

ANALISIS PENGELASAN SMAW PADA SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA

Saeful Hidayat¹, Catur Pramono², Nani Mulyaningsih³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Email: ¹saeful.hidayat@students.untidar.ac.id; ²caturpramono@untidar.ac.id;
³nani_mulyaningsih@untidar.ac.id

ABSTRAK

Pengelasan dibutuhkan untuk penyambungan logam pada bidang rekayasa keteknikan. Pengelasan dapat digunakan pada konstruksi sarana transportasi, bejana tekan, rangka baja, pipa saluran, jembatan, perkapalan, alat berat dan lain sebagainya. Beberapa faktor penyebab terjadinya cacat pengelasan antara lain kurangnya pengetahuan tentang penggunaan jenis elektroda, bentuk kampuh yang tepat, posisi pengelasan serta jenis material yang akan dilas dapat mempengaruhi kualitas sifat mekanik. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengelasan SMAW sambungan baja ST 37 dengan variasi bentuk kampuh dan jenis elektroda. Pengujian pada penelitian ini meliputi uji tarik, uji kekerasan *vickers* dan uji struktur mikro. Variasi kampuh yang digunakan yaitu kampuh V, kampuh X dan kampuh U. Elektroda yang digunakan yaitu elektroda AWS E 6013 dan elektroda AWS E 7018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan tertinggi hasil pengelasan didapat pada kampuh V dengan elektroda E 6013 sebesar 416,46 MPa. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada daerah las kampuh X dengan jenis elektroda AWS E 7018 yaitu sebesar 217,8 VHN. Struktur mikro hasil pengujian yaitu ferit dan perlit.

Kata kunci: Pengelasan SMAW, Baja ST 37, Elektroda E 6013, Elektroda E 7018.

ABSTRACT

Welding is needed for metal joints in the engineering field. Welding can be used in the construction of transportation facilities, pressure vessels, steel frames, pipelines, bridges, shipping, heavy equipment and so on. Several factors that cause welding defects include lack of knowledge about the use of the type of electrode, the correct shape of the seam, the position of the welding and the type of material to be welded which can affect the quality of the mechanical properties. The purpose of this study was to analyze SMAW welding of ST 37 steel joints with variations in the shape of the seam and the type of electrode. Tests in this study include tensile test, Vickers hardness test and microstructure test. The variations of the seam used are V seam, X seam and U seam. The electrodes used are AWS E 6013 electrodes and AWS E 7018 electrodes. The results show that the highest average value of the welding voltage obtained on V seams with E 6013 electrodes is 416,46 MPa. The highest hardness value was obtained in the weld area X with AWS E 7018 electrode type, which was 217.8 VHN. The microstructure of the test results are ferrite and pearlite.

Keywords: SMAW Welding, ST 37 Steel, Electrode E 6013, Electrode E 7018.

PENDAHULUAN

Pengelasan tidak dapat dipisahkan dalam perkembangan teknologi di industri manufaktur yang semakin maju, hal ini karena banyak komponen atau pembuatan produk yang membutuhkan penyambungan pengelasan khususnya dalam bidang rancang bangun, rekayasa dan resparasi logam. Lingkup pengelasan sangat luas meliputi

sarana transportasi, bejana tekan, rangka baja, pipa saluran, jembatan, perkapalan, alat berat dan lain sebagainya. Penyambungan menggunakan teknik pengelasan sangat membutuhkan keterampilan tinggi bagi seorang pengelas, agar memperoleh hasil sambungan pengelasan berkualitas baik dan sesuai dengan standar yang berlaku. Maka dari itu, seorang juru las harus tahu dan paham betul akan suatu rancangan yang

meliputi pemilihan material/ bahan pengelasan, jenis kampuh sambungan pengelasan yang akan digunakan, serta klasifikasi bahan pengisi sambungan yang sesuai dengan karakteristik suatu material/bahan konstruksi (Salahudin, et al. 2021).

Penyambungan dengan pengelasan pada umumnya terdapat dua cara yaitu pengelasan dengan las gas dan pengelasan dengan las listrik. Pengelasan dengan las busur listrik SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) atau yang sering dikenal las listrik dimana listrik sebagai sumber nyala untuk pengelasan. Pengelasan menggunakan metode SMAW (*Shield Metal Arc welding*) sering digunakan pada masa sekarang ini karena lebih murah, lebih praktis penggunaannya, pengoperasiannya lebih mudah, serta lebih efisien (Saputra, et al. 2019).

Penelitian penggunaan elektroda E 6013 terhadap kekuatan tarik las SMAW pada baja karbon rendah dengan variasi arus pengelasan (100, 130 dan 160A) oleh Ramadhan, et al.(2020) menunjukkan bahwa hasil kekuatan tarik tertinggi dengan angka 382,81 MPa dengan arus 130A. Shomad & Mushfi (2017) meneliti tentang variasi elektroda las E 6013 dengan E 7018 terhadap kekuatan tarik pada baja karbon rendah baja SS400 menunjukkan bahwa pengelasan elektroda dengan arus 130 amper yaitu nilai kekerasannya 402,49 MPa dan elektroda dengan variasi elektroda E 7018 memperoleh kekuatan tarik tertinggi

Pada penelitian sebelumnya oleh Kurniawan, et al. (2017) tentang sambungan baja karbon rendah menggunakan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) 3 dengan variasi kampuh yang digunakan yaitu kampuh X, V dan $\frac{1}{2}$ V memperoleh kekuatan tarik maksimal sebesar 420 MPa menggunakan single V butt joint. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu tentang variasi kampuh single V butt joint, double V butt joint dan single U butt joint dengan pengelasan SMAW pada baja A 36 elektroda E 7018 oleh Fridayan, et al. (2017) menunjukkan hasil kekuatan tarik maksimal yang dihasilkan

sebesar 527,48 MPa menggunakan kampuh double V butt joint. Berbeda dengan penelitian oleh Huda, et al. (2013) tentang sambungan baja karbon rendah baja AISI 4140 dengan variasi kampuh (V, U dan X) dan variasi arus (100, 110, 120A) menunjukkan hasil kekuatan tarik 352,06 MPa pada kampuh U serta arus yang digunakan sebesar 120A.

Berdasarkan pengujian tarik pengelasan pada rangka yang dilalukan oleh Rokhmani, (2020), beban maksimum rata rata sebesar 27,03 kN yang menghasilkan kuat tarik rata rata sebesar 328,07 MPa. Arus yang digunakan sebesar 120 amper sesuai standar arus pengelasan. Dalam penelitiannya kampuh yang digunakan yaitu kampuh V dan pengujian spesimen tarik mengacu pada standart ASTM E 8.

Dalam proses pengelasan ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan meliputi material, jenis elektroda, serta bentuk kampuh terhadap sifat mekanik material hasil pengelasan. Hasil sambungan pengelasan dalam ilmu keteknikan dapat diuji dan dianalisa guna mengetahui/menguji sifat mekanik dan sifat fisik bahan diantaranya uji kekerasan, uji struktur mikro serta uji tarik. Hasil pengujian-pengujian tersebut mewujudkan standar standar teknik yang pengelasannya akan membantu memperluas lingkup pemakaian sambungan las dan memperbesar ukuran konstruksi yang akan di las [9].

Baja ST 37 merupakan baja dengan kekuatan tarik maksimum 37 Kg/mm². Baja yang di buat melalui proses Thomas dan Martin, Pada proses Thomas lapisan dinding bagian dalam dibuat dari batu tahan api biasa atau dolomite (kalsium karbonat dan magnesium), besi yang diolah besi kasar putih yang mengandung P antara 1,7-2%, Mn 1-2%, dan Si 0,6-0,8%. Siddiq, et al. (2019). Baja ST 37 termasuk dalam jenis baja karbon rendah, dengan kandungan karbonnya kurang dari 0,3%. Penyambungan material baja ST 37 menggunakan pengelasan SMAW dalam industri manufaktur banyak digunakan seperti dalam *automobile body*.

Kerusakan atau cacat pengelasan diakibatkan dari kurangnya pengetahuan tentang penggunaan jenis elektroda terhadap jenis posisi saat pengelasan. Posisi pengelasan juga dapat mempengaruhi kualitas sifat mekanik baik kekuatan tarik, maupun kekuatan tumbukan. Jenis elektroda E 7018 tidak cocok untuk penembusan pengelasan serta posisi bawah tangan penelitian ini dilakukan oleh Fadhil, (2018) tentang pengaruh posisi pengelasan elektroda E 7016 dan elektroda E 7018. Oleh karena itu, dilakukanlah suatu penelitian pengelasan yang berjudul “**Analisis Pengelasan SMAW Pada Sambungan Baja ST 37 Dengan Variasi Jenis Elektroda**”. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda dan kampuh terhadap kekuatan tarik, kekerasan sambungan dan struktur mikro sambungan las Baja ST 37. Kampuh yang digunakan yaitu kampuh V, X dan U menggunakan jenis elektroda E 6013 dan E 7018.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, pengelasan dan pembuatan spesimen uji dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin (S1), Fakultas Teknik, Universitas Tidar. Uji struktur mikro serta uji kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Sanata Dharma. Uji tarik dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada.

Alat dan Bahan

- Mesin Las SMAW
- Elektroda
- Baja ST 37
- Gerinda Tangan
- Gergaji
- *Safety Welding*
- Palu Kerak
- Tang Penjepit
- Sikat Baja
- Mesin *Grinding* dan *Polishing*
- Mesin Uji Mikro
- Mesin Uji *Vickers*
- Mesin Uji Tarik *Universal Testing Machine*

- Asam Nitrat (HNO₃) dan Alkohol

Parameter Penelitian

Parameter tetap pada penelitian ini terdapat pada jenis material yang digunakan yaitu Baja ST 37. Metode penyambungannya menggunakan pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW). Arus yang digunakan 100-130A. Standar pengujian struktur mikro yang dilakukan menggunakan standar ASTM E3-96. Sementara untuk uji kekerasan menggunakan standar ASTM E92 yang merupakan standar pengujian kekerasan metode Vickers untuk material logam, Sedangkan untuk uji tarik mengacu pada standar ASTM E-8. Sementara parameter perubahannya adalah pada variasi bentuk kampuh las V, kampuh las V ganda dan kampuh U serta elektroda yang dipakai adalah elektroda kode E6013 dan elektroda kode E 7018.

Alur Penelitian

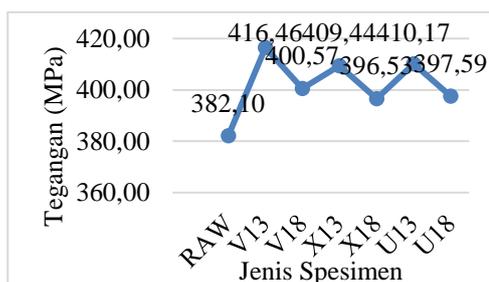
Alur penelitian meliputi:

1. Studi literatur mempelajari dan membahas teori-teori pendukung penelitian ini yang berasal dari jurnal, buku, modul, dan internet. Literatur digunakan sebagai acuan atau referensi skripsi ini.
2. Mempersiapkan Material Baja St 37 dengan ketebalan bahan 10 mm serta elektroda E6013 dan E7018 berikut dengan alat-alat sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian.
3. Pengelasan Kampuh V, X dan U Menggunakan Elektroda E 6013 dan Elektroda E7018.
4. Proses pengujian meliputi uji tarik, uji kekerasan dan uji struktur mikro.
5. Analisis Hasil Pengujian, Data hasil pengujian selanjutnya adalah menganalisis data tersebut dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul.
6. Laporan dan seminar sebagai pembukuan dan dokumentasi bukti telah melakukan pengujian atau penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik sambungan pengelasan SMAW material menggunakan baja ST 37 dengan ketebalan 10 mm. Baja ST 37 tergolong dalam baja karbon rendah dengan variasi jenis elektroda. Kampuh yang digunakan adalah kampuh V, kampuh X dan kampuh U. Mesin *Universal Testing Machine* digunakan untuk proses pengujian tarik dengan bentuk spesimen sesuai standar ASTM E8.



Gambar 1. Grafik tegangan uji tarik

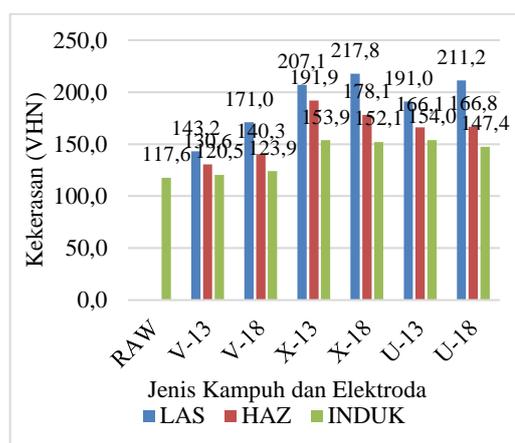
Berdasarkan gambar grafik tegangan tarik, nilai tegangan rata-rata jenis kampuh V, kampuh X dan kampuh U pengelasan menggunakan elektroda E 6013 dan elektroda E 7018, kampuh V13 menghasilkan nilai tegangan tarik tertinggi yaitu 416,46 MPa. Hal tersebut disebabkan karena, elektroda E 6013 mengandung unsur natrium titania yang tinggi sehingga daerah lasan terbebas dari penyusupan kerak dan pengaruh oksidasi (Veranika, et al. 2019). Sedangkan kampuh yang menggunakan elektroda E 7018 nilai tegangan tarik tertinggi terdapat pada kampuh V18 yaitu sebesar 400,57 MPa. Hal ini disebabkan oleh kandungan selaput serbuk besi dan *low hydrogen* maka proses pendinginan akan lebih cepat (Veranika, et al. 2019). Kampuh X13 menempati nilai tegangan tarik terendah dari jenis elektroda E 6013 sebesar 409,44 MPa sedangkan untuk tegangan tarik terendah elektroda E 7018 kampuh X18 sebesar 396,53 MPa.

Merujuk pada grafik tegangan tarik, material Baja ST 37 setelah proses pengelasan menggunakan elektroda E 6013 dan elektroda E 7018 menghasilkan nilai tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil nilai tegangan pada material raw. Hal tersebut

disebabkan oleh raw material yang tidak mengalami proses pengelasan.

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan *vickers* kampuh V, kampuh X dan kampuh U dilakukan di Laboratorium Material Teknik Universitas Gajah Mada. Berikut merupakan nilai rata-rata kekerasan vickers daerah las, daerah HAZ dan daerah logam induk pada pengelasan SMAW pada sambungan baja ST 37 dengan variasi jenis elektroda ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Nilai rata rata kekerasan bagian las, HAZ dan logam induk

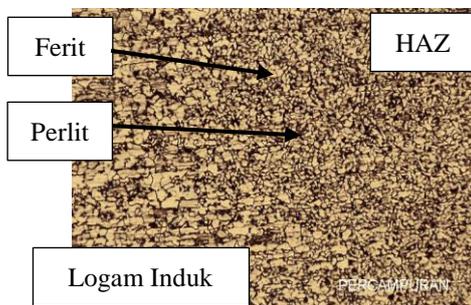
Berdasarkan gambar 2, nilai rata-rata kekerasan tertinggi daerah las terdapat pada kampuh X-18 dengan jenis elektroda E 7018 sebesar 217,8 VHN. Hal ini disebabkan oleh kandungan serbuk besi selaput serta low hydrogen pada elektroda E 7018 yang dapat mempercepat proses pendinginan sehingga hasil las menjadi lebih kuat dan keras (Veranika, et al. 2019). Nilai rata rata kekerasan tertinggi di daerah HAZ pada kampuh V-13 dengan jenis elektroda E 6013 sebesar 130,6 VHN. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi logam induk terdapat pada kampuh U dengan jenis elektroda E 6013 sebesar 154,0 VHN. Nilai rata-rata kekerasan logam induk raw material baja ST 37 lebih rendah dibandingkan dengan nilai logam induk setelah pengelasan menggunakan elektroda jenis E 6013 dan E 7018. Hal ini disebabkan karena raw material tidak terpengaruhi oleh panas pengelasan. Nilai rata-rata kekerasan vickers pada pengelasan SMAW material baja ST 37 dengan variasi jenis elektroda, daerah las menghasilkan kekerasan tinggi

dibandingkan dengan daerah HAZ maupun daerah logam induk. Hal ini disebabkan karena panas yang tinggi dari pengelasan mengakibatkan struktur mikro butir-butir logam menjadi lebih rapat dan sifatnya menjadi keras (Sobirin, et al. 2019).

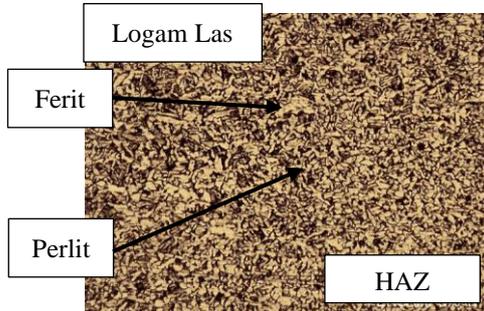
Uji Struktur Mikro

Pengamatan uji mikro dilakukan di Laboratorium Universitas Sanata Dharma dan Laboratorium Metalurgi Universitas Gajah Mada untuk mengetahui struktur struktur yang terdapat pada logam Induk, HAZ, dan daerah HAZ.

Struktur Mikro Kampuh V Elektroda AWS E 6013



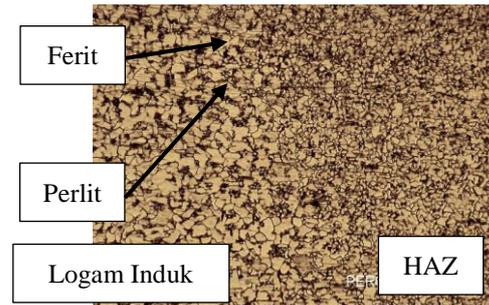
Gambar 3. Struktur mikro logam induk dan daerah HAZ



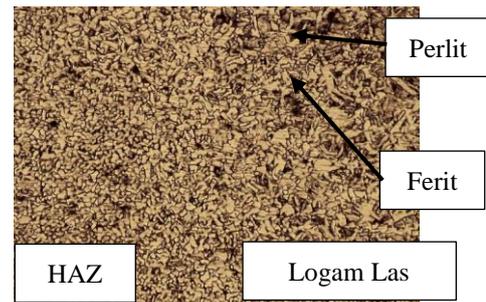
Gambar 4. Struktur mikro daerah las dan daerah HAZ

Berdasarkan gambar 3 dan gambar 4, bahwa struktur mikro pada kampuh V menggunakan elektroda dengan AWS E6013 struktur mikro yang terbentuk adalah ferit dan perlit. Butiran-butiran ferit berwarna putih, sedangkan butiran-butiran perlit berwarna hitam (gelap) yang menandakan bahwa unsur karbon lebih banyak dan cenderung lebih keras dibandingkan ferit.

Struktur Mikro Kampuh V Elektroda AWS E7018



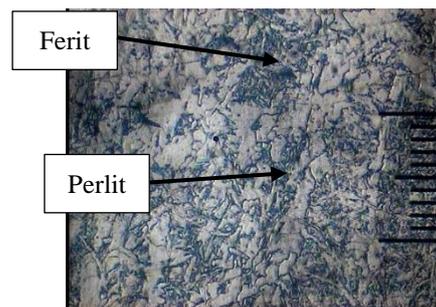
Gambar 5. Struktur mikro daerah logam induk dan daerah HAZ



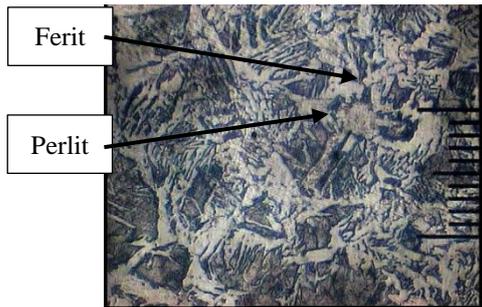
Gambar 6. Struktur mikro daerah HAZ dengan daerah las

Berdasarkan gambar 5 dan gambar 6, bahwa struktur mikro yang terbentuk pada logam induk, daerah HAZ dan daerah las adalah ferit dan perlit. Ferit berwarna cerah sedangkan perlit berwarna gelap (hitam). Struktur ferit yang terlihat pada daerah campuran (HAZ) lebih rapat dibandingkan dengan struktur ferit pada bahan tambah (daerah las).

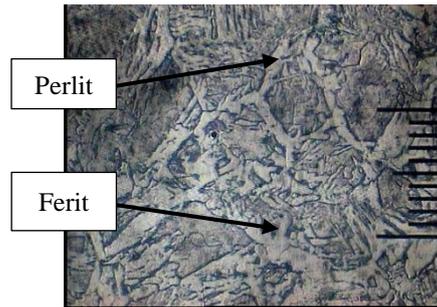
Struktur Mikro Kampuh X Elektroda AWS E 6013



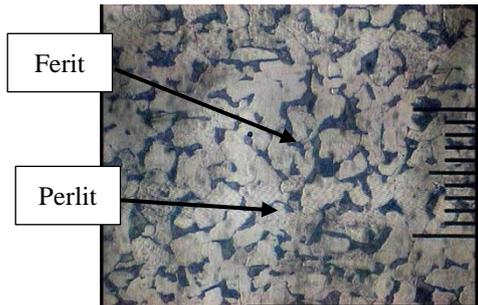
Gambar 7. Struktur mikro daerah las kampuh X 13 pembesaran 100x



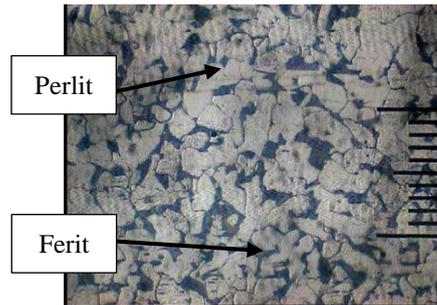
Gambar 8. Struktur mikro HAZ kasar kampuh X 13 pembesaran 100x



Gambar 11. Struktur mikro HAZ kasar kampuh X 18 pembesaran 100x



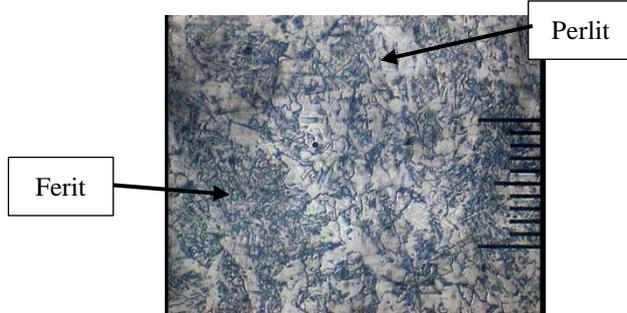
Gambar 9. Struktur mikro logam induk kampuh X elektroda E 6013 pembesaran 100x



Gambar 12. Struktur mikro logam induk kampuh X 18 pembesaran 100x

Berdasarkan pada gambar 7, gambar 8, dan gambar 9, dapat dilihat bahwa struktur yang mikro yang terbentuk pada kampuh X dengan elektroda E6013 adalah ferit dan perlit. Ferit lebih sedikit dibandingkan dengan perlit pada bagian las dan batas butir antara perlit dan ferit begitu rapat pada daerah HAZ jika diperhalus. Logam induk ferit lebih banyak dibandingkan perlit hal ini menandakan bahwa karbon dalam logam induk sangatlah sedikit.

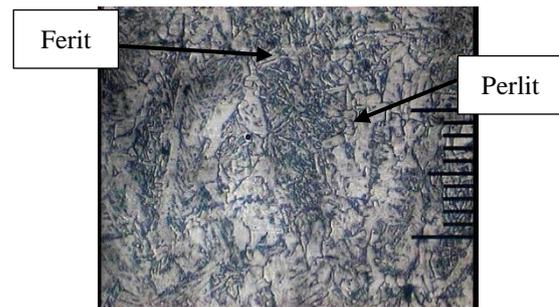
Struktur Mikro Kampuh X Elektroda AWS E 7018



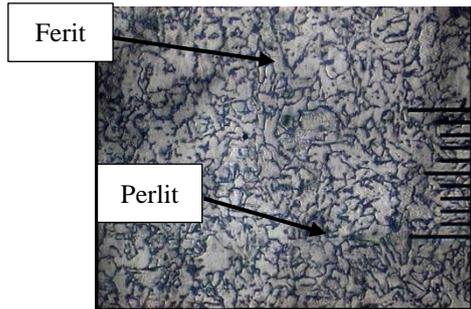
Gambar 10. Struktur mikro logam las kampuh X elektroda E 7018

Berdasarkan gambar 10, gambar 11, dan gambar 12, struktur mikro pada kampuh X dengan elektroda E 7018 dengan pembesaran 100 x, struktur mikro yang terbentuk adalah ferit dan perlit. Butiran ferit lebih rapat pada daerah HAZ. Struktur mikro pada daerah HAZ kasar berbentuk seperti bilah-bilah memanjang.

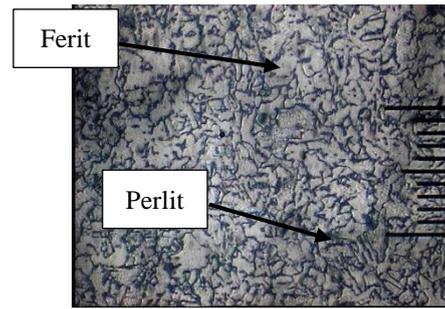
Struktur Mikro Kampuh U Elektroda AWS E 6013



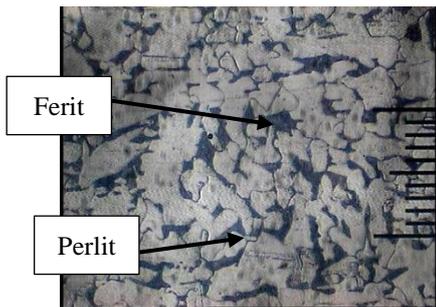
Gambar 13. Struktur mikro logam las kampuh U 13 elektroda E 6013



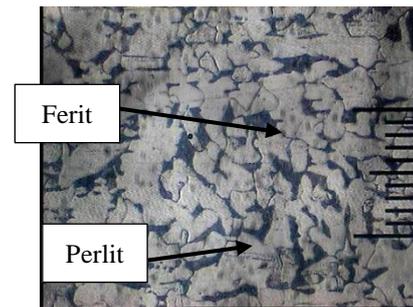
Gambar 14. Struktur mikro HAZ kasar kampu U 13 pembesaran 100x



Gambar 17. Struktur mikro HAZ kasar kampu U 18 pembesaran 100x



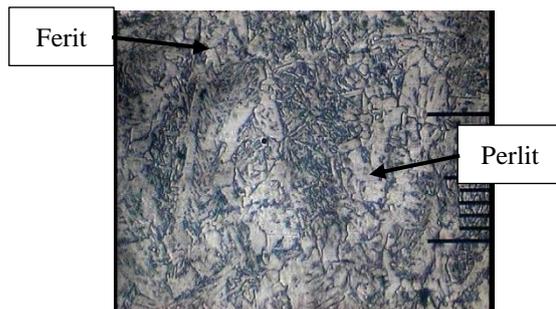
Gambar 15. Struktur mikro logam induk kampu U 13 pembesaran 100x



Gambar 18. Struktur mikro logam induk kampu U 13 pembesaran 100x

Berdasarkan gambar 13, gambar 14, dan gambar 15, struktur mikro pada kampu U pengelasan menggunakan elektroda E 6013 struktur mikro yang terbentuk adalah perlit dan ferlit. Untuk struktur mikro anatar ferit dan perlit terlihat bahwa daerah HAZ kasar tersusun rapat dibandingkan dengan daerah las dan logam induk.

Struktur Mikro Kampuh U Elektroda AWS E 7018



Gambar 16. Struktur mikro logam las kampu U 18 elektroda E 6013

Berdasarkan gambar 16, gambar 17, dan gambar 18, struktur mikro yang terdapat kampu U dengan elektroda E 7018 adalah ferit dan perlit. Kerapatan struktur antara ferit dan perlit di daerah HAZ kasar maupun halus hampir tidak berbeda. Sedangkan struktur micro pada daerah las struktur perlit lebih banyak daripada ferit.

Merujuk kampu V, kampu X dan kampu U menggunakan elektroda E 6013 dan elektroda E 7018 terdapat kesamaan yaitu terdapat dua struktur perlit dan ferlit. Berdasarkan gambar struktur mikro terlihat jelas yang membedakan adalah kerapatan butiran ferrit dan bentuk butiran struktur yang terdapat pada daerah HAZ kampu V, kampu X dan kampu U dengan elektroda E 6013 serta elektroda E 7018.

SIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai rata rata tegangan tarik tertinggi pengelasan SMAW pada sambungan baja ST 37 dengan elektroda yaitu sebesar 416,46 MPa menggunakan elektroda E 6013 kampu V.

2. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi pengelasan SMAW pada sambungan baja ST 37 dengan variasi jenis elektroda E 7018 sebesar 217,8 VHN pada daerah las.
3. Struktur mikro hasil pengelasan SMAW pada sambungan baja ST 37 menunjukkan adanya struktur ferrit dan perlit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Salahudin, Y. Ihza, C. Pramono, and S. Widodo, "Analisis Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW Dengan Variasi Bentuk Kampuh Las," *J. Mech. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–14, 2021.
- [2] L. I. Saputra, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Akibat dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi P Tarik, Kekuatan engelasan," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 215–226, 2019.
- [3] F. Ramadhan, A. Irawan, and F. A. Kurniawan, "Arus Pengelasan Terhadap Tarik Las SMAW Elektroda E6013 Pada Baja Karbon Rendah," *J. SiMeTRi Rekayasa*, vol. 2, no. 2, pp. 116–122, 2020.
- [4] M. A. Shomad and M. S. Mushfi, "Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Las E 6013 dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Bahan Baja SS 400," *Din. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 73–79, 2017.
- [5] A. N. Kurniawan, Suharno, and I. Widiastuti, "Pengaruh Variasi Bentuk Kampuh Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Dan kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan Baja SS400 Dengan Metode SMAW," *Libr. UNS*, pp. 1–10, 2017.
- [6] R. N. Fridayan, H. Pratikno, and H. Ikhwani, "Analisis Pengaruh Variasi Heat Input dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW Weld Joint Pelat Baja A 36 Terhadap Sifat Mekanik," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [7] S. Huda, J. Waluyo, and T. Fintoro, "Analisa Pengaru Variasi Arus dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW Terhadap Distorsi Sudut dan Kekuatan Tarik Sambungan Butt-Join Baja AISI 4140," *Jurnal Teknologi*, vol. 6, no. 2, pp. 193–200, 2013.
- [8] F. Rokhmani, "Analisa Kekuatan Pengelasan Dengan Uji Tarik Pada Rangka Mobil Listrik Black Bull," 2020.
- [9] A. Sanjaya and C. Sutowo, "Pengaruh Hasil Pengelasan Gtaw Dan Smaw Pada Pelat Baja Sa 516 Dengan Kampuh V Tunggal," *J. Tek.*, vol. 1, pp. 10–16, 2007.
- [10] M. Siddiq, N. Nurdin, and I. Amalia, "Pengaruh Jenis Kampuh Terhadap Ketangguhan Sambungan Pengelasan Material St37 Dengan AISI 1050 Menggunakan Proses SMAW," *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–16, 2019.
- [11] M. Fadhil, "Pengaruh Posisi Pengelasan Dan Jenis Elektroda E 7016 Dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah Trs 400," 2018, doi: 10.31227/osf.io/4pqsc.
- [12] R. M. Veranika, M. A. Fauzie, H. Ali, and M. Solihin, "Studi Pengaruh Variasi Elektroda E 6013 Dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Bahan Baja Karbon Rendah," *Desiminasi Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 116–122, 2019.
- [13] M. Sobirin, H. Purwanto, and I. Syafa'at, "Analisis Pengaruh Variasi Kampuh Pengelasan SMAW DC Terhadap Tegangan Tarik, Kekerasan, Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah," *Momentum*, vol. 15, no. 2, pp. 127–131, 2019.