekanik. Tahapan pengujian sesuai diagram dibawah:

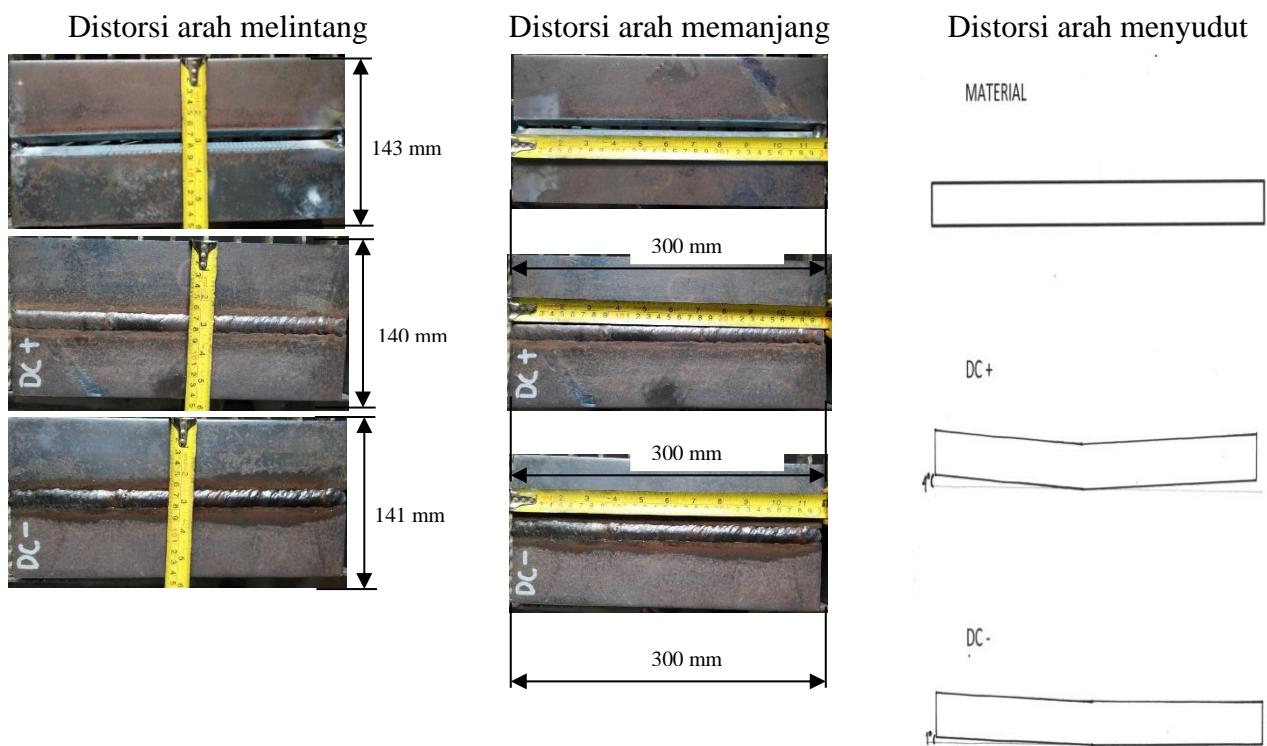


Hasil dan Pembahasan

Pengujian Distorsi

Distorsi adalah terjadinya perubahan bentuk atau penyimpangan bentuk oleh panas, termasuk akibat proses pengelasan. Terjadinya pemuaian benda kerja mengakibatkan melengkung atau tertarik bagian-bagian sekitar benda kerja las. Hal ini

karena semua logam akan mengalami pengembangan jika terkena panas, terjadi penyusutan jika mengalami pendinginan.



Gambar 4. Pengujian distorsi

Gambar 4. Distorsi arah melintang pada pengelasan polaritas DC+ mengalami penyusutan yang tinggi yang disebabkan karena terjadi tegangan sisa ketika siklus pendinginan yang berlangsung dalam proses pengelasan. Hasil pengamatan material sebelum dan sesudah pengelasan SMAW dengan polaritas DC+ dan DC- tidak terdapat penyusutan material pada arah memanjang. Pengelasan SMAW polaritas DC+ terjadi distorsi arah menyudut sebesar 4° dari sudut awal material terjadi adanya tegangan sisa pada *raw material* yang terjadi pada saat berlangsungnya pendinginan.

Pengujian Struktur Mikro

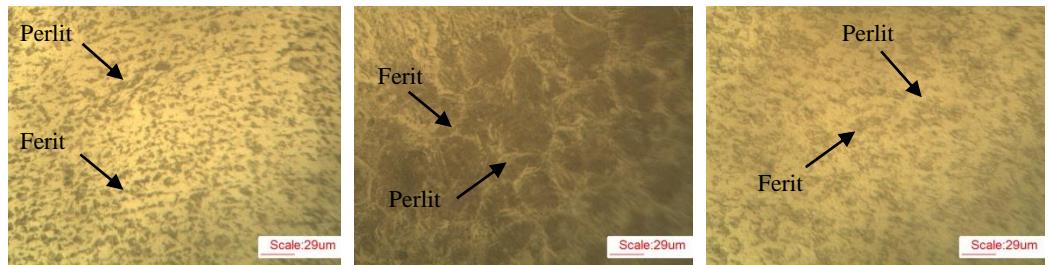
Pada penelitian ini, pengambilan foto struktur mikro dilakukan pada 3 bagian daerah las, daerah HAZ, dan daerah *raw material*.

Pengujian struktur mikro pada polaritas DC+

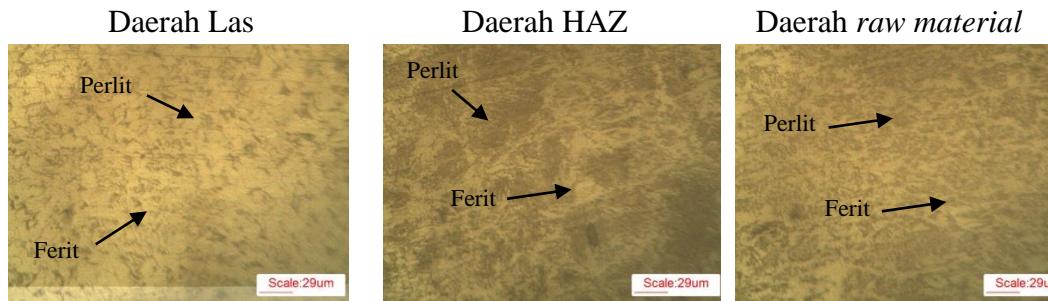
Daerah Las

Daerah HAZ

Daerah *raw material*



Pengujian struktur mikro pada polaritas DC-

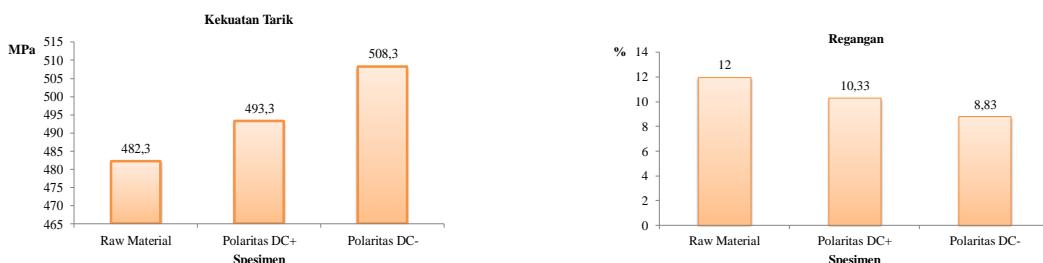


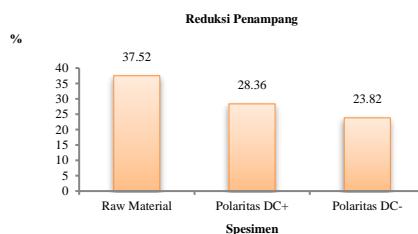
Gambar 5. Struktur mikro pada polaritas DC+ dan DC -

Hasil foto mikro dengan perbesaran 500 kali seperti yang ditunjukkan Gambar diatas dapat dilihat fasa pada spesimen yang terdiri dari *ferit* dan *perlit*. *Ferit* berwarna terang dan cenderung ulet sedangkan *perlit* berwarna gelap dan cenderung keras. Spesimen dengan arus pengelasan SMAW polaritas DC+ dapat dilihat pada gambar 5. daerah HAZ didominasi oleh *perlit* dengan butiran yang besar dan halus, sedangkan pada *weld metal* susunan *perlit* dan *ferit* tertata rapi bergaris. Fenomena ini terjadi karena masukan panas yang berbeda akan mempengaruhi laju pendinginan, sehingga berpengaruh pada sebaran *perlit* dan nilai kekerasan, sedangkan untuk spesimen uji dengan arus pengelasan polaritas DC- dapat dilihat pada gambar 5. Pada daerah HAZ sama didominasi oleh *perlit* tetapi tidak sebanyak pada daerah HAZ polaritas DC+, sedangkan pada daerah *weld metal* susunan *perlit* dan *ferit* tidak beraturan.

Pengujian Tarik

Berdasarkan hasil pengujian tarik baja karbon rendah yang telah mengalami proses pengelasan SMAW dengan variasi polaritas pengelasan DC- dan DC+ diperoleh angka kekuatan tarik baja karbon rendah yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini.





Gambar 6. Diagram pengujian Tarik

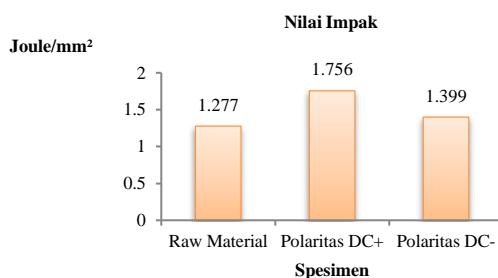
Nilai kekuatan tarik *raw material* adalah 482,3 MPa. Nilai kekuatan tarik dengan pengelasan SMAW polaritas DC+ adalah 493,3 MPa mengalami kenaikan 11 MPa atau 2,23% dari nilai kekuatan tarik *raw material*. Nilai kekuatan tarik dengan pengelasan SMAW polaritas DC- adalah 508,3 MPa mengalami kenaikan sebesar sebesar 15 MPa atau 2,95% dari pengelasan SMAW polaritas DC+. Nilai rata-rata kenaikan kekuatan tarik adalah 2,59%, maka pengelasan SMAW polaritas DC- merupakan nilai tertinggi kekuatan tarik. Terlihat dari uji struktur material pada *weld metal*, *perlit* dan *ferit* tersusun seragam.

Nilai regangan *raw material* adalah 12%. Nilai regangan dengan pengelasan SMAW polaritas DC+ mengalami penurunan 13,92% dari nilai regangan *raw material*. Nilai regangan dengan pengelasan SMAW polaritas DC- mengalami penurunan 14,52% dari pengelasan SMAW polaritas DC+. Nilai rata-rata penurunan regangan adalah 14,22%.

Nilai reduksi penampang *raw material* adalah 37,52%. Nilai reduksi penampang dengan pengelasan SMAW polaritas DC+ mengalami penurunan 24,41% dari nilai reduksi penampang *raw material*. Nilai reduksi penampang dengan pengelasan SMAW polaritas DC- mengalami penurunan sebesar 16,01% dari pengelasan SMAW polaritas DC+. Nilai rata-rata penurunan reduksi penampang adalah 20,21%, sehingga pengelasan SMAW polaritas DC- paling getas.

Pengujian Impak Metode Charpy

Berdasarkan hasil pengujian impak metode *charpy* baja karbon rendah yang telah mengalami proses pengelasan SMAW dengan variasi polaritas pengelasan DC- dan DC+ diperoleh angka ketangguhan impak sebagaimana pada grafik di bawah.

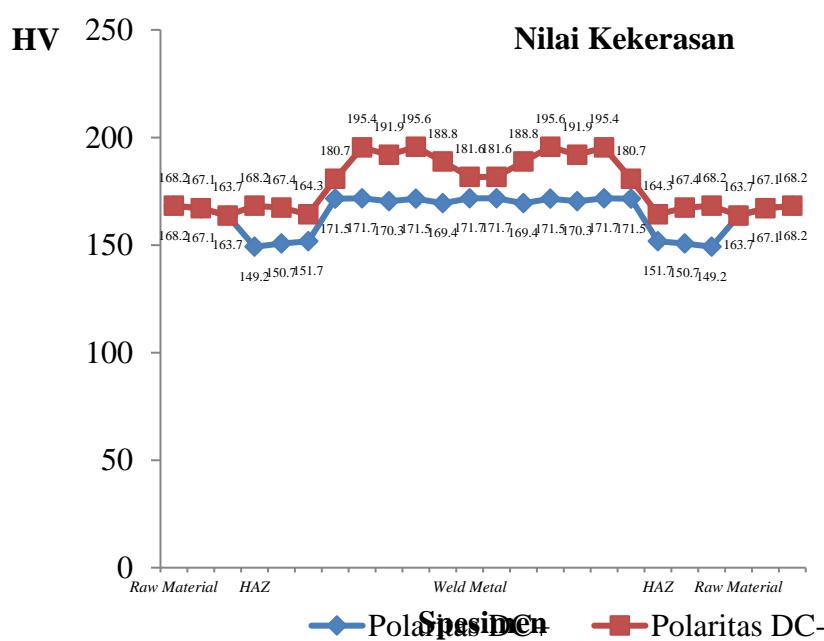


Gambar 7. Diagram pengujian Impak

Hasil pengujian impak metode *charpy* diperoleh nilai ketangguhan impak *raw material* adalah 1,277 Joule/mm². Nilai ketangguhan impak dengan pengelasan SMAW polaritas DC+ adalah 1,756 Joule/mm² ini berarti mengalami kenaikan 0,479 Joule/mm² atau 27,28% dari nilai ketangguhan impak *raw material*. Nilai ketangguhan impak dengan pengelasan SMAW polaritas DC- adalah 1,399 Joule/mm² ini berarti mengalami penurunan 0,357 Joule/mm² atau 20,33% dari nilai ketangguhan impak polaritas DC+. Hal ini sebanding pada uji tarik dimana regangan dan reduksi penampang polaritas DC+ lebih ulet dibandingkan polaritas DC-.

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menghasilkan data dari nilai kekerasan spesimen *raw material*, HAZ dan daerah las.



Gambar 8. Diagram nilai kekerasan

Dari gambar 8. sehingga diperoleh nilai kekerasan tertinggi terjadi pada daerah *weld metal* polaritas DC- sebesar 195,6 HV dan polaritas DC+ sebesar 171,7 HV. Jadi nilai kekerasan tertinggi pada pengelasan SMAW terletak pada polaritas DC-, sebanding pada kekuatan tarik dan kekuatan impak yang lebih getas pada pengujian sebelumnya.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian, perhitungan dan analisis data yang dilakukan tentang pengaruh polaritas arus mesin las pada pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) terhadap sifat fisik dan mekanik baja karbon rendah, maka dapat disimpulkan nilai kekuatan tarik dan impak pada polaritas DC+ lebih baik dibandingkan DC- tetapi mempunyai penetrasi yang dangkal.

Daftar Pustaka

- Alip, M. (1989). Teori dan Praktik Las. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Bijaya Kumar Khamari, Balamurali Gunji. (2019). *Variation of Microstructural and Mechanical Properties With Respect to Polarity in Shielded Metal Arc Welding of Mild Steel*. Rourkela, India: National Institute of Technology.
https://www.researchgate.net/publication/1GV9Jm2u7rmsCe65wKzPTw5jtS38n2tVE_Giral_and_LgjH2m5c8emE66pjdxmgep47BAdKTrsso2Vu8Ke6GEY5W51wwPPMqKZI_owXOCea_Arc_Welding_of_Mild_Steel
- Nafi Ananda Prima Saputra (2016). Analisa Pengaruh Urutan Pengelasan Terhadap Tegangan Sisa dan Distorsi Las Pada Pengelasan Rangka Bogie Monorail Menggunakan Dial Indicator. Perpustakaan Universitas Gadjah Mada.
<http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/104507>
- Rhomadhoni Tri Putra, Akhmad. (2017). Pengaruh Polaritas Pengelasan Dan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Universitas Surabaya.
<https://docplayer.info/86887448-Pengaruh-polaritas-pengelasan-dan-jenis-elektroda-terhadap-kekuatan-tarik-dan-ketangguhan-las-smaw-shielded-metal-arc-welding.html>
- Suwahyo (2011), Mengelas Dengan Las Busur Listrik Manual, Yogyakarta, Insania. Wiryosumarto, H. (2000). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: Erlangga.
- Karmawan, W., Adja, H. B., Alvindo, N. V., Handoko, K. T., Pradana, J., Zakkaria, L. N., Zuhron, M., Jaya, H. T. S., & Subardi, A. (2020). Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Mesin Material Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 19–23.
- Munawir, A., Nazaruddin, N., & Zulfadli, T. (2021). Kajian Eksperimental Proses Las Smaw Pada Logam Baja Jis S45C Dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 2(2), 75–84.
- Santoso, T. B., Solichin, S., & Trihutomo, P. (2016). Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016. *Jurnal Teknik Mesin*, 23(1).
- SUMANTRI, R. (2023). *PENGARUH ARUS PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA E 7018 PADA BAJA AISI 1050 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN*. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.