

Pengaruh Variasi Jenis Arus Las SMAW Terhadap Keretakan Hasil Pengujian *Bending* dan Struktur Mikro Pada Material AISI 1010

Moh. Hasyim Zaenul Abidin^a, Eko Sutarto^b,

Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe
Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No.1 Mentul Cepu, Blora
udinhasyim634@gmail.com

Diterima : 12-12-2023

- Direview : 20-12-2023

- Diterbitkan : 31-12-2023

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jenis arus las SMAW terhadap keretakan yang terjadi pada uji bending dan mengetahui struktur mikro akibat pengaruh variasi jenis arus las SMAW pada material AISI 1010. Metode Pengujian yang dilakukan untuk mendukung penelitian ini menggunakan metode pengujian bending dan pengamatan struktur mikro. Pengujian bending digunakan untuk mengetahui kekuatan material setelah dilas menggunakan variasi jenis arus pengelasan apakah terjadi keretakan atau tidak. Pengamatan struktur mikro digunakan untuk mengetahui struktur mikro AISI 1010 sebelum dan setelah dilas menggunakan polaritas AC, DC-, dan DC+. Dari hasil pengujian bending pengelasan menggunakan arus AC lebih baik dan tidak mengalami retak. Ini diakibatkan kandungan ferlit lebih tinggi dari perlit karena ferit bersifat lunak. Bentuk struktur mikro dari material AISI 1010 yang dilas menggunakan jenis arus AC, DC-, dan DC+ mengalami perubahan pada ferrite dan pearlite

Kata Kunci: AISI 1010, Arus las AC, DC-, DC+, *Bending* dan struktur mikro

Abstract

This research aims to determine the effect of variations in the type of SMAW welding current on cracks that occur in bending tests and to determine the microstructure due to the influence of variations in the type of SMAW welding current on AISI 1010 material. The testing method carried out to support this research uses the bending test method and microstructure observation. Bending testing is used to determine the strength of the material after it has been welded using various types of welding current, whether cracks occur or not. Microstructural observations were used to determine the microstructure of AISI 1010 before and after welding using AC, DC-, and DC+ polarities. From the results of the welding bending test using AC current is better and does not experience cracks. This is because the ferrite content is higher than pearlite, because ferrite is soft. The shape of the microstructure of the AISI 1010 material which is welded using AC, DC-, and DC+ current types has changed in ferrite and pearlite.

Keyword: AISI 1010, AC welding current, DC-, DC+, *Bending* and microstructure.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang terus berkembang tidak dapat dipisahkan dari pengelasan, karena berperan penting dalam desain dan perbaikan logam. Pembangunan konstruksi saat ini melibatkan banyak elemen las terutama di bidang Teknik. Bidang penerapan Teknik las dalam konstruksi sangat luas meliputi transportasi, jembatan, rangka baja, bejana tekan, peralatan transportasi, rel, pipa, dll. (Zainal, et al., 2018)

Las menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) adalah ikatan metalurgi las pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Pengelasan adalah proses penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi atau dengan tanpa tambahan logam dan menghasilkan sambungan.

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi dua macam yaitu searah *Direct Current*(DC) di mana DC

dibedakan antara DCEN dan DCEP, dan bolak – balik *Alternating Current* (AC).

Penggunaan las busur AC atau DC selama pengelasan mempengaruhi kekuatan las. Sejumlah faktor juga mempengaruhi kekuatan las, antara lain: proses las, jenis las, jenis elektroda, diameter elektroda dan arus listrik yang digunakan.

Jenis arus las SMAW yang digunakan dapat mempengaruhi suhu dan laju pendinginan zona logam las dan HAZ. Jika arus las terlalu rendah, maka suhu logam cenderung lebih rendah dan pendinginan lebih lambat, sehingga dapat menyebabkan kandungan karbon di WMZ dan HAZ meningkat, yang dapat membuat material lebih keras terhadap pengujian bending. Di sisi lain, jika arus las terlalu tinggi, suhu logam menjadi sangat tinggi dan laju pendinginan menjadi sangat cepat, yang dapat menyebabkan retak pada material.

Baja AISI 1010 adalah baja karbon rendah yang biasanya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan keuletan yang tinggi. Saat baja dilas (Weld Metal Zone – WMZ) dan zona sekitar logam las (Heat Affected Zone – HAZ) dapat mengalami perubahan struktur mikro yang dapat mempengaruhi sifat mekanis material.

2. Kerangka Teori

2.1 Low carbon Steel AISI 1010

Baja karbon rendah banyak digunakan dalam proses pembentukan lembaran logam seperti bodi kendaraan serta suku cadang otomotif lainnya. Dari semua baja yang berbeda, baja yang paling banyak diproduksi adalah termasuk dalam klasifikasi karbon rendah. Baja ini biasanya mengandung kurang dari sekitar 0,25% berat C dan tidak bereaksi terhadap perlakuan panas yang dirancang untuk membentuk martensit, penguatan dicapai dengan kerja dingin.

Pemilihan material baja AISI 1010 didasarkan pada fakta bahwa material ini sering digunakan di bidang pengolahan di Indonesia. Untuk komposisi AISI 1010 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi AISI 1010

No.	Unsur	%
1	Carbon (C)	0,08 – 0,13
2	Mangan (Mn)	0,30 – 0,60
3	Phosporus (P)	0,040
4	Sulphur (S)	0,05

2.2 Las SMAW

SMAW adalah proses pengelasan busur manual di mana pemanasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam flux atau slag yang terbentuk. (Bagaskoro, 2018).

Pemindahan elektroda terbungkus dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Las Elektroda Terbungkus (Wirjosumarto and Okumura, 2008)

2.3 Elektroda

Dalam pengelasan, elektroda adalah salah satu komponen penting dari proses pengelasan dengan busur listrik SMAW. Elektroda dalam pengelasan adalah batang logam yang dilapisi oleh *fluks* untuk membentuk busur listrik saat digunakan. *Fluks* pada elektroda berfungsi untuk menghindari terjadinya oksidasi dan menyediakan perlindungan gas yang diperlukan selama proses pengelasan.

Kode elektroda sudah di standardisasi oleh AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society for Testing Materials*). Simbol atau kode yang diberikan yaitu satu huruf E yang diikuti oleh empat atau lima angka di belakangnya, contoh E6013. Sedangkan simbol standardisasi JIS (*Japan Industrial Standard*), kode yang diberikan yaitu satu huruf D yang diikuti oleh empat atau lima angka di belakangnya, contoh D5016.

Elektroda dengan kode E6013, untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing-masing, yaitu:

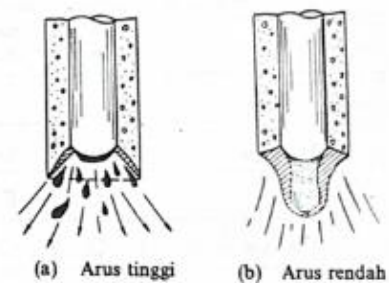
E : Elektroda untuk las busur listrik.

60 : Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1.000 psi, jadi 60.000 psi atau 42,2kg/mm²

1 : Menyatakan posisi pengelasan, angka 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi.

3 : Menunjukkan jenis fluks hidrogen rendah.

Pemindahan logam cair dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 a. Pemindahan Logam Cair Arus Tinggi dan b. Pemindahan Logam Cair Arus Rendah (Wirjosumarto and Okumura, 2008)

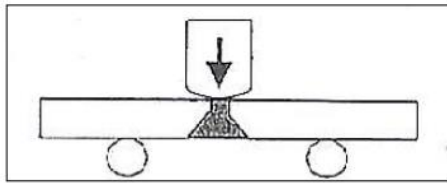
2.4. Uji bending/Tekuk

Uji *bending* adalah bentuk pengujian yang secara visual menentukan kualitas suatu bahan. Selain itu, uji tekuk untuk mengukur kekuatan material akibat beban dan elastisitas sambungan las baik pada logam las maupun di wilayah HAZ (akibat efek termal). Kekuatan lentur suatu material dapat ditentukan dengan sampel pengujian lentur.

Kekuatan adalah tegangan lentur maksimum yang dapat diambil oleh beban eksternal tanpa deformasi atau kegagalan yang signifikan. Besarnya kekuatan lentur tergantung pada jenis sampel dan beban. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *three-point bending*. (Muhzin, 2018)

Pengujian yang dilakukan yaitu *Face bend* (*Bending* pada permukaan las). Dikatakan *Face Bend* jika *bending* pada permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan di permukaan las yang mengalami tegangan tarik, apakah

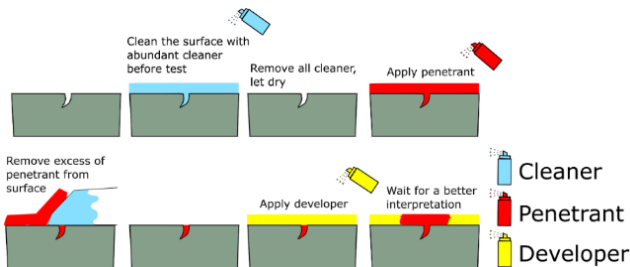
timbul retak atau tidak. Jika ada retakan di manakah letaknya, apakah di *weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ). Contoh pengujian *face bend* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 *face Bend* pada *Tanversal bending* (Kenyon, 1985)

2.5 Uji dye penetrant

Menurut (renovian, 2020) Pengujian *dye penetrant* adalah pengujian non-destruktif yang bertujuan untuk melihat cacat permukaan pada material las. Pada pengujian ini menggunakan prinsip aksi kapiler yaitu melalui suatu permukaan hasil lasan terlebih dahulu dibersihkan dengan bahan pembersih (*cleaner*) kemudian cairan *penetrant* disemprotkan pada permukaan hasil las dan setelah permukaan objek kering, permukaan tadi disemprotkan dengan bahan pembersih *cleaner*, dan yang terakhir disemprot dengan pengembang (*developer*) untuk melihat apakah ada cacat las pada permukaan hasil las atau tidak (Achmadi, 2020). Contoh proses *penetrant* dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Proses *penetrant*

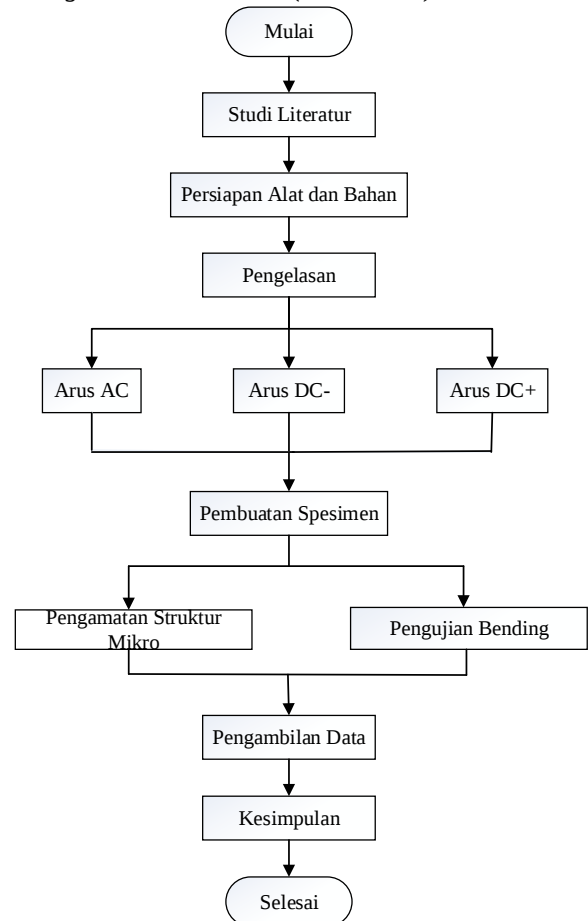
2.6 Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengidentifikasi dan membedakan struktur mikro antara logam induk, daerah HAZ dengan logam las yang diperoleh selama proses perlakuan panas. Sifat fisik logam dapat diketahui melalui struktur mikro yang diperoleh dari hasil foto mikro.

Struktur mikro logam ditunjukkan oleh ukuran, bentuk, dan orientasi butir, jumlah fase, dan perilaku pengaturan atau distribusinya. Struktur mikro dari paduan tergantung pada beberapa faktor seperti elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas. (Syahrani, et al., 2018)

3. Metodologi

3.1 Diagram Alir Penelitian (Flow Chart)



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1 Bahan dan alat

Bahan

- Baja AISI 1010 dengan ketebalan 6 mm
- Elektroda E6013 diameter 2,6 mm
- Dye penetrant

Alat

- Autosol
- Larutan etsa: HNO_3 dan Ethanol 95%
- Mesin las tipe AC dan DC
- Gergaji
- Mistar
- Kikir
- Ragum
- Palu terak
- Amplas dengan *grade* 120-2000
- Kain bludru
- Uji *bending*
- Mikroskop

3.2 Pembuatan Spesimen Las

Pembuatan spesimen las untuk uji *bending* dilakukan setelah menyiapkan alat dan bahan. Pertama dilakukannya pemotongan plat pada material AISI 1010 dengan ukuran 75 x 20 mm sejumlah 6 buah dan konfigurasi *butt joint*. Standar

yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji *bending* menggunakan ASME 2015.

3.3 Pembuatan Spesimen Pengamatan Struktur Mikro

Pembuatan spesimen untuk pengamatan struktur mikro diambil dari sisa pembuatan spesimen uji *bending*. Pertama dilakukannya pengukuran daerah pemotongan dengan ukuran 15 x 20mm, setelah dipotong sesuai ukuran, amplas benda kerja dan poles benda kerja dengan autosol menggunakan kain beludru sampai mengkilap, lalu celupkan pada cairan etsa HNO₃ dan ethanol 95% selama 5 detik, benda siap diamati menggunakan mikroskop.

3.4 Pengujian Bending

Uji *bending* dilakukan untuk mengetahui keretakan dan nilai kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan dari spesimen pada variasi jenis arus pengelasan. Uji *bending* dilakukan dengan menggunakan alat uji *bending* Sans/SHT-4106 kapasitas 100 ton.

3.5 Dye Penetrant

Dye penetrant dilakukan untuk mengamati hasil pengujian ada atau tidaknya retak halus pada material. Pertama semprotkan *cleaner* pada permukaan benda uji, lalu cairan *penetrant* di semprotkan pada permukaan dan diamkan selama 10 menit, hal ini bertujuan untuk memungkinkan *penetrant* memasuki permukaan cacat. Setelah itu semprotkan *cleaner* kembali permukaan benda uji, lalu semprotkan cairan *developer* pada permukaan benda, tunggu beberapa menit, jika terdapat cacat pada permukaan benda maka akan terbentuk cairan penembus pada permukaan benda.

3.6 Pengamatan Struktur Mikro dengan Mikroskop.

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan pembesaran mikroskop, dengan pembesaran 50, 100, dan 500x. Alat uji foto mikro terdiri dari mikroskop sebagai pengamatan spesimen dan layar sebagai penampil gambar foto mikro. Pengamatan struktur mikro ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro AISI 1010 sebelum dan setelah dilas dengan menggunakan polaritas AC, DC-, dan DC+. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop *erumex holland* dengan perbesaran lensa okuler 10x dan perbesaran lensa obyektif 50, 100, dan 500x.

4. Hasil dan Pembahasan

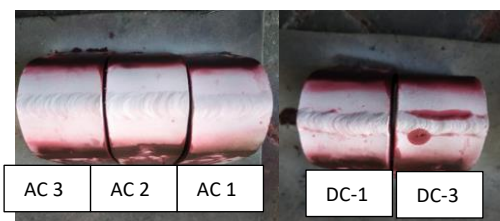
4.1 Hasil Pengujian Bending

Bending test merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu material secara visual. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang hasil pengelasan terjadi keretakan atau tidak. Hal ini terlihat pada sifat kekuatan material setelah dilakukan pengelasan, terutama pada area las. Kekuatan menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Dalam pengujian *bending* spesimen akan

diberikan beban secara kontinu pada mesin hidrolik hingga spesimen mengalami tegangan maksimal. Untuk hasil pengujian tidak maksimal dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.

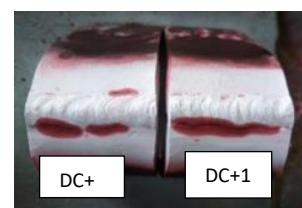


Gambar 4.1 pengujian *bending* tidak maksimal.



a. Arus AC

b. Arus DC-



c. Arus DC +

Gambar 4.2 Hasil pengujian *dye penetrant* a. Arus AC, b. Arus DC- dan c. Arus DC+

Setelah dilakukannya pengujian *bending*, untuk melihat ada tidaknya retakan pada daerah lasan maka dilakukan pengujian *dye penetrant* pada benda uji. Pengujian dilakukan setiap spesimen AC, DC-, dan DC+. Hasil pengujian *dye penetrant* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Dari setiap polaritas dilakukan percobaan pengujian *bending* sebanyak tiga kali, dimulai yang pertama pada polaritas AC setelah dilakukan pengujian *bending* tidak mengalami keretakan, ini disebabkan kandungan ferlit lebih tinggi dari perlit sebesar 69% ferlit dan 31% perlit maka ferlit bersifat lunak. Untuk polaritas DC – terdapat keretakan pada percobaan ke- 3 sedangkan pada percobaan ke- 2 spesimen mengalami patah pada sambungan las, hal ini dikarenakan jumlah kandungan ferlit 43% dan perlit 57% jika kandungan perlit lebih tinggi dari ferlit maka perlit bersifat kekerasannya meningkat. Sedangkan untuk polaritas DC+ terdapat keretakan pada percobaan ke- 1 dan 2 sedangkan untuk percobaan ke- 3 mengalami patah pada sambungan las, hal ini juga dikarenakan perbandingan kandungan perlit lebih besar dari pada ferlit sebesar 61% perlit dan 39% ferlit maka perlit bersifat keras.

Berikut dapat dilihat pada Tabel 4.1 Hasil pengamatan pengujian *bending*.

Tabel 4.1 Hasil pengamatan pengujian *bending*

Kode Spesimen	Hasil Pengujian	
	Ada Retak	Tidak Retak
AC	1	Tidak
	2	Tidak
	3	Tidak
DC-	1	Tidak
	2	Ada
	3	Ada
DC+	1	Ada
	2	Ada
	3	Ada

4.2 Hasil dan Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi pada material baja AISI 1010. Pengamatan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran pada lokasi atau titik pengamatan yang sama. Pengambilan titik pengamatan dilakukan pada titik pengamatan logam induk dan daerah logam lasan HAZ.

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100x didapatkan hasil foto mikro yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Persamaan 1 digunakan untuk menentukan persentase tiap struktur mikro, yaitu:

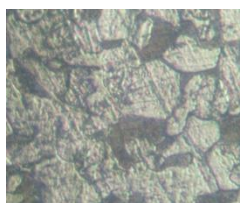
$$Pms () = \frac{Qms ()}{Qo} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

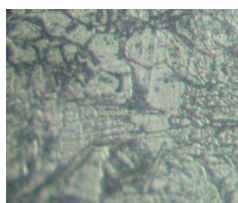
Pms ():Persentase mikro struktur tertentu (%)

Qms () :Jumlah titik mikro struktur tertentu

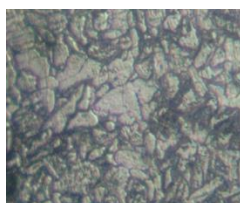
Qo :Jumlah titik total



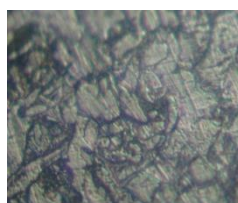
a. Sebelum Pengelasan



b. Arus AC



c. Arus DC-

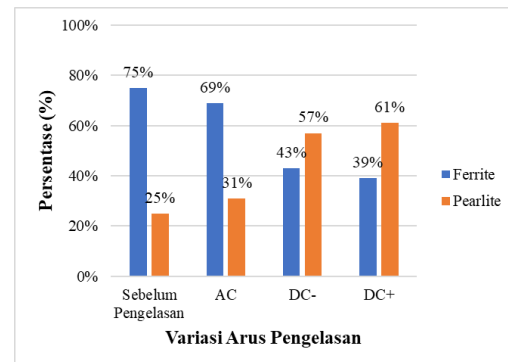


d. Arus DC+

Gambar 4.3 Struktur Mikro a. Sebelum pengelasan, b. Arus AC c. Arus DC-, d. Arus DC+

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada Gambar 4.3 dapat kita simpulkan pada Gambar 4.4

Grafik nilai uji metalografi untuk melihat perbandingan ferlit dan perlit pada tiap sampel



Gambar 4.4 Grafik nilai uji metalografi

Pengamatan yang dilakukan pada material dengan polarisasi arus AC, DC-, dan DC+ diketahui bahwa logam induk memiliki struktur mikro yang terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*. Pada perhitungan yang telah dilakukan menggunakan millimeter blok didapatkan nilai rata-rata persentase ferlit dan perlit. Hal ini menunjukkan bahwa struktur mikro dari Plat baja AISI 1010 sebelum dan setelah pengelasan, terjadi perubahan pada ferlit dan perlit pada arus AC, DC-, dan DC+, ini diakibatkan terjadinya perubahan unsur akibat proses pengelasan.

5. Simpulan

Dari hasil pengujian *bending* pengelasan menggunakan arus AC lebih baik dan tidak mengalami retak. Ini diakibatkan kandungan ferlit lebih tinggi dari perlit karena ferit bersifat lunak. Bentuk struktur mikro dari material AISI 1010 yang dilas menggunakan jenis arus AC, DC-, dan DC+ mengalami perubahan pada *ferrite* dan *pearlite*

Ucapan Terima Kasih

Terima Kasih kepada pengelola laboratorium material atas bantuannya dalam pengujian *bending* dan struktur mikro.

Daftar Pustaka

- Agustio, R., Mulyaningsih, N. and Pramono, C. (2021) 'Peningkatan Ketahanan Korosi baja AISI 1010 Sebagai Komponen Mobil Listrik', *Jurnal TEKNOSIA*, 15(2), pp. 37–44. Available at: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/teknosia>.
- ASME (2015) *Section IX Welding, Brazing, and Fusing Qualifications 2015 ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code*. New York. Available at: www.techstreet.com.
- Bagaskoro, R.A.W.D. (2018) *Analisa Pengaruh Variasi Heat Input Terhadap Cacat Pengelasan, Lebar Haz, Dan*

- Kekerasan Pada Pengelasan SMAW Material Tembaga C81300*. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Bintoro, A.G. (2006) *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. 6th edn. Yogyakarta: Kanisius.
- Dwi Nata, O., Hidayat, M. and Ali Rohman, S. (2021) 'Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Material SS400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik', *Jurnal Teknik dan Sains*, 2(1), pp. 12–15.
- Dwi saputra renovian (2020) *Analisis Sifat fisik dan Mekanik Hasil Pengelasan Rotary Friction Welding Pada Sambungan Dissimilar Alumunium T6061-AISI 1012 Dengan Variasi Bentuk Sambungan*. universitas islam indonesia.
- Firmansyah, Z.T. (2022) *Pengelasan Gesek Dengan Variasi Laju Kecepatan Putar Pada material Baja AISI 1010 Terhadap Kekuatan Sambungan*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kenyon, W. and Ginting, D. (1985) *Dasar-Dasar Pengelasan*. Jakarta: Erlangga.
- Prabowo, A.A. (2019) *Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Kekuatan Bending Baja AISI 1010*. Thesis. Universitas Negeri Semarang.
- Sebayang, R. (2016) 'Perubahan Sifat MEkanis Dan Bentuk Struktur Mikro Baja AISI 1040 Akibat Polarisasi Arus Pada Pengelasan SMAW', *Jurnal Teknik Mesin Untira*, 2(1), pp. 29–36.
- Syahrani, awal, Naharuddin and Nur, M. (2018) 'Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan SMAW Stainlees Steel 312 Dengan Variasi Arus Listrik', *Jurnal Mekanikal*, 9(1), pp. 814–822.
- Wandri, D. (2016) 'Pengaruh Arus AC Dan DC Terhadap Hasil Pengelasan Pada Las Busur Listrik', *Jurnal pendidikan Teknik Mesin*, 1(2), pp. 1–9.
- Wiryosumarto, H. and Okumura, T. (2008) *Teknologi Pengelasan Logam*. 10th edn. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Zainal, M., Suardy and Suryadi (2018) 'Analisis Perbandingan Kualitas Las SMAW Kampuh V dengan Uji Bending pada Baja ST 37', *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 19(1), pp. 45–55.