

ANALISIS VARIASI PRODUK ELEKTRODA E7018 DAN KUAT ARUS PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP HASIL RADIOGRAPHY, KOMPOSISI KIMIA WELD METAL, DAN SIFAT MEKANIK

Mahfud Rojulul Muttaqin¹, Moh. Thoriq Wahyudi², Hendri Budi Kurniyanto³

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1*}

Email: mahfudrojululmuttaqin@gmail.com¹

Abstract – During the welding of pipe racks at a private fabrication company, there was a change in the use of electrode products in SMAW welding (Shielded Metal Arc Welding) for welding carbon steel materials, from using E7018 electrodes from Product K to those from Product W, which has no specified current limits. Based on the problem above, this research was carried out using variations of the E7018 electrode product from product K, product N, and product W. The variations current strength used 100 A and 120 A using SMAW welding with testing in the weld metal. In radiographic testing four specimens exhibited welding defects. In chemical composition testing there were differences results of the chemical composition E7018 electrode due to differences in electrode products. In tensile testing product W showed increased tensile strength if increased current. In Impact testing product K and product N showed increased impact energy if increased current. Based on the results of the tests that have been carried out, it can be concluded that the Electrode E7018 from product N is recommended due to its superior quality compared to product W and its more economical price relative to product K which almost the same product quality.

Keyword: Current, E7018, SMAW (Shielded Metal Arc Welding), Weld Metal

1. PENDAHULUAN

Dari waktu ke waktu ilmu pengetahuan dan teknologi terus mengalami perkembangan yang pesat. Dimana perkembangan yang pesat dari ilmu pengetahuan dan teknologi ini menciptakan berbagai penemuan. Dampak dari penemuan yang dihasilkan ini memberikan pengaruh positif yang sangat membantu dalam melakukan aktivitas kerja sehari-hari, salah satunya adalah pekerjaan yang dilakukan pada bidang fabrikasi dan bidang manufaktur yaitu penyambungan logam dengan menggunakan teknik pengelasan.

Pada zaman sekarang ini pengelasan menjadi salah satu perkembangan teknologi yang tidak dapat dipisahkan pada dunia industri khususnya industri yang beroperasi pada bidang fabrikasi dan bidang manufaktur. Mengacu pada standard *American Welding Society* (AWS), pada standard AWS D1.1 tahun 2020 yang membahas tentang *structural welding code-steel*, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam atau non logam dengan memanaskan material hingga temperatur pengelasan, yang dilakukan dengan menggunakan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), dan dengan menggunakan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*).

Pengelasan busur listrik (*Electric arc welding*) merupakan salah satu jenis pengelasan yang paling banyak digunakan di dalam dunia industri.

Pengelasan busur listrik ini dibagi menjadi 2 (dua) kategori tergantung pada jenis elektroda yang digunakan, yaitu elektroda terumpan (*consumable*

electrode) dan elektroda yang tak terumpan (*non consumable electrode*). Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan salah satu pengelasan yang masuk dalam kategori elektroda terumpan (*consumable electrode*). Pengelasan SMAW juga merupakan pengelasan yang paling sering digunakan dalam pekerjaan yang dilakukan pada bidang fabrikasi dan bidang manufaktur, hal ini dikarenakan pengelasan SMAW memiliki mesin yang mudah dibawa, sehingga dapat digunakan diberbagai tempat seperti dibengkel maupun diluar bengkel sesuai kebutuhan pekerjaan.

Meskipun pengelasan SMAW merupakan pengelasan yang tergolong mudah digunakan, tetap terdapat beberapa parameter dalam pengelasan yang harus diperhatikan diantaranya yaitu pemilihan elektroda, arus listrik, jenis material, dan masih banyak lagi. Walaupun sudah terdapat parameter yang sudah ditetapkan, tetapi sering kali *welder* (juru las) melanggar parameter yang sudah ditetapkan tersebut, salah satunya yaitu dengan mengganti arus listrik sesuai yang *welder* inginkan. Menurut (Chairul, N., & dkk. 2022), pada saat ini masih banyak seorang juru las yang kurang memperhatikan dan hanya

memperkirakan kuat arus yang digunakan dalam pengelasan, hal ini akan berdampak terhadap hasil pengelasan.

Pada saat pengelasan untuk pembuatan *pipe rack* di perusahaan fabrikasi swasta terjadi pergantian penggunaan produk elektroda pada pengelasan SMAW untuk pengelasan material *carbon steel*, yang awalnya menggunakan elektroda E7018 dari produk K menjadi elektroda E7018 dari produk W. Pertimbangan dari penggantian dari produk dari produk K, menjadi elektroda E7018 dari produk W tersebut dikarenakan produk dari elektroda W memiliki harga yang lebih murah. Akan tetapi pada elektroda produk W tersebut tidak terdapat batasan untuk penggunaan kuat arus yang tertera pada kemasan.

Latar belakang diatas tersebutlah yang mendasari penelitian ini dibuat untuk menganalisis apakah pengaruh dari pergantian produk E7018 akan mempengaruhi hasil pengelasan dengan menggunakan acuan pengujian menggunakan *standard AWS A5.1* dan *AWS D1.1*. Pada penelitian ini juga melibatkan variasi arus listrik yang mengacu pada elektroda dari produk K yang umum digunakan yaitu antara 90 A - 130 A, dengan menggunakan pengelasan SMAW. Untuk diameter elektroda yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan diameter 3.2 mm untuk elektroda dari produk K, produk N, dan produk W. Sedangkan untuk material yang akan digunakan yaitu plat baja karbon A36 dengan ketebalan plat yaitu 16 mm. Pengujian yang akan dilakukan dari penelitian diatas yaitu uji tarik dan uji impak, dengan tujuan untuk mengetahui apakah akan terdapat perbedaan kualitas elektroda E7018.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan proses pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) yang dilaksanakan di bengkel las Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Proses pengelasan SMAW dipilih karena menyesuaikan masalah yang terjadi di lapangan. Proses pengelasan ini dilakukan pada material A36 dengan tebal 16 mm menggunakan Elektroda 7018 diameter 3.2 dari produk K, produk N, dan produk W yang di variasikan dengan dua arus yaitu 100 A dan 120 A untuk masing-masing produk elektroda. Untuk arus yang digunakan mengacu pada elektroda dari produk K yang umum digunakan. Pembuatan *test plate* mengikuti *standard AWS A5.1*, dimana jenis sambungan yang digunakan adalah *butt joint* dengan bentuk kampuh single V groove, untuk jarak gap sebesar 13 mm dengan menggunakan *backing plate*. Dan berikut ini *marking* spesimen dari masing-masing produk elektroda.

Tabel 1 *Marking* Spesimen Elektroda dari Produk K

No	Arus yang digunakan	Marking spesimen
1	100 A	A1

2	120 A	A2
---	-------	----

Tabel 2 *Marking* Spesimen Elektroda dari Produk N

No	Arus yang digunakan	Marking spesimen
1	100 A	B1
2	120 A	B2

Tabel 3 *Marking* Spesimen Elektroda dari Produk W

No	Arus yang digunakan	Marking spesimen
1	100 A	C1
2	120 A	C2

Setelah proses pengelasan selesai dilakukan, *test plate* akan dilakukan pengujian radiografi terlebih dahulu sebelum dipotong dan selanjutnya dijadikan spesimen untuk pengujian komposisi kimia, pengujian tarik, dan pengujian impak.

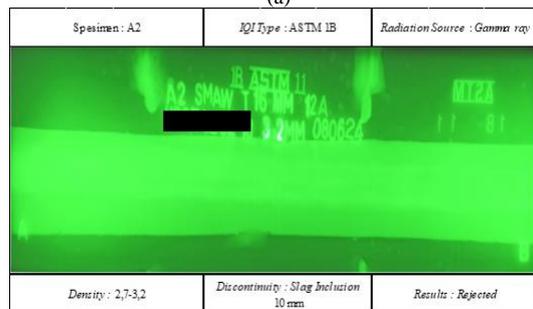
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Radiografi

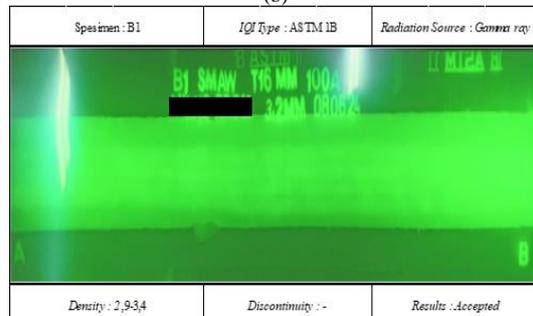
Pengujian radiografi pada dasarnya adalah penyinaran benda uji (spesimen) dengan sinar yang berenergi tinggi seperti sinar x ray dan gamma ray yang dapat menembus logam. Berikut adalah hasil dari pengujian radiografi yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



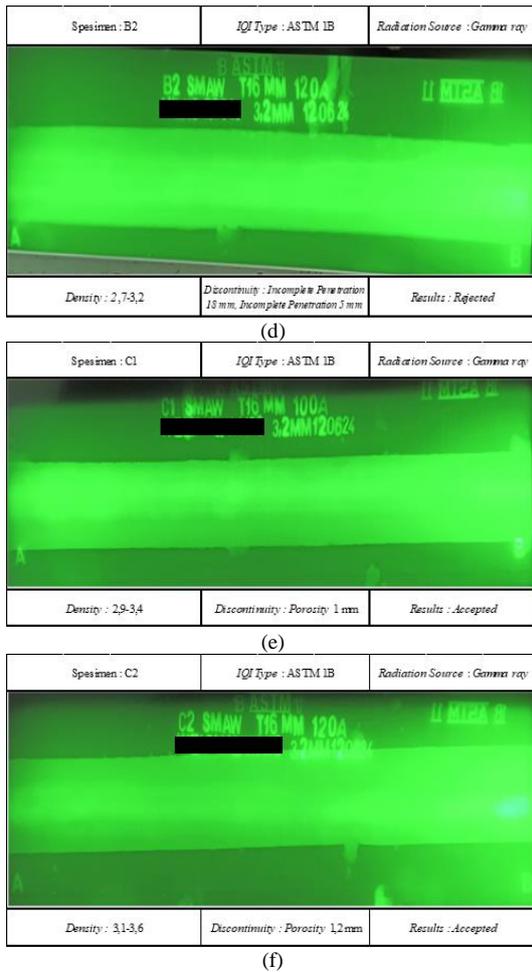
(a)



(b)



(c)



Gambar 1 Hasil Uji Radiografi

- (a) Spesimen Produk K 100 A (b) Spesimen Produk K 120 A
- (c) Spesimen Produk N 100 A (d) Spesimen Produk N 120 A
- (e) Spesimen Produk W 100 A (f) Spesimen Produk B 120 A

Berdasarkan hasil radiografi diatas dapat disederhakan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil Radiografi Seluruh Spesimen

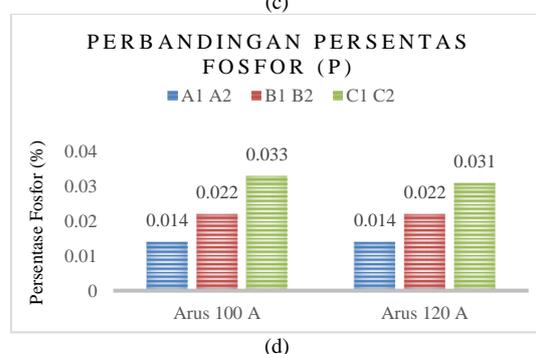
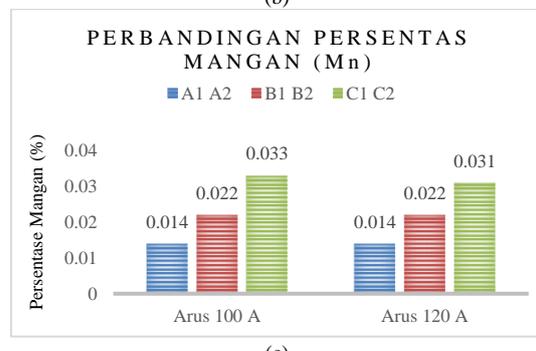
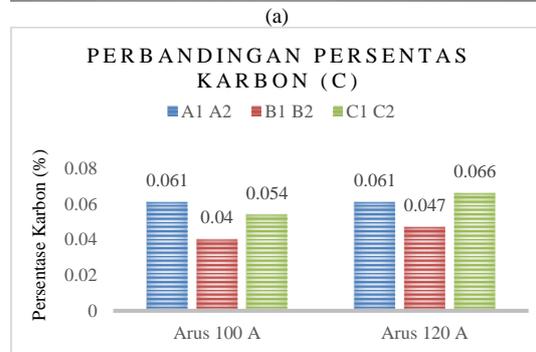
Electrode Products	Current (A)	Type of Discontinuity	Result Radiography test
Products K	100	-	Accepted
	120	Slag Inclusion	Rejected
Products N	100	-	Accepted
	120	Incomplete Penetration	Rejected
Products W	100	Porosity	Accepted
	120	Porosity	Accepted

Hasil pengujian radiografi yang telah dilakukan ditemukan indikasi cacat pada 4 spesimen dari 6 spesimen yang diuji yaitu pada elektroda dari produk K dengan kuat arus 120 A terdapat cacat berupa *slag inclusion* dengan panjang 10 mm. Lalu pada spesimen elektroda dari produk N dengan kuat arus 120 A yang menunjukkan adanya cacat *incomplete penetration* dengan panjang total 23 mm. Untuk spesimen elektroda dari produk W pada arus 100 A terdapat total 4 cacat berupa *porosity* dengan ukuran terbesar 1 mm, dan pada arus 120 A

terdapat total 5 cacat berupa *porosity* dengan ukuran terbesar 1,2 mm, spesimen dari elektroda produk W masih dapat diterima karena masih masuk dalam range keberterimaan yang diizinkan sesuai AWS A5.1.

3.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Spesimen dan grafik hasil pengujian komposisi kimia untuk persentase Karbon (C), Mangan (Mn), dan Fosfor (P) tiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia
 (a) Spesimen Hasil Pengujian Komposisi Kimia
 (b) Grafik Hasil Kadar Karbon (C) Setiap Spesimen
 (c) Grafik Hasil Kadar Mangan (Mn) Setiap Spesimen
 (d) Grafik Hasil Kadar Fosfor (P) Setiap Spesimen

Hasil pengujian komposisi kimia yaitu persentase karbon (C) tertinggi didapatkan pada spesimen dari elektroda produk W (C2) dengan kuat arus 120 A yaitu sebesar 0,066% dan persentase karbon terendah yaitu pada spesimen dari elektroda produk N (B1) dengan kuat arus 100 A yaitu sebesar 0,040%. Untuk persentase mangan (Mn) tertinggi didapatkan pada spesimen dari elektroda produk W (C1) dengan kuat arus 100 A yaitu sebesar 1,47% dan persentase mangan terendah yaitu spesimen dari elektroda produk K (A1) dengan kuat arus 100 A sebesar 0,914%. Dan untuk persentase fosfor (P) tertinggi didapatkan pada spesimen dari elektroda produk W (C1) dengan kuat arus 100 A yaitu sebesar 0,033% dan persentase fosfor terendah yaitu pada spesimen dari elektroda produk K (A1 dan A2) dengan kuat arus 100 A dan 120 A yaitu sebesar 0,014%. Persentase karbon, mangan, dan fosfor memiliki pengaruh dalam hasil nilai kuat tarik dan nilai dampak pada penelitian ini, dimana menurut (Suprpto, W., & Irawan, Y. S. 2023) persentase karbon dan mangan dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik, sedangkan persentase fosfor yang tinggi dapat menurunkan daktilitas pada baja. Pengujian komposisi kimia dari produk elektroda E7018 yang berbeda, memberikan perbedaan persentase karbon, mangan, dan fosfor pada hasil komposisi kimia.

3.3 Hasil Pengujian Tarik

Pada penelitian ini spesimen uji tarik yang digunakan berbentuk round bar yang diambil pada bagian *all weld metal*. Hasil dari pengujian tarik dari tiap spesimen dapat dilihat pada Tabel 5 Berikut.

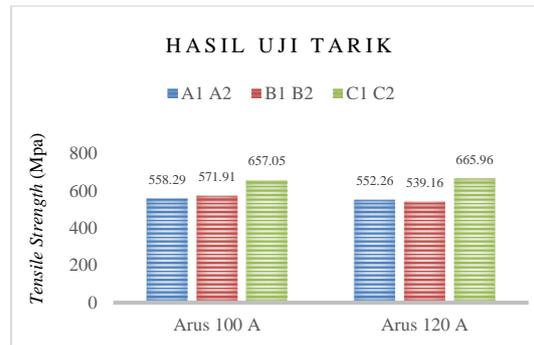
Tabel 5 Hasil Pengujian Tarik

Electrode Products	Current (A)	Yield Strength (MPa)	Max. Strength (MPa)	Elongation (%)
Products K	100	513.23	558.29	28.89
	120	507.46	552.26	26.67
Products N	100	542.31	571.91	31.11
	120	499.24	539.16	26.67
Products W	100	627.71	657.05	24.44
	120	620.11	665.96	13.33

Berikut spesimen hasil pengujian tarik dan grafik hasil dari pengujian Tarik yang ditunjukkan pada Gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3 Hasil Pengujian Tarik
 (a) Spesimen Hasil Pengujian Tarik
 (b) Grafik Nilai Kuat Tarik pada Setiap Spesimen

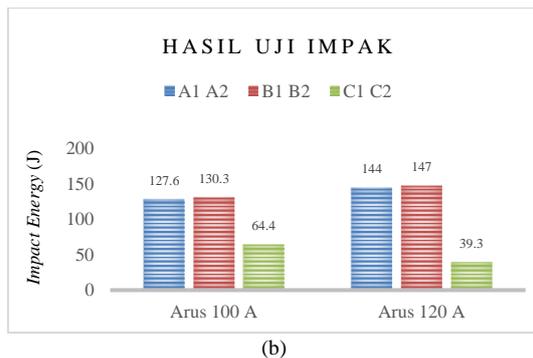
Hasil pengujian tarik didapatkan nilai *tensile strength* pada produk K dengan arus 100 A yaitu sebesar 558,29 MPa dan pada arus 120 A yaitu sebesar 552,26 MPa. Lalu pada produk N, nilai *tensile strength* pada arus 100 A yaitu sebesar 571,91 MPa dan pada arus 120 A yaitu sebesar 539,16 MPa. Untuk produk W, nilai *tensile strength* pada arus 100 A yaitu sebesar 657,05 MPa dan pada arus 120 A yaitu sebesar 665,96 MPa. Dari hasil pengujian tarik tersebut perbedaan produk elektroda E7018 memberikan perbedaan nilai pada *tensile strength*. Penyebab terjadinya perbedaan pada hasil uji tarik tersebut dikarenakan terdapat perbedaan pada persentase karbon dan mangan pada produk elektroda E7018, dimana produk W memiliki nilai *tensile strength* tertinggi untuk setiap variasi kuat arus karena memiliki persentase karbon dan mangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk K dan produk N. Pada variasi kuat arus 100 A dan 120 A pada masing-masing produk elektroda menghasilkan nilai *tensile strength* yang cukup berbeda, dimana pada produk K dan produk N mengalami penurunan nilai *tensile strength* jika arus yang digunakan dinaikkan, sedangkan untuk produk W mengalami kenaikan nilai *tensile strength* jika arus yang digunakan dinaikkan.

3.4 Hasil Pengujian Impak

Pengujian dampak pada penelitian ini dilakukan di area *weld metal* dengan sudut *notch* 45° yang dilakukan pada suhu -30° C dengan cara direndam pada alkohol yang dicampur dry ice selama 5 menit. Berikut adalah spesimen dan grafik hasil pengujian dampak pada daerah *weld metal* pada Gambar 4.



(a)



(b)
Gambar 4 Hasil Pengujian Impak pada Daerah Weld Metal
(a) Spesimen Hasil Pengujian Impak
(b) Grafik Nilai rata-rata Impact Energy

Hasil pengujian impak jika dilihat dari rata-rata setiap spesimen yaitu pada produk K, rata-rata nilai *impact energy* pada arus 100 A yaitu sebesar 133,7 J dan pada arus 120 A yaitu sebesar 144 J. Lalu pada produk N, rata-rata nilai *impact energy* pada arus 100 A yaitu sebesar 130,3 J dan pada arus 120 A yaitu sebesar 147 J. Untuk produk W, rata-rata nilai *impact energy* pada arus 100 A yaitu sebesar 64,4 J dan pada arus 120 A yaitu sebesar 39,3 J. Pada hasil pengujian impak tersebut perbedaan produk elektroda E7018 memberikan perbedaan nilai pada *impact energy*. Penyebab terjadinya perbedaan nilai *impact energy* tersebut dari pengaruh persentase fosfor, dimana elektroda dari produk W mendapatkan nilai *impact energy* terendah karena memiliki persentase fosfor yang tinggi. Pada variasi kuat arus 100 A dan 120 A menghasilkan nilai *impact energy* yang cukup berbeda dimana pada produk K dan produk N mengalami kenaikan nilai *impact energy* jika arus yang digunakan dinaikkan, sedangkan untuk produk W mengalami penurunan nilai *impact energy* jika arus yang digunakan dinaikkan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Variasi produk elektroda E7018 dan kuat arus pada pengelasan SMAW terhadap pengujian radiografi ditemukan indikasi cacat pada 4 spesimen yaitu pada produk K dengan arus 120 A berupa *slag inclusion*, produk N dengan arus 120 A berupa *Incomplete penetration*, dan produk W dengan arus 100 A dan 120 A berupa *porosity*.
2. Variasi produk elektroda E7018 dan kuat arus pada pengelasan SMAW terhadap pengujian komposisi kimia didapatkan persentase karbon (C) tertinggi pada produk W dengan arus 120 A yaitu 0,066%, untuk persentase mangan (Mn) tertinggi didapatkan pada spesimen dari elektroda produk W dengan kuat arus 100 A yaitu 1,47%, dan untuk persentase fosfor (P) tertinggi didapatkan pada

spesimen dari elektroda produk W dengan kuat arus 100 A yaitu 0,033%.

3. Variasi produk elektroda E7018 dan kuat arus pada pengelasan SMAW terhadap pengujian tarik didapatkan nilai *tensile strength* paling tinggi yaitu dari elektroda produk W dengan kuat arus 120 A yaitu 665,96 MPa, sedangkan untuk nilai *tensile strength* terendah didapatkan pada spesimen dari elektroda produk N dengan kuat arus 120 A yaitu 539.16 MPa.
4. Variasi produk elektroda E7018 dan kuat arus pada pengelasan SMAW terhadap pengujian impak didapatkan *impact energy* tertinggi dari produk N dengan kuat arus 120 A yaitu rata-rata 147 J, sedangkan *impact energy* terendah dari produk W dengan kuat arus 120 A yaitu rata-rata 39,3 J.

5. SARAN

Beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk mencapai hasil yang lebih maksimal antara lain sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan jenis pengujian yang lain dalam penelitian selanjutnya seperti pengujian mikro dan pengujian *hardness* untuk mengetahui kualitas pada weld metal.
2. Untuk mendapatkan hasil yang signifikan perlu dilakukan beberapa variasi yang lebih variatif lagi, misal dengan menggunakan pengaruh diameter elektroda dan pengaruh suhu saat pengujian impak.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam melakukan pengerjaan *paper* ini, seperti dosen pembimbing, pembimbing OJT, Teman-teman teknik pengelasan angkatan 2020, dan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

7. PUSTAKA

- [1] American Welding Society Committee on Filler Metal. (2012). *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*. American Welding Society.
- [2] AWS D1.1 (2020). *Structural Welding Steel Code*. Florida. AMERICAN WELDING SOCIETY.
- [3] Chairul, N. (2022). *Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Kekuatan Tarik hasil Pengelasan SMA W pada Baja Karbon Rendah dengan Elektroda E-7018* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- [4] Suprpto, W., & Irawan, Y. S. (2023). *Baja dan Aplikasinya*. Malang: Ub Press.