

EFFECT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SA 333 GRADE 9 STEEL ON SMAW METHOD WELDING WITH E 7018 ELECTRODES

(Pengaruh Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Sa 333 Grade 9 Pada Pengelasan Metode Smaw Dengan Elektrode E 7018)

T. Jukdin Saktisahdan¹, Zufri Hasrudy Siregar^{2*}, Mawardi³, Abdul Latif S⁴

ABSTRACT

Welding is a permanent connection method; one method is MAW (Shielded Metal Arc Welding). This is welding using an electric flame in an arc to melt metal with heat. This use can be used in almost all positions and is considered relatively economical with quality depending on the user. In this study, the aims were to determine the tensile strength of SA333 grade 9 carbon steel and to test the hardness value of the base metal in the HAZ area and the weld metal. From the analysis of this study, a tensile test was carried out after welding the material, as well as a hardness test which was visualized by the macro and micro structures of the test material. This study concludes that the results of tensile testing on SA333 grade 9 carbon steel Raw Material have a maximum value of 6450 and a fracture stress of 4900 MPa, as well as the hardness value on the base metal, the HAZ area, and the weld metal area has the highest hardness value of 4530 HVN compared to of base metal and HAZ.

Keywords: SMAW, Carbon SA333 Grade 9, Tensile Test, Hardness Test

PENDAHULUAN

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yaitu sambungan permanen dengan memanfaatkan nyala listrik pada busur untuk mencairkan logam dengan panasnya. Disebabkan kalor dari busur listrik, maka ujung elektrode dan induk logam akan mencair dan mengeras bersamaan (Azwinur & Muhazir, 2019). Untuk metode pengelasan ini sangat cocok pada bahan logam ferro dan nonferro pada beberapa jenis ketebalan. Penggunaan ini bisa digunakan pada

^{1,2} Universitas Asahan, Kisaran, Indonesia

^{3,4} Universitas Al Azhar, Medan, Indonesia

*Corresponding author:

rudysiregar7@gmail.com

hamper semua posisi serta ditinjau relatif ekonomis dengan kualitas yang tergantung pada penggunaannya (Suherman et al., 2020). Hal-hal yang dapat memengaruhi pengelasan/las ialah prosedur pengelasan. prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu yang terencana untuk penelitian di mana dapat meliputi cara pembuatan konstruksi las terencana dan spesifikasi yang dapat menentukan segala sesuatu yang diperlukan dalam pelaksanaannya (Prayitno et al., 2018). Pengelasan yang menfungsikan elektrode E7018 dengan hasil perit yang lebih halus dan hasil kekuatan tarik tersebut sebesar $419,5 \text{ Kn/mm}^2$ (Winardi et al., 2020). Terkait dengan hal tersebut, proses pengelasan tidak terlepas pada bahan yang digunakan, menurut penelitian (Hidayutullah et al., 2020) bahwa bahan baja memiliki kekurangan bila dipakai pada industri yaitu korosi, dimana hal ini memengaruhi sifat fisis dan mekanisnya. Umumnya pemilihan material dengan menggunakan logam (metal) telah banyak dilakukan yaitu sejak tahun 1950-an dengan standar API Code 5L untuk pemilihan material pipa. Setiap jenis material juga memiliki sifat masing-masing, seperti zat dan bahan lainnya, sifat material baja bergantung pada komposisi kimia, kekuatan material dan toleransi pipa di industri dan manufaktur (Almuzikri et al., 2021).

Material SA 333 Grade 9

Material SA 333 grade 9 merupakan jenis bahan untuk jenis papa fitting yang diproduksi menggunakan bahan flat seperti *restriction orifices*, *orifice flates* dan lainnya, standar bahan tersebut sudah diatur dalam Standar Baja Industri Nasional di Indonesia (Dewi & Sriyana, 2019). Pada industri gas dan minyak yang terkhusus pada Pengoperasian gas penuh pada temperatur rendah memerlukan material yang sangat khusus, baja karbon rendah atau umumnya dikatakan *Low Temperatur Carbon Steel* (LTCS) di mana bahan tersebut dapat digunakan sebab mampu dipergunakan pada temperature -45°C (Amri et al., 2022).

Baja Karbon

Baja diartikan sebagai campuran logam dengan besi di mana unsur terpenting adalah karbon sebagai bahan penguat (Saefuloh et al., 2018). Baja karbon adalah bahan di mana unsur utamanya adalah Fe, unsur lain yang memengaruhi sifatnya yaitu karbon serta komponen lainnya. Baja karbon diklasifikasikan dengan 3 jenis yaitu:

1. Baja karbon rendah yaitu baja yang mempunyai unsur karbon $< 0,3\%$
2. Baja karbon menengah yaitu baja yang mempunyai unsur karbon $0,3-0,7\%$
3. Baja karbon tinggi yaitu baja memiliki unsur karbon $0,7\%-1,4\%$

Material dengan klasifikasi ini memiliki keterbatasan dalam kaitannya dengan ketahanan korosi, untuk mengatasinya perlu dilakukan peningkatan kinerja baja karbon yaitu dengan lapisan pelindung. (Rasyad & Arto, 2018). Korosi sendiri memiliki pengertian sebagai proses menurunnya mutu logam dikarenakan logam tersebut terhadap lingkungannya (Afandi et al., 2020)

Pengelasan

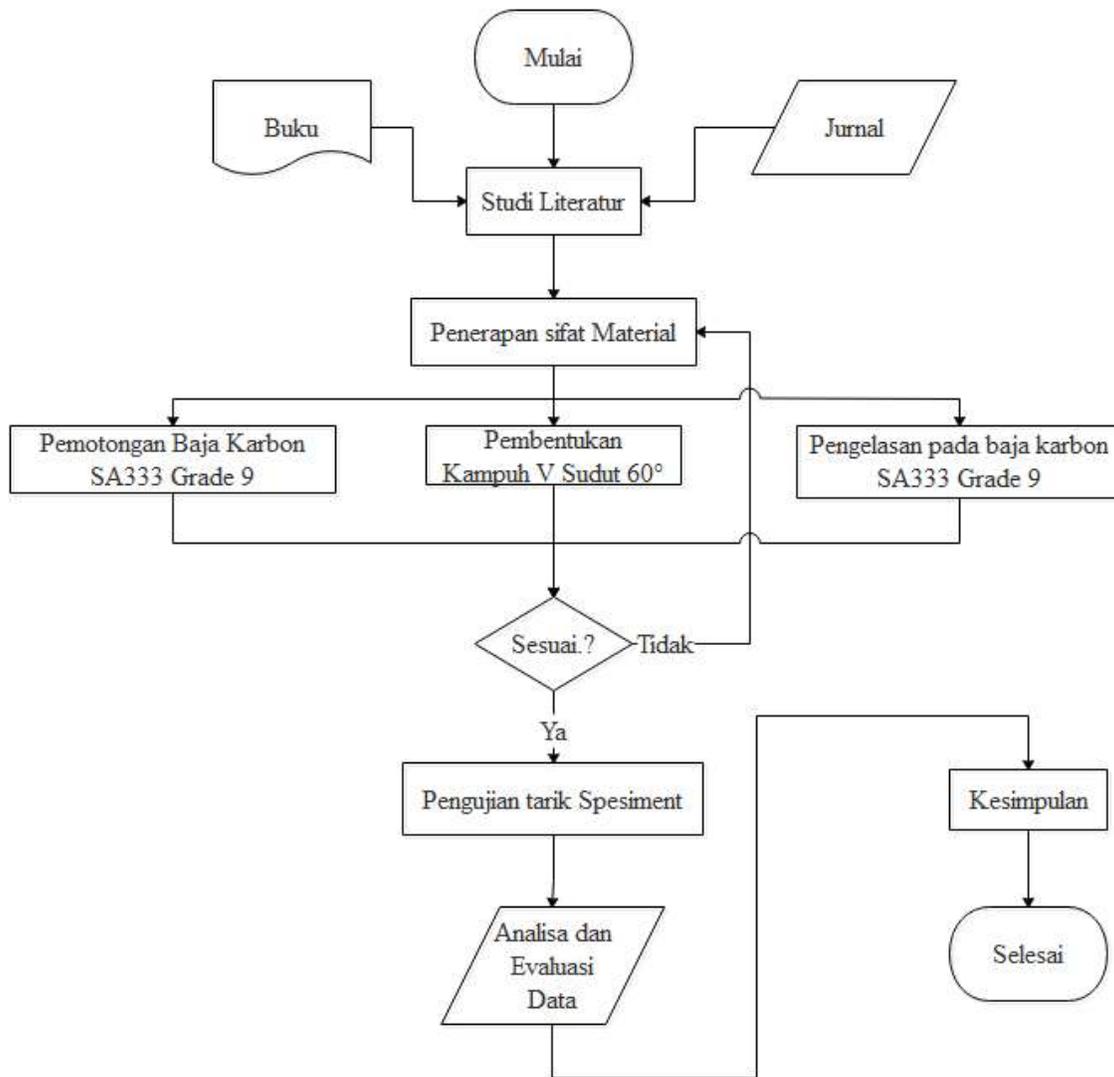
Pada proses manufaktur, proses dalam pengelasan untuk menyambungkan dua benda atau lebih merupakan hal yang penting. Pengelasan adalah penyambungan pada benda kerja dengan menggunakan beberapa batang logam yang kemudian dipanaskan dengan energi (Julian et al., 2019). Bila merujuk pada *American Welding Society* (AWS) definisi las yaitu komposisi metalurgi yang saling terhubung di mana proses sambungan logam atau paduan logam dilakukan dalam kondisi mencair (Nugroho & Setiawan, 2018). Perkembangan teknologi yang pesat, telah melahirkan berbagai teknologi pengelasan seperti metode *Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM) di mana metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengurangi cacat pada teknik fusi (Xia et al., 2020) serta prinsip kerja seperti pembuatan 3D printing.

Metode *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) yaitu yaitu pengelasan dengan memanfaatkan busur listrik sebagai penyebab datangnya energi panas yang berfungsi melelehkan logam las elektrode (Vietanti et al., 2021). Menurut penelitian yang dilakukan (Rezaeian et al., 2020) menyatakan bahwa pengelasan dengan metode ini menunjukkan menurunnya 50% kekuatan las baja pada suhu 400°C dan hal itu juga dipengaruhi oleh jenis elektorda yang dipakai sewaktu pengelasan. Peneliti lain juga mengungkapkan bahwa metode tersebut dapat meningkatkan kekuatan sambungan las bila arus pengelasan dan sudut nya ditingkatkan (Suheni et al., 2021)

METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yaitu melakukan pengujian dan analisis data yang didapatkan melalui percobaan melalui mekanisme teori yang empirikal serta didukung dengan studi literatur (Adlini et al., 2022).



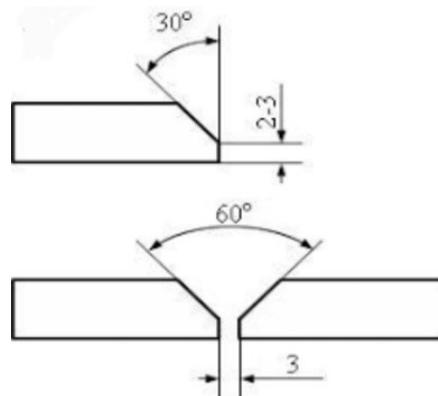
Gambar 1. Flowchart Penelitian

Spesimen Uji

Pipa Baja SA 333 yang telah dilas kemudian dipotong menggunakan gerinda hingga berbentuk persegi panjang. Tujuan dari pemotongan adalah agar mudah saat pembentukan spesimen uji pada mesin milling. Hasil dari pemotongan tadi kemudian diukur dan dilakukan pembubutan sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan untuk pengujian (Gudino-Elizondo et al., 2022). Jumlah sample dalam penelitian ini adalah harus mempersiapkan benda uji yang ingin di uji.

1. Pengerjaan Kampuh V

Pengerjaan kampuh V memanfaatkan mesin milling, benda kerja yang sudah dipersiapkan lalu digergaji dengan dengan panjang 30 Cm. Bahan yang sudah dipotong, lalu benda kerja tersebut ditandai menggunakan spidol atau penggores, Tepi permukaan di ukur dengan kedalaman 2-3 mm lalu dirpoyeksikan pada sudut 60° . Setelah bahan digambar, Bahan dicekan lalu dikerjakan milling pada sudut 60° .



Gambar 2. Kampuh V

2. Prosedur pengerjaan Las

Tahapan yang dikerjakan sewaktu Pengelasan yaitu:

1. Pemasangan mesin las.
2. Persiapan benda kerja dilakukan dengan baik
3. Pada proses pengelasan, dilakukan dengan cara pengelasan miring
4. Jenis kampuh yang disiapkan adalah kampuh V, Sudut 60° , dengan lebar 3 mm.

5. Memasang elektrode dengan menyesuaikan arus serta ketebelan pipa, dalam pengerjaan tersebut diambil elektrode jenis E7018 dengan diameter elektrode 3.2 mm
6. Mengatur ampere meter yang sudah dipersiapkan sebagai alat yang digunakan mengukur dengan posisi jarum nol, lalu pada salah satu penjepit kabel dimanfaatkan sebagai penjepit kawat elektrode. Alat las dinyalakan serta kawat elektrode di goreskan sampai menyala, ampermeter diatur pada angka 90 A. Kemudian dilakukan penyambungan untuk benda kerja secara bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan yang tertera *distopwatch*.

3. Uji Tarik

Pengujian tarik ini dikerjakan dengan tujuan untuk melihat sifat mekanis terhadap tarikan pada benda kerja, pada penelitian ini uji tarik dilakukan dilaboratorium, dimana dari hasil pengelasan pipa baja SA333 di bentuk specimen uji tarik sesuai standar ASME



Gambar 3. Spesimen Uji Tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

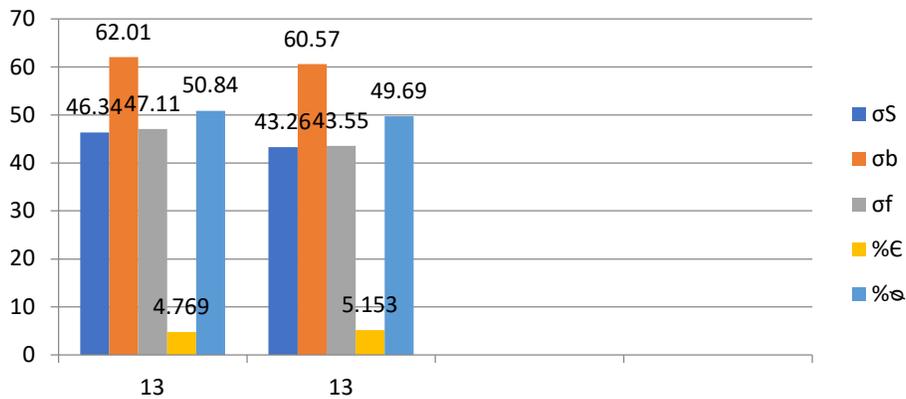
Uji tarik dikerjakan sebagai dasar untuk melihat sifat fisik dan mekanik baja. Hasil dari pengerjaan tarik umumnya untuk kekuatan tarik, arus pada pengelasan serta pengaruh Elektrode E7018.



Gambar 4. Hasil Pengujian Tarik Pada Spesimen

Pada gambar tersebut diartikan terjadinya perpatahan di akibatkan adanya pengujian pada flat baja yang di mana pengujian tersebut dikerjakan uji Tarik dengan memanfaatkan mesin uji Tarik manual. Awal mula terjadinya perpatahan di berikan tekanan sebesar 1000 kg/mm² pada saat itu mulailah terjadinya perenggangan terhadap spesimen yang di uji, pada titik selanjutnya terjadinya kerusakan pada spesimen yang di uji dengan tekanan 4500 kg/mm², setelah melewati batas maksimum yaitu 6450 kg/mm² maka dari flat tersebut terjadilah perpatahan yang dimana ternyata perpatahan tersebut tidak terjadi pada las yang di uji dimana patahan tersebut patah pada flat yang dilakukan pengelasan yaitu di pangkal pembentukan pada pengujian tersebut

Analisa Grafik Flat Pipa Baja SA333 GRADE 9

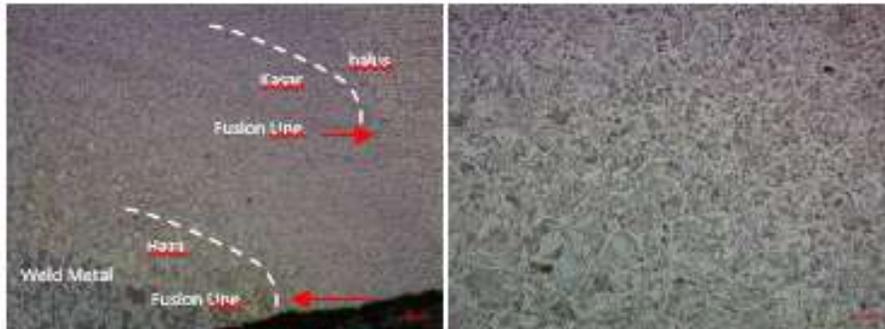


Gambar 5. Grafik Pada Percobaan Flat Pipa Baja SA333 Grade 9

Pada Grafik di atas dapat disimpulkan bahwa awal kekerasan uji tarik pada baja mengalami suatu kenaikan nilai regangan pada *spesimen*. Pada kekuatan awal uji tarik pada baja juga mengalami suatu kenaikan di mana sebuah *specimen* mengalami kerenggangan yang di akibatkan adanya suatu penarikan pada *specimen* dan pada akhir kekuatan uji tarik pada baja mengalami penurunan di mana *specimen* tersebut mulai memanjang dan akhir tegangan terjadinya perputusan pada saat pengujian akhir. Maka dari hasil pengujian ini dilakukan uji tarik pada baja dan kekerasan uji tarik pada baja mengalami kenaikan

Data Sheet Percobaan Pengujian Tarik Pada Baja

Hasil dari pengujian Kekerasan Haz Kasar pada daerah las dan *raw material* adalah lokasi yang dipengaruhi energi panas yang disebabkan karena logam las, pada gambar di bawah ini tampak pada daerah Haz kasar memiliki butiran ferit acicular yang kasar



a. Struktur Mikro Haz kasar Dengan embesaran 200 x

b. Struktur Mikro Haz dengan pembesaran 200 x



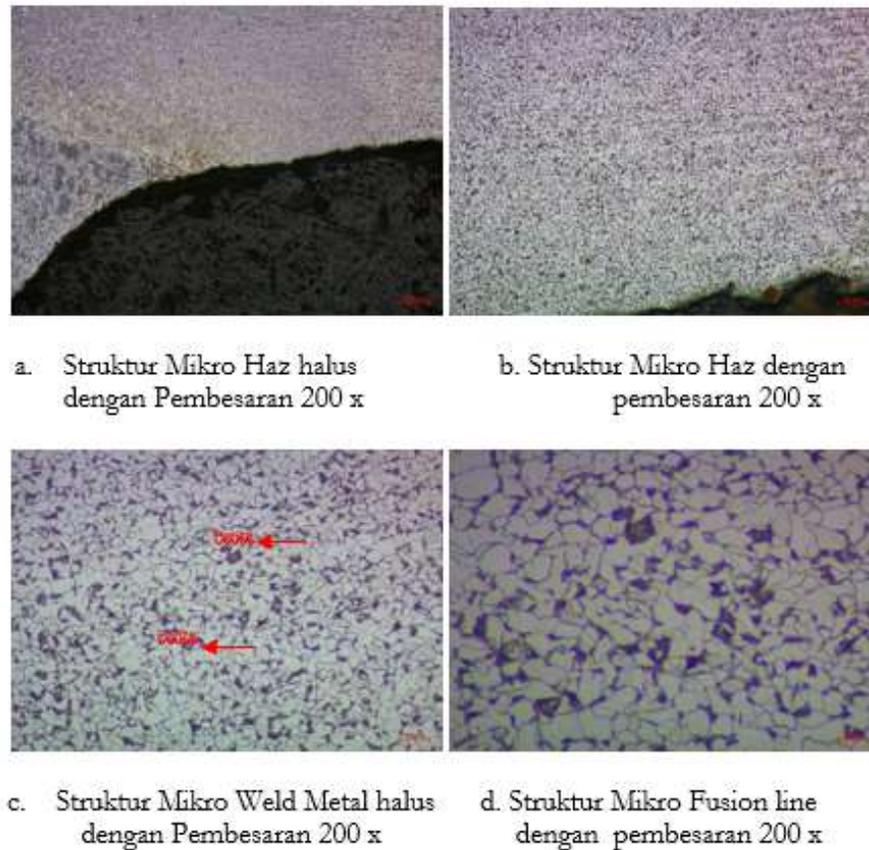
c. Struktur Mikro Weld Metal dengan pembesaran 200 x



d. Struktur Mikro Fusion line dengan pembesaran 200 x

Gambar 6. Hasil Pengujian Kekerasan Haz Kasar

Penelitian Mikrostruktur pada induk logam baja serta sesudah pengelasan dilakukan pada baja SA 333 grade 9 ditunjukkan pada gambar 6. Induk logam yang memiliki mikrostruktur terdiri dari *fasa ferlite* (warna hitam), umumnya didominasi pada struktur *fasa ferit* pada ukuran butir ferit 20-30 μm sedangkan *fasa ferlit* berukuran 10-20 μm

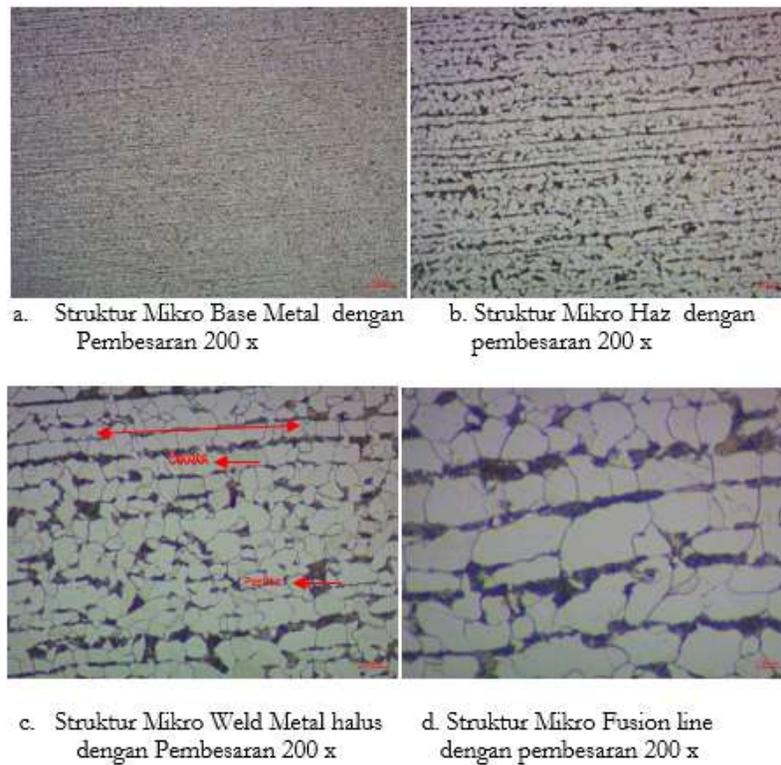


Gambar 7. Hasil Pengujian Kekerasan Haz Halus

Gambar 7 memperlihatkan mikrostruktur didaerah Haz. Kapasitas butir ferit terjadi perubahan komposisi berubah lebih kecil perkiraan ukuran kira-kira 10-20 μm . Pada daerah Haz terdapat dua wilayah, zona sebagian meleleh (*Partial Melting Zone*) dan zona yang terpapar panas TAZ. Zona sebagian meleleh (PMZ) selalu ada pada semua proses las fusi dalam paduan baja disebabkan transisi dari 100% cair ke 100% padat terjadi pada batas fusi. Penentuan T-HAZ diperoleh agar dapat membedakan posisi HAZ pada semua reaksi metalurgi terproses pada keadaan padat

Pengujian Kekerasan Base Metal

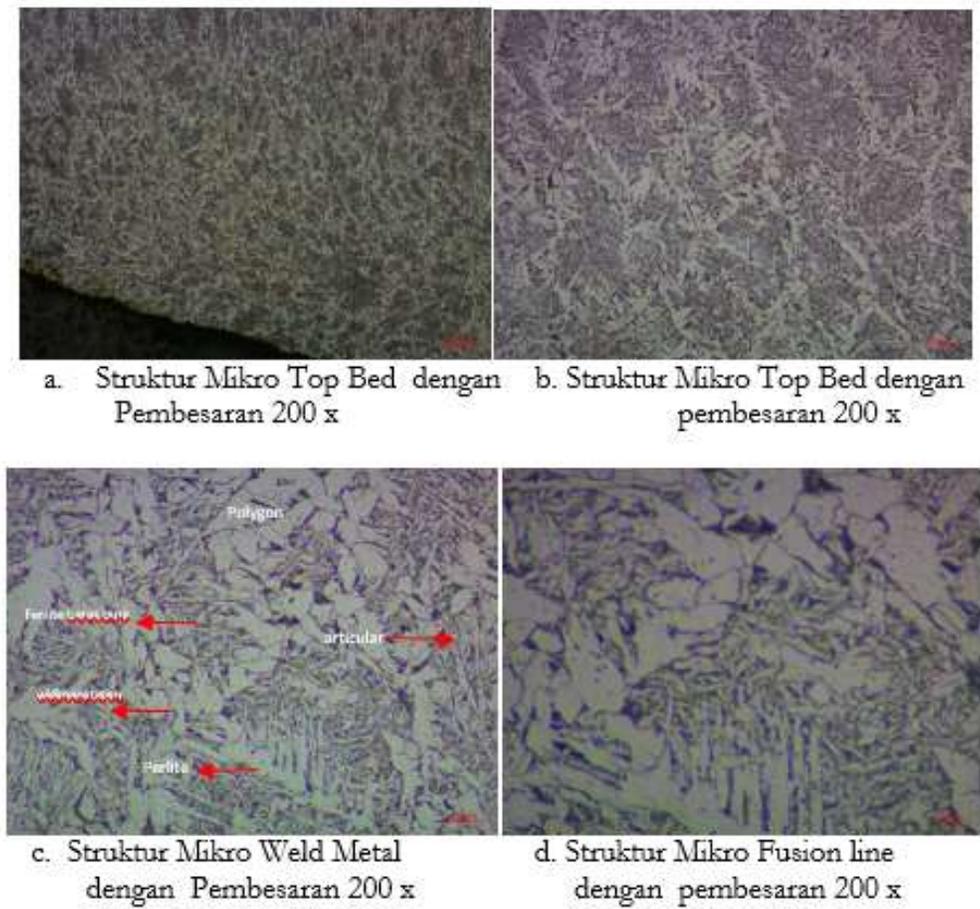
Garis fusi (*fusion line*) membagi antara lokasi las (*weld zone*) dan lokasi Haz yang dapat dilihat pada gambar 8. Daerah fusi memiliki dua lokasi, yaitu lokasi campuran mewakili tahapan tersebut pada zona fusi yaitu logam dasar serta logam pengisi bercampur.



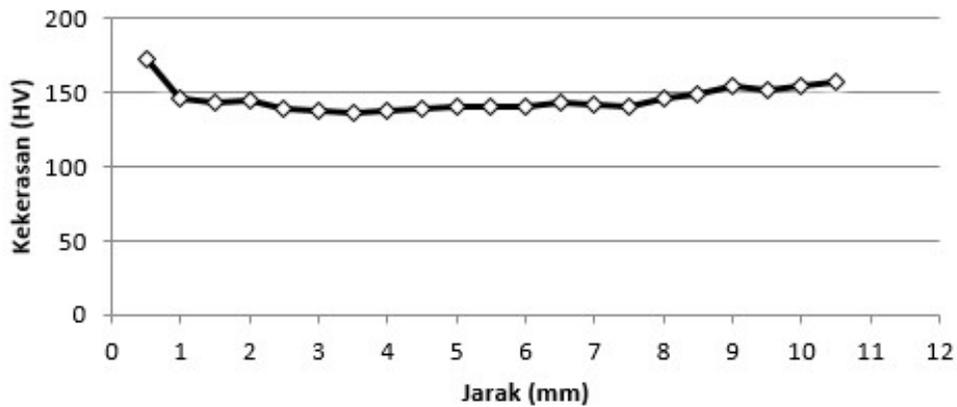
Gambar 8. Hasil Pengujian Kekerasan Base Metal

Pengujian Kekerasan Top Bed

Pada logam las (*weld metal*) dari pengamatan mikro dengan menggunakan mikroskop metalurgi, memiliki komposisi ferit batas butir (*grain boundary ferrite*), widmanstatten ferit dan acicular ferit (Heidarzadeh et al., 2021). Struktur mikro yang berubah di daerah las tersebut disebabkan perpindahan panas pada kurun waktu pemanasan serta terjadinya kontraksi pada kurun waktu pendinginan yang menjadikan pola tegangan yang rumit pada daerah sekitar lasan, kemudian tegangan tersebut bisa memengaruhi struktur mikro dan sifat sifat pada lasan.



Gambar 9. Hasil Pengujian Kekerasan Top Bad



Gambar 10. Tampilan Uji Kekerasan Pada Baja SA 333 Grade 9 Dengan Metode SMAW

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang sudah dilakukan maka ditarik kesimpulan antaralain:

1. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pada Raw Material untuk baja karbon SA333 grade 9 memiliki kapasitas kekuatan tarik lebih tinggi yaitu nilai maksimal sebesar 6450 dan tegangan patah 4900 MPa.
2. Hasil perhitungan kekerasan benda kerja, adanya perbedaan antara nilai kekerasan pada *base metal*, lokasi HAZ dan daerah *weld metal*. pada daerah *weld metal* mempunyai nilai kekerasan yang tertinggi yaitu sebesar 4530 HVN di bandingkan dari base metal dan HAZ.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlini, M. N., Dinda, A. H., Yulinda, S., Chotimah, O., & Merliyana, S. J. (2022). Metode penelitian kualitatif studi pustaka dan studi lapangan. *Pre-print Digital Library UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v6i1.3394>
- Afandi, A., Tanjung, I., Nasution, A. R., Fonna, S., & Huzni, S. (2020). Investigasi laju korosi atmosferik baja karbon rendah profil segiempat di kawasan industri medan. *Jurnal Teknologika*, 10(1), 1–4. <https://jurnal.wastukencana.ac.id/index.php/teknologika/article/view/31>
- Almuzikri, W. A., Usman, U., & Bukhari, B. (2021). Analisis pengaruh variasi arus terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada pengelasan material SM 400 B. *Journal of welding technology*, 3(2), 40–46. <https://doi.org/10.30811/jowt.v3i2.2510>
- Amri, M. S., Kurniyanto, H. B., Suyono, Y. E., & Rohmat, I. K. (2022). Analisis multiple repair pada material baja karbon SA 333 Grade 6 dengan proses GTAW terhadap kekerasan, ketangguhan, dan struktur mikro. *Jurnal Invotek Polbeng*, 12(1), 15–22. <https://doi.org/10.35314/ip.v12i1.2309>
- Azwinur, & Muhazir. (2019). Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 19–25. <https://doi.org/10.30811/jpl.v17i1.870>
- Dewi, D., & Sriyana, S. (2019). Spesifikasi, Kode dan Standar Baja Nasional dan Potensinya untuk Mendukung Program PLTN Tipe LWR di Indonesia. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 20(2), 111. <https://doi.org/10.17146/jpen.2018.20.2.4516>
- Gudino-Elizondo, N., Brand, M. W., Biggs, T. W., Hinojosa-Corona, A., Gómez-Gutiérrez,

- Á., Langendoen, E., Bingner, R., Yuan, Y., & Sanders, B. F. (2022). Rapid assessment of abrupt urban mega-gully and landslide events with structure-from-motion photogrammetric techniques validates link to water resources infrastructure failures in an urban periphery. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(2), 523–538. <https://doi.org/10.5194/NHESS-22-523-2022>
- Heidarzadeh, A., Mironov, S., Kaibyshev, R., Çam, G., Simar, A., Gerlich, A., Khodabakhshi, F., Mostafaei, A., Field, D. P., Robson, J. D., Deschamps, A., & Withers, P. J. (2021). Friction stir welding/processing of metals and alloys: A comprehensive review on microstructural evolution. *Progress in Materials Science*, 117, 100752. <https://doi.org/10.1016/J.PMATSCI.2020.100752>
- Hidayutullah, S., Gapsari, F., & Setyarini, P. H. (2020). Pengaruh variasi konsentrasi inhibitor dari kitosan sisik ikan terhadap peeerilaku korosi besi ASTM A36: Studi ekstrapolarisasi tafel dan eis. *Rekayasa Mesin*, 11(1), 125–131. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.01.6>
- Julian, N., Budiarto, U., & Arswendo, B. (2019). Analisi perbandingan kekuatan tarik pada sambungan las baja SS400 pengelasan MAG dengan variasi arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal. *Teknik Perkapalan*, 7(2), 421–430. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/24512>
- Nugroho, A., & Setiawan, E. (2018). Pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las plate Carbon Steel ASTM36. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(2), 134–142. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/24512>
- Prayitno, D., Hutagalung, H. D., & Aji, D. P. B. (2018). Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekerasan lapisan lasan pada Baja ASTM A316. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v3i1.19109>
- Rasyad, A., & Arto, B. (2018). Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(3), 173–182. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.03.4>
- Rezaeian, A., Keshavarz, M., & Hajjari, E. (2020). Mechanical properties of steel welds at elevated temperatures. *Journal of Constructional Steel Research*, 167(xxxx), 105853. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.105853>

- Saefuloh, I., Haryadi, H., Zahrawani, A., & Adjiantoro, B. (2018). Pengaruh proses quenching dan tempering terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah dengan paduan laterit. In *Flyheel: Jurnal Mesin Untirta* (Vol. 4, Nomor 1, hal. 56–64). <https://doi.org/10.36055/fw1.v1i1.3372>
- Suheni, Rosidah, A. A., Ramadhan, D. P., Agustino, T., & Wiranata, F. F. (2021). Effect of Welding Groove and Electrode Variation to the Tensile Strength and Macrostructure on 304 Stainless Steel and AISI 1045 Dissimilar Welding Joint Using SMAW Process. *Journal of Physics: Conference Series*, 2117(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2117/1/012018>
- Suherman, S., Kuncoro, H. D., Abdullah, I., & Mizhar, S. (2020). Analisa hasil pengelasan baja SA333 grade 6 untuk aplikasi PLTN. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 22(1), 9. <https://doi.org/10.17146/jpen.2020.22.1.5945>
- Vietanti, F., Rajan, A. F., Arifin, A. A., Feryanto, D. H., Suheni, Irawan, H., Ulum, M., Arif, R. Z., Dicky, M. A., & Darmawan, F. B. (2021). Analysis of Welding Position and Current on Mechanical Properties of A36 Steel using Shield Metal Arc Welding. *Journal of Physics: Conference Series*, 2117(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2117/1/012001>
- Winardi, Y., Fadelan, F., Munaji, M., & Krisdiantoro, W. N. (2020). Pengaruh elektroda pengelasan pada Baja AISI 1045 dan SS 202 terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(2), 86. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i2.27772>
- Xia, C., Pan, Z., Polden, J., Li, H., Xu, Y., Chen, S., & Zhang, Y. (2020). A review on wire arc additive manufacturing: Monitoring, control and a framework of automated system. *Journal of Manufacturing Systems*, 57(July), 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.08.008>