



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh Besar Arus Listrik dan Media Pendingin pada Pengelasan FCAW Baja ST 37 terhadap Kekuatan Tarik, Impak dan Struktur Mikro

Rafly Kurniawan¹⁾, Wilma Amiruddin²⁾, Parlindungan Manik³⁾

¹⁾Laboratorium Teknologi Material dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail :rafly@students.undip.ac.id

Abstrak

Flux Cored Arc Welding atau FCAW merupakan metode pengelasan yang selama prosesnya menggunakan elektroda terbungkus fluks sebagai pelindung bahan dari kontaminan udara. Baja ST 37 dengan karbon sebesar 0,12% banyak digunakan dalam konstruksi umum maupun perkapalan, namun dalam proses pengelasan terdapat parameter-parameter yang dapat mempengaruhi hasil las seperti kuat arus yang digunakan saat pengelasan dan media pendingin pasca pengelasan. Penelitian ini membahas pengaruh kuat arus listrik dan media pendingin pada pengelasan FCAW baja ST 37 terhadap kekuatan tarik, impak, dan struktur mikro. Kuat arus yang digunakan pada penelitian yakni 80 A, 100 A, dan 120 A, sedangkan media pendingin yang digunakan yaitu udara dan air. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa pada pengujian tarik, spesimen dengan kuat arus 120 A dan media pendingin udara menunjukkan tegangan tarik maksimum tertinggi sebesar 617,33 MPa yang mengalami peningkatan 10,5 % dari spesimen RAW dengan tegangan tarik maksimum sebesar 558,67 MPa. Pengujian Impak didapatkan spesimen dengan nilai ketangguhan impak tertinggi yakni oleh spesimen dengan kuat arus 120 A media pendingin air dengan nilai impak 1,71 J/mm² yang mengalami peningkatan 16,33 % dari specimen RAW dengan nilai impak 1,47 J/mm². Pengamatan struktur mikro didapatkan spesimen dengan kuat arus dan media pendingin yang berbeda menghasilkan struktur mikro yang berbeda pada daerah base metal, HAZ, dan weld metal dimana butiran pearlite paling rapi adalah spesimen dengan kuat arus 120 A media pendingin udara dan ferrite paling rapi adalah spesimen dengan kuat arus 120 A media pendingin air.

Kata Kunci : Baja ST 37, FCAW, Kuat Arus, Media Pendingin

1. PENDAHULUAN

Teknologi pengelasan merupakan metode yang umum diterapkan dalam menyambung material logam pada berbagai konstruksi mesin dan struktur, meliputi pembuatan kapal, bejana tekan, sistem perpipaan, jembatan, bangunan lepas pantai, industri otomotif, hingga pesawat terbang [1]. Salah satu metode pengelasan yang umum diterapkan adalah Flux Cored Arc Welding (FCAW). Metode FCAW memanfaatkan elektroda berisi fluks yang berfungsi melindungi logam dari kontaminasi udara selama proses penyambungan berlangsung.

Arus listrik dimanfaatkan untuk memanaskan logam dasar sehingga memungkinkan terbentuknya sambungan las. Fluks yang terdapat dalam elektroda berperan dalam mempertahankan serta meningkatkan kualitas hasil las. Selama proses pengelasan berlangsung, metode FCAW juga melibatkan penggunaan gas pelindung yang berfungsi melindungi logam las cair dari potensi kontaminasi eksternal [2].

Salah satu faktor yang memengaruhi proses pengelasan FCAW adalah arus las. Meningkatnya arus las akan menghasilkan kedalaman penetrasi yang lebih besar [3].

Media pendingin dapat diberikan sebagai perlakuan pasca pengelasan. Media pendingin biasanya dapat berupa zat cair atau gas. Tujuan dari penggunaan media pendingin adalah untuk mengatur laju pendinginan pada material setelah dilakukannya proses pengelasan.

Baja adalah paduan logam yang terdiri dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai elemen penguat. Jenis baja umumnya dikategorikan berdasarkan zat karbon yang terkandung pada material baja tersebut. Baja ST 37 dengan kadar karbonnya 0,12% dikategorikan sebagai baja karbon rendah [4]. Diantara berbagai macam proses pengelasan dan jenis baja, metode FCAW (Flux Cored Arc Welding) dan baja ST 37 akan digunakan dalam pembuatan sepsimen pada penelitian.

Penelitian dilakukan Amosun et al. untuk mengetahui pengaruh media *quenching* terhadap struktur mikro dan sifat mekanik pelat baja ringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa udara lebih cocok untuk mendinginkan logam las dibandingkan air dan oli [5]. Penelitian lain dilakukan Sharma et al. untuk mengetahui efek media pendinginan pada kekuatan impak sambungan las baja ringan. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan impak rata-rata tertinggi dihasilkan oleh media pendingin udara, diikuti oleh minyak diesel, air, dan larutan air garam [6].

Penelitian oleh Trinh et al. membahas optimasi proses transfer logam pada rutile FCAW melalui pengaturan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dalam campuran gas pelindung argon- CO_2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan CO_2 dalam jumlah moderat dapat meningkatkan frekuensi transfer logam, sedangkan konsentrasi CO_2 yang terlalu tinggi justru menurunkan frekuensi tersebut akibat peningkatan tekanan busur. Frekuensi transfer maksimum tercapai pada konsentrasi CO_2 sebesar 20%, 15%, atau 5%, tergantung pada tingkat arus pengelasan yang digunakan. [7].

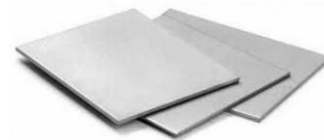
Berdasarkan studi sebelumnya mengenai pengaruh kuat arus dan media pendingin terhadap sifat mekanis serta struktur mikro baja, diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode pengelasan FCAW. Penelitian ini akan menerapkan variasi kuat arus dan media pendingin yang berbeda, yang berpotensi memengaruhi karakteristik material secara signifikan serta berdampak pada desain dan keandalan struktur baja ST 37 hasil las. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh variasi kuat arus dan media pendingin terhadap sifat mekanis, seperti uji tarik dan uji impak, serta menganalisis struktur mikro hasil pengelasan FCAW pada baja ST 37. Variasi kuat arus yang digunakan meliputi 80 A, 100 A,

dan 120 A, sedangkan media pendingin terdiri dari air dan udara

2. METODE

2.1 Persiapan Spesimen

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST 37, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Baja ST 37 tergolong dalam baja karbon rendah dengan kadar karbon sekitar 0,12%. Baja ini memiliki perpaduan antara kekuatan yang cukup dan kelenturan yang baik, sehingga sering dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan manufaktur. Berdasarkan standar DIN 17-100, baja karbon ini umum digunakan untuk konstruksi umum dan mudah dilas. Secara rinci, komposisi baja ST 37 meliputi karbon 0,12%, fosfor 0,04%, belerang 0,05%, dan silikon 0,1% [8].



Gambar 1. Baja ST 37

Pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan cara melebur sebagian logam dasar dan logam pengisi, baik menggunakan tekanan maupun tidak, serta bisa melibatkan logam tambahan. Metode ini memungkinkan terbentuknya sambungan permanen antar logam. Berdasarkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN), pengelasan dijelaskan sebagai proses metalurgi yang menciptakan ikatan antar logam atau paduan logam melalui kondisi leleh atau cair [2].

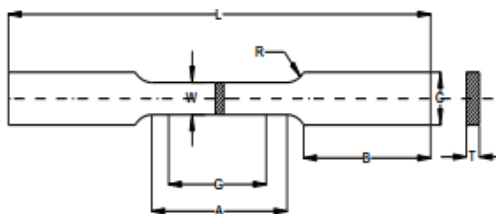
Penelitian ini menerapkan teknik pengelasan FCAW, yaitu metode pengelasan yang menggunakan elektroda berisi fluks untuk melindungi material dari kontaminasi udara selama proses berlangsung. Proses pengelasan ini dilakukan di PT Janata Marina Indah Semarang dengan rincian sebagai berikut:

- a. Gas Pelindung : CO_2
- b. Jenis Elektroda : E71T-1
- c. Logam Induk : Baja ST 37
- d. Diameter Elektroda : 0,9 mm
- e. Kuat Arus (I) : 80 – 135 A
- f. Tegangan (E) : 20 - 25 V

Kuat arus dalam proses pengelasan merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi kualitas hasil las. Pemilihan kuat arus dipengaruhi oleh tebal material las dan diameter kawat yang digunakan. Berdasarkan referensi, kuat arus antara 70 A hingga 220 A cocok untuk material dengan ketebalan 1–10 mm dan diameter kawat 0,9 mm [9]. Mengacu pada penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan variasi kuat arus sebesar 80 A, 100 A, dan 120 A.

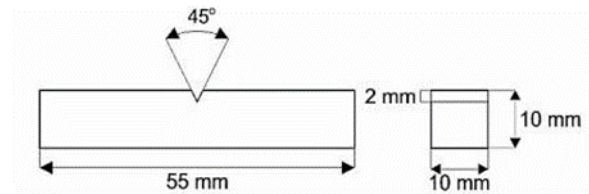
Proses percepatan pendinginan hasil las melalui pemberian media pendingin dikenal sebagai quenching. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan media pendingin dalam proses quenching dapat memengaruhi sifat mekanis hasil las. Dalam penelitian ini, media pendingin yang digunakan adalah air dan udara, keduanya merupakan zat yang umum serta mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.

Proses pemotongan material untuk spesimen dilakukan setelah penyelesaian proses pengelasan. Penelitian ini melibatkan beberapa pengujian, yaitu uji tarik, uji impact, dan uji struktur mikro. Tahap awal dimulai dengan pengukuran dimensi spesimen sesuai jenis pengujian yang akan dilakukan, kemudian material dipotong. Pemotongan pelat dilakukan menggunakan gerinda agar spesimen memenuhi standar yang ditetapkan. Pembuatan spesimen ini mengacu pada ketentuan dalam standar ASTM E8 dan ASTM E23, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan :	
Gage length (G)	: 50 mm
Radius of fillet (R)	: 12,5 mm
Length of reduced section (A)	: 57 mm
Overall length (L)	: 200 mm
Width (W)	: 12,5 mm
Width of grip section (C)	: 20 mm
Thickness (T)	: 10 mm
Length of grip section (B)	: 50 mm



Gambar 3. Spesimen Uji Impact

Keterangan :	
Overall Length (L)	: 55 mm
Width (W)	: 10 mm
Thickness (t)	: 10 mm
Notch Thickness	: 2 mm
Notched Charpy	: 45°

2.2 Pengujian Mekanis

Pengujian tarik merupakan metode pengujian merusak yang digunakan untuk menganalisis sifat mekanis logam dan paduannya. Dalam pengujian tarik, beban diterapkan secara berkelanjutan dengan peningkatan bertahap dalam beban tersebut. Hasil pengujian tarik meliputi kurva tegangan-regangan, parameter kekuatan, serta perubahan fisik pada material, seperti perubahan bentuk dan pertambahan panjang. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kekuatan material dan mengidentifikasi karakteristik mekanisnya [10]. Berikut disajikan nilai-nilai yang diperoleh dari pengujian tarik.

1. Tegangan tarik maksimum (σ)

Tegangan tarik maksimum mengacu pada batas tegangan tertinggi yang mampu ditahan oleh suatu material sebelum mengalami kerusakan struktural. Nilai kekuatan tarik maksimum suatu bahan dapat dihitung menggunakan rumus (1) berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

dimana F adalah gaya (N), A adalah luas penampang (mm^2), dan σ adalah tegangan (N/mm^2).

2. Regangan tarik (e)

Regangan tarik maksimum merujuk pada pertambahan panjang tertinggi yang dapat dicapai oleh suatu material setelah menjalani pengujian tarik. Regangan ini mengukur seberapa banyak material tersebut memanjang dari panjang asalnya sebelum terjadi perpatahan, dapat dilihat pada rumus (2) berikut:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

dimana e adalah regangan (%), ΔL adalah perubahan panjang (mm), dan L_0 adalah panjang mula-mula (mm).

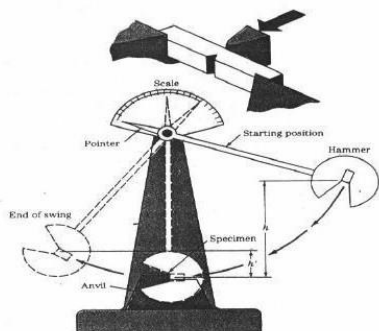
3. Modulus Elastisitas (E)

Modulus elastis merupakan parameter yang mengukur tingkat kekakuan suatu material, yang dapat diamati melalui grafik tegangan-regangan. Nilai modulus elastis ini dapat dihitung menggunakan rumus (3) berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (3)$$

dimana E adalah modulus elastisitas (GPa), σ adalah tegangan maksimum (MPa), dan ϵ adalah regangan (%).

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur kemampuan spesimen dalam menyerap energi saat menerima beban kejut. Proses ini merupakan salah satu metode untuk mengevaluasi tingkat kerapuhan material. Melalui pengujian impak, ketahanan material terhadap beban mendadak dapat diidentifikasi, sekaligus mengungkap potensi kelemahan pada sambungan las akibat perlakuan panas dan proses normalisasi [11]. Pengujian dilakukan pada area las dan zona HAZ (Heat Affected Zone) dari material ST 37, menggunakan spesimen berukuran $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 55 \text{ mm}$ dengan takikan berbentuk V, bersudut 45° dan kedalaman 2 mm di bagian tengah. Metode Charpy diterapkan dalam pengujian ini, di mana spesimen ditempatkan secara horizontal pada tumpuan, dan beban diberikan dari arah berlawanan dengan takikan. Skema pengujian Metode Charpy disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Pengujian Metode Charpy

2.3 Pengujian Mikrografi

Pengujian mikrografi bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan struktur mikro hasil pengelasan FCAW menggunakan variasi kuat arus dan media pendingin. Tahapan pengujian mikrografi meliputi pengamplasan spesimen uji, pemolesan, etching dengan larutan HNO_3 3,25% yang dicampur dengan 75% alkohol, serta larutan aqua regia. Setelah itu, pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optik dan gambar diambil untuk analisis lebih lanjut

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengukur tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas pada setiap spesimen. Proses ini dilakukan dengan memberikan gaya tarik berlawanan pada kedua sisi objek, atau dengan menjepit satu ujung dan menarik ujung lainnya hingga spesimen mengalami kegagalan atau patah. Pengujian ini dilaksanakan berdasarkan standar ASTM E8, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5. Spesimen setelah Uji Tarik

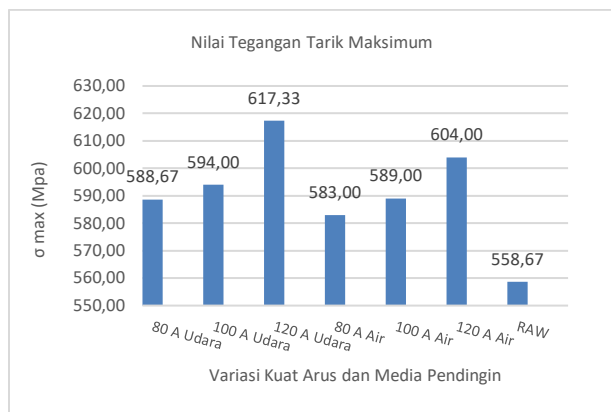


1. Tegangan Tarik

Tegangan tarik adalah nilai yang menunjukkan kemampuan suatu material dalam menahan tegangan sebelum mengalami kerusakan, seperti patah atau retak. Berdasarkan hasil pengujian, nilai maksimum tegangan tarik pada material ST 37 telah diperoleh dengan mempertimbangkan variasi kuat arus dan jenis media pendingin, sebagaimana ditampilkan dalam tabel 3.1 dan gambar 6.

Tabel 3.1 Nilai Tegangan Tarik

Spesimen	Area (mm^2)	P Max (kN)	σ Max (MPa)
80 A Udara	125	73,67	588,67
100 A Udara	125	74,3	594
120 A Udara	125	77,27	617,33
80 A Air	125	70,3	583
100 A Air	125	73,67	589
120 A Air	125	73,7	604
RAW	125	69,9	558,67



Gambar 6. Nilai Tegangan Tarik

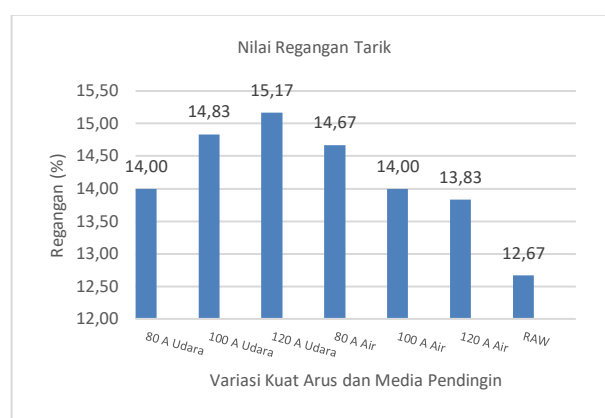
Berdasarkan tabel 3.1 dan gambar 6 dapat dilihat bahwa spesimen yang mendapatkan kekuatan tarik tertinggi adalah spesimen 120 A Udara dengan nilai 617,33 Mpa, sedangkan spesimen yang mendapatkan nilai kekuatan tarik paling rendah adalah spesimen RAW dengan nilai 558,67 Mpa. Spesimen 80 A Udara, 100 A Udara, 80 A Air, 100 A Air, dan 120 Air masing masing mendapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 588,67 MPa, 594 MPa, 583 MPa, 589 MPa, dan 604 MPa. Nilai kekuatan tarik dengan variasi kuat arus dan media pendingin yang berbeda-beda dapat dilihat perbedaannya pada gambar 6, dimana spesimen 120 A Udara menunjukkan kualitas yang paling baik diikuti oleh spesimen 100 A Udara, 120 A Air, 100 A Air, 80 A Udara, 80 A Air, dan RAW. Berdasarkan penelitian terdahulu, pengujian tarik pada pelat baja ST 37 yang dilakukan menggunakan metode pengelasan Metal Inert Gas (MIG) dengan variasi arus 120 A, 130 A, 140 A, dan 150 A menunjukkan bahwa tegangan tarik tertinggi dicapai pada arus 150 A, diikuti secara berurutan oleh arus 140 A, 130 A, dan 120 A [12]. Temuan ini selaras dengan prinsip bahwa peningkatan arus pengelasan umumnya berbanding lurus dengan kenaikan tegangan ultimit yang dihasilkan.

2. Regangan Tarik

Hasil pengujian menunjukkan nilai regangan tarik, sebagaimana disajikan dalam tabel 3.2 dan gambar 7.

Tabel 3.2 Nilai Regangan Tarik

Spesimen	ΔL (mm)	Lo (mm)	Regangan (%)
80 A Udara	28	200	14
100 A Udara	29,7	200	14,83
120 A Udara	30,3	200	15,17
80 A Air	29,3	200	14,67
100 A Air	28	200	14
120 A Air	27,7	200	13,83
RAW	25,3	200	12,67



Gambar 7. Nilai Regangan Tarik

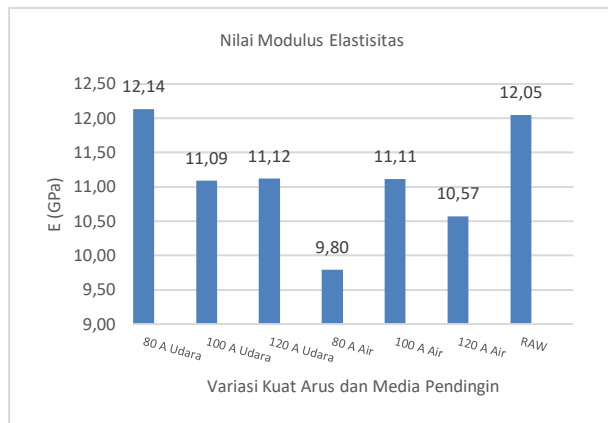
Berdasarkan data hasil pengujian pada plat baja ST 37 yang disajikan dalam tabel 3.2 dan gambar 7, diperoleh spesimen dengan regangan tarik tertinggi, yaitu spesimen 120 A Udara sebesar 15,17%. Sementara itu, regangan tarik terendah ditemukan pada spesimen RAW dengan nilai 12,67%. Adapun spesimen lainnya menunjukkan regangan tarik masing-masing sebesar 14% untuk 80 A Udara, 14,83% untuk 100 A Udara, 14,67% untuk 80 A Air, 14% untuk 100 A Air, dan 13,83% untuk 120 A Air.

3. Modulus Elastisitas

Hasil pengujian menunjukkan nilai modulus elastisitas yang telah disajikan dalam tabel 3.3 dan gambar 8.

Tabel 3.3 Nilai Modulus Elastisitas

Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E (GPa)
80 A Udara	452,69	3,83	12,14
100 A Udara	461,23	4,17	11,09
120 A Udara	475,28	4,33	11,12
80 A Air	441,36	4,5	9,8
100 A Air	462,24	4,17	11,11
120 A Air	473,47	4,5	10,57
RAW	440,45	3,67	12,05



Gambar 8. Nilai Modulus Elastisitas

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas terbesar adalah spesimen 80 A Udara sebesar 12,14 GPa. Nilai rata-rata modulus elastisitas terbesar kedua adalah spesimen RAW sebesar 12,05 GPa diikuti oleh spesimen 120 A Udara, 100 A Air, 100 A Udara, 120 A Air, dan 80 A Air yang masing-masing mendapatkan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 11,12 GPa, 11,11 GPa, 11,09 GPa, 10,57 GPa, dan 9,8 GPa.

3.2. Hasil Uji Impak

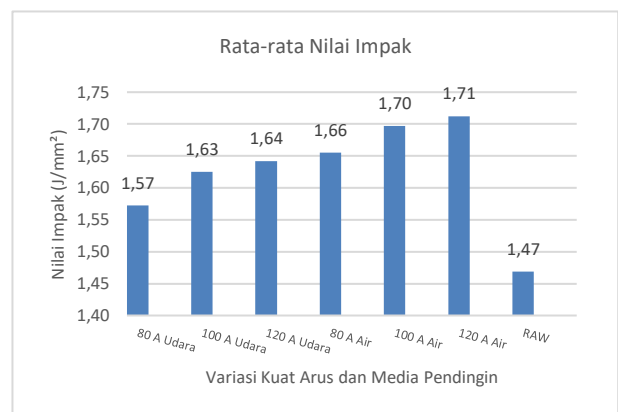
Pengujian impact dilakukan untuk mengukur nilai ketangguhan impact pada baja ST 37, yaitu kemampuan material dalam menyerap energi saat mengalami beban kejut sebelum mengalami kegagalan. Proses pengujian ini mengacu pada standar ASTM E23. Gambar spesimen setelah pengujian impact dapat dilihat pada gambar 9, sedangkan hasil pengujian disajikan dalam tabel 3.4 dan gambar 10.



Gambar 9. Spesimen setelah Uji Impact

Tabel 3.4 Nilai Impact

Spesimen	Energi Terserap (J)	Luas (mm ²)	Nilai Impact (J/mm ²)
80 A Udara	186	118,33	1,57
100 A Udara	177,67	109,33	1,63
120 A Udara	185	112,67	1,64
80 A Air	187	113	1,66
100 A Air	186	109,67	1,7
120 A Air	188,33	110	1,71
RAW	186,33	127	1,47



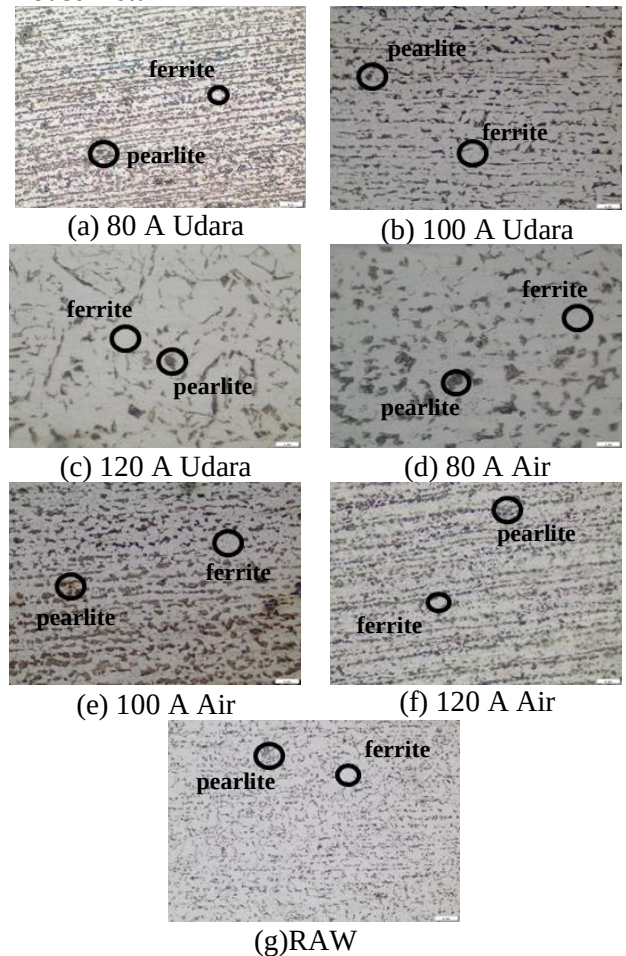
Gambar 10. Nilai Impact

Berdasarkan pengujian Impak yang telah dilakukan, dapat dilihat nilai dan perbandingan hasil dari tiap spesimen dengan variasi kuat arus dan media pendingin yang berbeda-beda pada tabel 3.4 dan gambar 10. Rata-rata nilai impak tertinggi didapatkan pada spesimen 120 A Air dengan rata-rata nilai impak sebesar 1,71 J/mm², sedangkan rata-rata nilai impak terendah didapatkan pada spesimen RAW dengan rata-rata nilai impak sebesar 1,47 J/mm². Rata-rata nilai impak tertinggi kedua, ketiga, keempat, dan kelima ditunjukkan pada spesimen 100 A Air, 80 A Air, 120 A Udara, 100 A Udara, dan 80 A Udara dengan rata-rata nilai impak masing-masing sebesar 1,70 J/mm²; 1,66 J/mm²; 1,64 J/mm²; 1,63 J/mm²; dan 1,57 J/mm². Berdasarkan penelitian sebelumnya, pengujian impak pada baja ST 40 menggunakan metode pengelasan FCAW posisi 4G dengan variasi arus pengelasan menunjukkan bahwa nilai impak tertinggi diperoleh pada arus 165 A dengan rata-rata 1,74 J/mm², diikuti oleh arus 150 A dan 135 A dengan rata-rata masing-masing 1,54 J/mm² dan 0,99 J/mm² [13]. Sementara itu, penelitian lain terkait pengujian impak pada baja ST 42 menggunakan berbagai media pendingin oli bekas, air tawar, air coolant, dan tanpa media pendingin menunjukkan bahwa nilai impak tertinggi di daerah pengelasan diperoleh dengan media pendingin air coolant sebesar 29,7 HRC, diikuti oleh air tawar (22,73 HRC), oli bekas (21,43 HRC), dan tanpa media pendingin (8,26 HRC) [14]. Hasil penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya, di mana variasi kuat arus pengelasan dan media pendingin berpengaruh signifikan terhadap nilai impak yang dihasilkan.

3.3. Hasil Uji Struktur Mikro

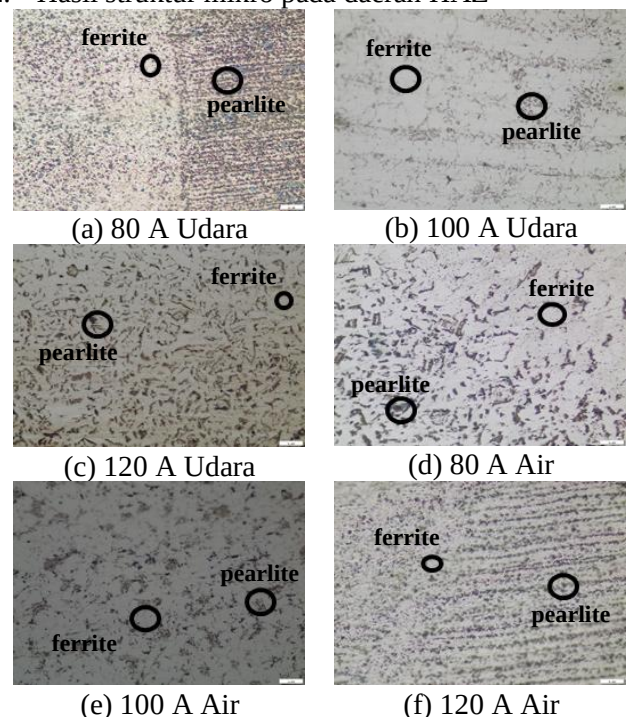
Pengujian mikrografi dilakukan terhadap spesimen baja ST 37 dengan 7 variasi yang berbeda yakni 80 A Udara, 100 A Udara, 120 A Udara, 80 A Air, 100 A Air, 120 A Air, dan RAW. Tujuan dari pengujian ini untuk menganalisis perbandingan dari struktur mikro yang dihasilkan melalui variasi kuat arus pengelasan dan media pendingin yang berbeda. Proses yang dilakukan pada spesimen sebelum pengujian yaitu polishing dan etching menggunakan larutan HNO₃ dan alkohol. Kemudian, pengujian mikro dilaksanakan dengan pembesaran sebesar 500x, dimana analisis difokuskan pada area pengelasan dan mencakup tiga daerah penting yaitu *base metal*, HAZ, dan *weld metal*.

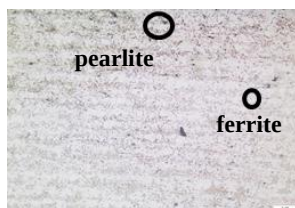
1. Hasil struktur mikro pada daerah logam induk *base metal*



Gambar 11. Struktur Mikro *Base Metal*

2. Hasil struktur mikro pada daerah HAZ

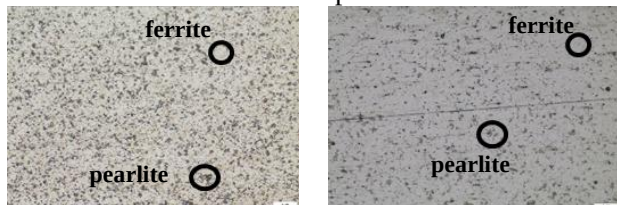




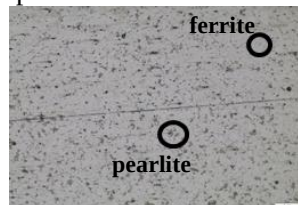
(g)RAW

Gambar 12. Struktur Mikro HAZ

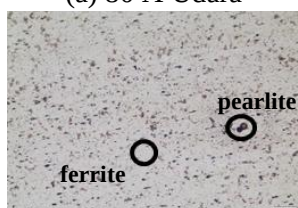
3. Hasil struktur mikro pada daerah *weld metal*



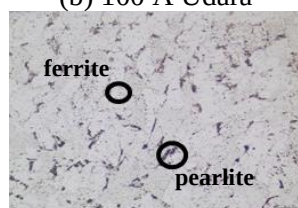
(a) 80 A Udara



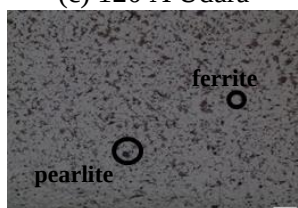
(b) 100 A Udara



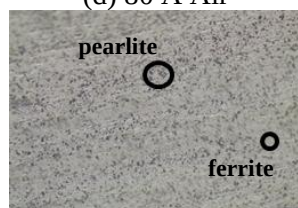
(c) 120 A Udara



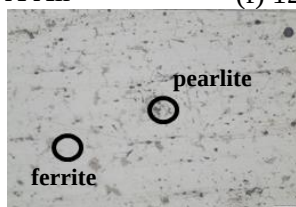
(d) 80 A Air



(e) 100 A Air



(f) 120 A Air



(g)RAW

Gambar 13. Struktur Mikro *Weld Meta*

Gambar 11, 12, dan 13 menunjukkan hasil pengujian mikro yang mengalami perubahan struktur *ferrite* (berwarna putih) dan *pearlite* (berwarna hitam) pada daerah *base metal*, HAZ, dan *weld metal*. *Ferrite* memiliki kekuatan yang lebih rendah namun memiliki keuletan yang baik, sedangkan *pearlite* memiliki kekuatan yang lebih tinggi dan bersifat lebih getas.

Spesimen 120 A Udara, yang menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi, menunjukkan kerapatan butir *pearlite* yang lebih baik dan halus dibandingkan dengan spesimen RAW yang memiliki nilai tarik terendah. Demikian pula spesimen 120 A Air, yang menunjukkan nilai dampak tertinggi memiliki kerapatan butir *ferrite* yang lebih baik dan halus dibandingkan spesimen RAW yang menghasilkan nilai dampak terendah.

Spesimen 120 A Udara memiliki mikrostruktur yang terdiri dari 43,37% *ferrite* dan 52,63% *pearlite*. Spesimen 120 A Air memiliki mikrostruktur yang terdiri dari 50,78% *ferrite* dan 49,22% *pearlite*. Spesimen RAW memiliki mikrostruktur yang terdiri dari 56,04% *ferrite* dan 43,96% *pearlite*.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya mengenai pengujian struktur mikro pada pengelasan SMAW baja ST 42 dengan variasi arus 80 A, 100 A, dan 120 A. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada arus 120 A, dengan mikrostruktur terdiri dari 32,325% *ferrite* dan 67,675% *pearlite*. Sementara itu, kekuatan tarik terendah ditemukan pada arus 80 A, dengan persentase *ferrite* sebesar 59,648% dan *pearlite* 40,316% [15].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada hasil pengelasan FCAW baja ST 37 menggunakan variasi kuat arus pengelasan dan media pendingin terhadap kekuatan tarik, dampak, dan struktur mikro, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu 1) semakin tinggi arus pengelasan maka semakin tinggi juga nilai kekuatan tarik yang dihasilkan, sedangkan penggunaan media pendingin udara menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan media pendingin air. 2) Semakin tinggi arus pengelasan maka semakin tinggi juga nilai dampak yang dihasilkan, sedangkan penggunaan media pendingin air menghasilkan nilai dampak yang lebih besar dibandingkan media pendingin udara. 3) Spesimen dengan kuat arus 120 A dan media pendingin udara menghasilkan susunan butir *pearlite* paling baik, sedangkan spesimen dengan kuat arus 120 A dan media pendingin air menghasilkan susunan butir *ferrite* paling baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat diselesaikan penulis karena berbagai pihak turut membantu dalam proses penelitian. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih pada PT Jasa Marina Indah yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Ilman and U. G. M. Press, *Ilmu dan Teknologi Pengelasan*. UGM PRESS, 2024.
- [2] Jumadin *et al.*, *TEKNIK PENGELASAN*. RIZMEDIA PUSTAKA INDONESIA, 2023.
- [3] Suherman and I. Abdullah, *TEKNIK PENGELASAN: (Cara Menghindari Cacat Las)*. umsu press, 2021.

- [4] Risma Fitriani, Azafilmi Hakiim, and Viktor Naubnome, *Senastik: Inovasi Teknologi Dalam Menjawab Tantangan Revolusi Industri 4.0 Di Era Pandemi*. Deepublish, 2022.
- [5] T. S. Amosun, S. O. Hammed, A. M. G. de Lima, and I. Habibi, "Effect of quenching media on mechanical properties of welded mild steel plate," *Mech. Eng. Soc. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 3–11, 2023.
- [6] A. Sharma, M. Saraswat, J. Vimal, and R. Chaturvedi, "Quenching's effect on a single-V butt welded joint made of mild steel's impact resistance," *Mater. Today Proc.*, 2023,
- [7] N. Q. Trinh *et al.*, "Optimization of metal transfer in rutile flux-cored arc welding through controlled CO₂ concentration in argon-CO₂ shielding gas," *J. Manuf. Process.*, vol. 124, no. March, pp. 590–603, 2024.
- [8] W. D. Callister Jr and D. G. Rethwisch, *Characteristics, Application, and Processing of Polymers*. 2003.
- [9] KEMENTRIAN KETENAGAKERJAAN R.I., "Membuat Sambungan Las Kampuh (Groove) Sesuai Welding Procedure Specification (Wps) Untuk Pengelasan Pelat Ke Pelat Dan Sesuai Dengan Proses Las Yang Digunakan C.24Las01.029.1," vol. 2018, pp. 1–81, 2018.
- [10] J. C. Lippold, S. D. Kiser, and J. N. DuPont, *Welding Metallurgy and Weldability of Nickel-Base Alloys*. Wiley, 2011.
- [11] A. Gunanto and D. J. Pramono, *Dasar Perancangan Teknik Mesin SMK/MAK Kelas X. Program Keahlian Teknik Mesin. Kompetensi Keahlian Teknik Pemesinan, Teknik Pengelasan, dan Teknik Pengecoran Logam*. Penerbit Andi, 2021.
- [12] A. Sebayang, E. Tarigan, and F. F. Hasan, "Karakteristik Hasil Pengelasan Metal Inert Gas (MIG) Pada Plat Baja ST 37 Dengan Variasi Arus 120 A, 130 A, 140A, Dan 150A," *Jurnal Pendidik Indonesia*, vol. 05, no. 02, pp. 1-8, 2022.
- [13] I. Sianturi, U. Budiarto, and I. P. Mulyatno, "Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Baja ST 40 Pengelasan Flux Cored Arc Welding (FCAW) Posisi 4G dengan Variasi Arus Pengelasan," *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 2, pp. 152–160, 2019,
- [14] D. H. A. Putri, R. D. Anjani, and I. N. Gusniar, "Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las TIG (Tungsten Inert Gas) Pada Baja St 42," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 10, no. 2, pp. 14–21, 2022.
- [15] A. D. Laksono, P. Hartono, and U. Lesmanah, "Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro menggunakan Pengelasan SMAW Kampuh U Ganda Baja ST 42," *J. Sains dan Teknol. Tek. Mesin Unisma*, vol. 16, no. 2, pp. 10–16, 2021.