



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Pada Pengelasan Dissimilar Baja ST42 dan SS304 Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Impak

Muhammad Naufal Athallah¹⁾, Hartono Yudo¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾

¹⁾Laboratorium teknologi material, las, dan produksi kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl.
Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*}e-mail : rznaufal20@students.undip.ac.id

Abstrak

Material baja ST42 dan stainless steel SS304 secara luas diaplikasikan dalam berbagai sektor industri karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik dan ketahanan korosi yang tinggi. Pengelasan dissimilar antar keduanya diperlukan penelitian sebagai acuan parameter pengelasan akibat perbedaan sifat fisik dan kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi arus SMAW terhadap ketahanan korosi dan energi impact sambungan ST42–SS304. Proses pengelasan dilakukan menggunakan elektroda E312 pada posisi 1G dengan arus 110A, 120A, dan 130A. Uji impact charpy dilakukan untuk mengetahui ketangguhan sambungan terhadap beban kejut, sedangkan uji korosi dilakukan secara elektrokimia dalam larutan NaCl 3,5%. Pada spesimen yang dilas dengan arus 110 A, diperoleh laju korosi terendah sebesar 0,284 mm/year dan energi impact tertinggi sebesar 2,66 J/mm². Peningkatan arus pengelasan menjadi 120 A menyebabkan laju korosi meningkat menjadi 0,428 mm/year, disertai penurunan energi impact menjadi 2,03 J/mm². Selanjutnya, pada arus 130 A, laju korosi mencapai nilai tertinggi sebesar 0,579 mm/year, sementara energi impact menurun menjadi 1,97 J/mm². Dengan demikian, arus 110A memberikan performa terbaik dalam hal ketahanan korosi dan kekuatan impact pada sambungan dissimilar ini.

Kata Kunci : Arus Las, Pengelasan Dissimilar, Laju Korosi, Kekuatan Impact

1. PENDAHULUAN

Baja ST42 dan stainless steel SS304 merupakan material yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi teknik dan industri karena sifat mekanik dan ketahanannya masing-masing. ST42 dikenal sebagai baja struktural dengan kekuatan tinggi dan kemudahan pengelasan, sedangkan SS304 memiliki ketahanan korosi yang baik serta kemampuan las yang juga unggul [1][2]. Dalam praktik industri, penggabungan kedua material ini sering dilakukan melalui proses pengelasan untuk memenuhi kebutuhan desain dan fungsionalitas struktur majemuk [3][4][5].

Pengelasan merupakan metode penyambungan material dengan memanfaatkan

panas tinggi, dan banyak digunakan dalam industri seperti manufaktur, konstruksi, dan otomotif [6][7]. Proses ini memungkinkan material melebur dan bergabung secara permanen, namun juga dapat memengaruhi sifat mekanik, struktur mikro, dan ketahanan korosi material [8][9]. Oleh karena itu, pemilihan parameter pengelasan yang tepat menjadi faktor krusial dalam menjamin kualitas sambungan. Ketika proses ini diterapkan pada dua jenis logam berbeda, seperti baja karbon dan stainless steel, maka disebut sebagai *dissimilar welding* [10][11].

Namun, penyambungan dua material berbeda (*dissimilar welding*) seperti ST42 dan SS304 menghadirkan tantangan tersendiri. Perbedaan komposisi kimia, konduktivitas termal, dan

koefisien muai termal dapat memicu terjadinya penurunan sifat mekanik maupun ketahanan korosi pada daerah sambungan [12][13]. Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam untuk memahami pengaruh proses pengelasan terhadap kualitas sambungan tersebut.

Penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi karakteristik sambungan las antara baja ST42 dan *stainless steel* SS304 dengan variasi arus pengelasan. Pengujian dilakukan melalui uji impak untuk mengetahui ketangguhan sambungan terhadap beban kejut, serta uji laju korosi menggunakan metode elektrokimia untuk menilai ketahanannya terhadap lingkungan korosif [14][15]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemilihan parameter pengelasan yang optimal pada aplikasi penyambungan *dissimilar* di sektor industri.

Pengujian impak digunakan untuk mengevaluasi ketangguhan atau kemampuan suatu material dalam menyerap energi saat mengalami benturan mendadak [16][17]. Dalam konteks pengelasan dengan dua logam dasar yang berbeda, seperti antara baja ST42 dan *stainless steel* SS304, perbedaan sifat termal dan struktur mikro akibat proses las dapat memengaruhi zona sambungan, khususnya pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) [18][19]. Uji impak menjadi penting untuk mengetahui sejauh mana sambungan mampu bertahan terhadap beban dinamis atau kejut, yang sering terjadi dalam aplikasi teknik seperti konstruksi, transportasi, dan permesinan. Dengan pengujian ini, dapat diidentifikasi apakah variasi parameter pengelasan menyebabkan penurunan ketangguhan yang signifikan pada sambungan [20][21][22].

Salah satu tantangan utama dalam pengelasan logam berbeda adalah potensi terjadinya korosi galvanik akibat perbedaan potensial elektrokimia antara dua logam [23][24]. *Stainless steel* SS304 dikenal memiliki ketahanan korosi tinggi, sedangkan baja karbon seperti ST42 lebih rentan terhadap serangan korosif. Proses pengelasan dapat menyebabkan perubahan struktur mikro dan presipitasi karbida yang menurunkan ketahanan korosi, terutama di sekitar daerah las [25][26]. Oleh karena itu, uji laju korosi, khususnya dengan metode elektrokimia, digunakan untuk mengetahui sejauh mana sambungan las mempertahankan ketahanannya terhadap lingkungan korosif [27][28]. Hasil pengujian ini penting untuk memprediksi umur pakai dan keandalan struktur yang menggunakan sambungan *dissimilar*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan las. Dalam studi yang menggunakan

metode MIG pada baja ST37, uji impak Charpy menunjukkan bahwa arus 140 Ampere menghasilkan ketangguhan tertinggi sebesar 2,20 Joule/mm², sementara arus 160 Ampere menghasilkan nilai terendah sebesar 1,99 Joule/mm² [29]. Hal ini mengindikasikan bahwa pemilihan arus pengelasan yang tepat penting untuk memperoleh kekuatan impak optimal pada sambungan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan SMAW berpengaruh terhadap laju korosi pada baja ST40. Hasil uji korosi mengindikasikan bahwa peningkatan arus las cenderung menurunkan laju korosi material. Nilai tertinggi tercatat pada arus 80A sebesar 0,11450 mm/tahun, sedangkan nilai terendah ditemukan pada arus 110A, yaitu 0,07852 mm/tahun. Temuan ini menguatkan bahwa pemilihan arus yang tepat dapat meningkatkan ketahanan korosi sambungan las [30].

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, arus pengelasan sebesar 140 Ampere menghasilkan nilai impak tertinggi, sedangkan arus 160 Ampere menghasilkan nilai terendah. Di sisi lain, laju korosi tertinggi tercatat pada arus 80A, dan terendah pada arus 110A. Temuan tersebut menunjukkan bahwa variasi arus las memiliki pengaruh nyata terhadap kekuatan impak maupun ketahanan korosi material. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi variasi arus baru guna menentukan nilai arus optimal pada pengelasan *dissimilar* antara baja ST42 dan *stainless steel* SS304, khususnya terhadap ketangguhan sambungan dan laju korosinya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai sejauh mana pengaruh variasi arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan impak dan laju korosi pada sambungan las *dissimilar* antara baja ST42 dan *stainless steel* SS304. Proses pengelasan *dissimilar* dengan variasi arus bertujuan untuk mengetahui parameter arus optimal yang mampu menghasilkan sambungan dengan ketangguhan mekanik tinggi serta ketahanan korosi yang baik. Dengan mengevaluasi sifat mekanik dan ketahanan lingkungan dari hasil sambungan, Studi ini diharapkan mampu memberikan sumbangsih terhadap optimalisasi metode pengelasan *dissimilar* yang efektif dan memiliki keandalan tinggi untuk diterapkan dalam sektor industri.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Baja merupakan material logam yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknik [31][32]. Baja karbon, seperti ST42, mengandung unsur-unsur seperti karbon, fosfor, silikon, sulfur, dan mangan dalam kadar terbatas, yang memberikan sifat mekanik baik, seperti kekuatan tinggi, ketahanan terhadap benturan, dan kemampuan las yang baik. ST42 termasuk baja karbon rendah dengan titik leleh berkisar antara 1370°C hingga 1500°C. Kandungan baja ST42 dan *mechanical properties* Baja ST42 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kandungan Baja ST42 [33][34]

Unsur	Kadar Presentase (%)
Karbon (C)	0,07% - 0,30%
Silikon (Si)	0,15% - 0,15%
Mangan (Mn)	0,3% - 0,6%
Fosfor (P)	0,03%
Sulfur (S)	0,035%

Tabel 2. *Mechanical Properties* Baja ST42 [33][34]

<i>Mechanical Properties</i>	Nilai
<i>Tensile Strength</i>	410 - 490 MPa
<i>Poissons Ratio</i>	0,27
<i>Elongation</i>	20%
Modulus Elastisitas	8,85 Gpa

Stainless steel 304 merupakan salah satu jenis baja tahan karat austenitik yang paling banyak digunakan di berbagai sektor industri, termasuk industri maritim. Material ini memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, kekuatan mekanik tinggi, serta kemudahan dalam pengelasan, menjadikannya ideal untuk aplikasi di lingkungan agresif seperti laut. Dalam dunia kemaritiman, SS304 umum diaplikasikan pada komponen seperti pipa, railing, bracket, dan alat angkat karena kemampuannya menahan korosi akibat paparan air laut dan kelembapan tinggi. Kode “SS” merujuk pada *stainless steel*, sementara angka 3 menunjukkan bahwa material ini termasuk dalam seri austenitik. Kandungan *stainless* SS304 dan *mechanical properties* SS304 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kandungan *stainless* SS304 [35]

Unsur	Minimum (% berat)	Maksimum (% berat)
Karbon (C)	0,08	0,08
Silikon (Si)	1	1
Mangan (Mn)	2	2,02
Nikel (Ni)	8	10,5
Krom (Cr)	18	20

Tabel 4. *Mechanical Properties* *Stainless* SS304 [35]

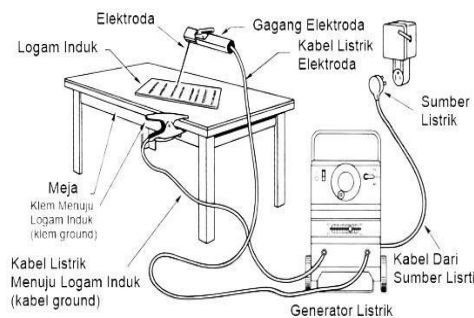
<i>Mechanical Properties</i>	Nilai
<i>Tensile Strength</i>	505 MPa
<i>Poissons Ratio</i>	0,29
<i>Elongation</i>	70%
Modulus Elastisitas	193 GPa

2.2. Pengelasan

Menurut standar Deutsche Industrie Normen (DIN), pengelasan merupakan proses penyambungan logam yang menghasilkan ikatan metalurgi dalam keadaan cair, dengan atau tanpa tekanan. Proses ini banyak digunakan dalam industri karena mampu membentuk sambungan yang kuat dan tahan terhadap beban mekanis serta kondisi lingkungan ekstrem [36].

Dissimilar Metal Welding (DMW) merupakan proses penyambungan dua logam berbeda, seperti baja karbon dan baja tahan karat. Teknik ini digunakan untuk mengoptimalkan sifat masing-masing material, misalnya pada sistem perpipaan atau penempatan tabung, di mana *stainless steel* digunakan di area yang rentan korosi, sedangkan baja karbon diaplikasikan di bagian yang kurang terpapar, guna menyeimbangkan kinerja dan efisiensi biaya [37].

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) merupakan proses penyambungan logam yang menggunakan busur listrik dan elektroda terbungkus sebagai logam pengisi. Panas dari busur listrik menyebabkan elektroda dan logam dasar meleleh, membentuk sambungan yang solid. Metode ini banyak digunakan di berbagai industri karena peralatannya sederhana dan biaya operasionalnya relatif rendah. Pengelasan SMAW dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengelasan SMAW

2.3. Tahap Penelitian

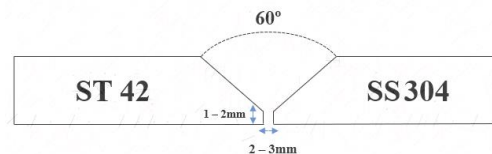
Studi ini dilaksanakan dengan mengikuti serangkaian tahapan inti. Tahap pertama adalah pengumpulan bahan, yang mana memerlukan baja dengan klasifikasi karbon rendah ST42 dan *stainless steel* SS304. Kedua material disiapkan dalam bentuk plat dengan dimensi awal 300 mm × 30 mm × 10 mm, masing-masing sebanyak satu lembar untuk uji impak. Tahap selanjutnya adalah proses pemotongan dan pengelasan. Plat baja dan *stainless steel* dipotong menjadi ukuran 100 mm × 30 mm × 10 mm untuk memudahkan proses pengelasan dengan variasi arus yang sudah ditentukan. Gambar 2 memperlihatkan potongan peat sebelum dilakukan pengelasan



Gambar 2. Plat sebelum pengelasan

Plat yang telah melalui proses penyerataan selanjutnya dipotong untuk membentuk bevel sesuai jenis sambungan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu V Single Butt Weld. Proses pembentukan sambungan ini mengacu pada ISO 9692, yaitu standar dari *International Organization for Standardization* yang memberikan panduan mengenai desain sambungan pengelasan, termasuk detail teknis untuk berbagai jenis sambungan. Pada penelitian ini digunakan sudut bevel 60°, *root face*

setebal 2 mm, *root gap* sebesar 2 mm, dan tebal pelat 10 mm.



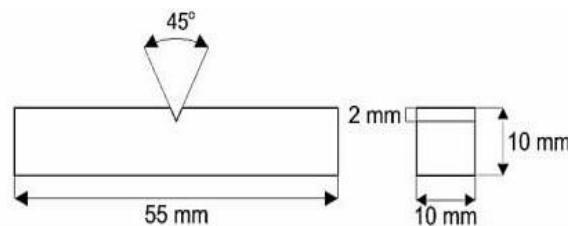
Gambar 3. Sambungan kampuh single V-butt joint

Tahap berikutnya adalah proses pengelasan, yang dilakukan dengan tiga variasi arus yaitu 110 A, 120 A, dan 130 A menggunakan posisi pengelasan 1G (datar). Metode pengelasan yang SMAW. Seluruh proses pengelasan dilaksanakan di *workshop* LKP INLASTEK WELDING INSTITUTE, Surakarta. Dengan standar prosedur yang sesuai dan detail sebagai berikut.

- | | |
|----------------------|--|
| a. Mesin Las | : Daiden 250A |
| b. Jenis Pengelasan | : SMAW |
| c. Arus Listrik | : 110A, 120A, 130A |
| d. Jenis Elektroda | : E312 |
| e. Logam Induk | : <i>Stainless</i> SS304 dan Baja ST42 |
| f. Posisi Pengelasan | : 1G |

2.4. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen uji impak dilakukan berdasarkan standar ASTM E23 sebagai acuan dimensi. Spesimen dibuat 10 × 10 × 55 mm dan menggunakan notch tipe V dengan sudut 45°, kedalaman 2 mm, dan radius dasar 0,25 mm. Spesimen dipotong dari sambungan las baja ST42 dan *stainless steel* SS304, mencakup area weld metal, HAZ, atau base metal sesuai kebutuhan. Pemotongan juga dilakukan untuk pengujian laju korosi dengan tebal pelat 5mm. Detail dimensi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Dimensi Spesimen Uji Impak

2.5. Pengujian Impak

Uji impact digunakan untuk menilai kemampuan material dalam menyerap energi saat mengalami beban kejut, khususnya penting pada material baja hasil pengelasan guna memastikan kekuatan dan keuletan sambungan. Pengujian ini umumnya dilakukan dengan metode Charpy atau Izod, sesuai kebutuhan [38]. Dalam penelitian ini, pengujian impact dilakukan menggunakan metode Charpy dengan model mesin DB-300A, guah Instrument Co., Ltd., Dongguan, China. Pengujian Charpy dilakukan dengan spesimen yang mengacu pada standar ASTM E23. Mesin impact charpy dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Impact Metode Charpy

Perhitungan uji impact dilakukan upaya mencari nilai ketangguhan energi yang diserap. Rumus persamaan untuk mencari ketangguhan atau harga impact dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$T = \frac{E}{A} \quad (1)$$

Dalam Persamaan 1. T merupakan ketangguhan spesimen uji impact dengan standar satuan (J/mm^2), A adalah luas penampang spesimen yang didapat dari hasil perkalian lebar dan tebal, sementara E adalah energi impact yang didapat dari hasil pengujian tiap spesimen, dengan satuann (J).

2.6. Laju Korosi

Laju korosi merupakan ukuran kecepatan degradasi logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya, yang

dinyatakan dalam satuan mm/tahun atau mpy. Proses ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta sifat material, dan dapat terjadi dalam bentuk korosi seragam, pitting, maupun galvanik. Pengukuran laju korosi pada penelitian ini dilakukan mengacu pada ASTM G102 yang mana sebagai acuan perhitungan laju korosi. Rumus persamaan untuk mencari laju korosi dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$CR = \frac{K \cdot i_{corr} \cdot EW}{\rho} \quad (2)$$

Dimana CR merupakan laju korosi, K merupakan konstanta ($3,27 \times 10^{-3}$ untuk mm/year), i_{corr} merupakan arus korosi dengan satuan ($\mu A/cm^2$), EW merupakan *equivalent weight material*, dan ρ adalah desnsitas material dengan satuan (g/cm^3).

Ketahanan material terhadap korosi dapat diklasifikasikan berdasarkan rentang laju korosinya, yang biasanya berada antara 1 hingga 200 mpy seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Laju Korosi

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	<i>Approximate Metric Equivalent</i>		
	mpy	mm/year	$\mu m/year$
<i>Outsanding</i>	< 1	< 0.02	< 25
<i>Excellent</i>	1 - 5	0.02 - 0.1	25 - 100
<i>Good</i>	5 - 20	0.1 - 0.5	100 - 500
<i>Fair</i>	20 - 50	0.5 - 1	500 - 1000
<i>Poor</i>	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000
<i>Unacceptable</i>	200+	5 +	5000 +

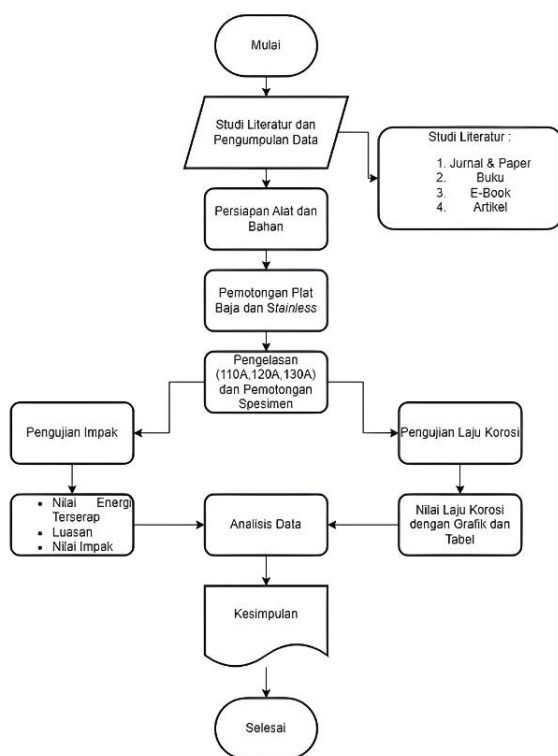
Metode elektrokimia digunakan untuk mengukur laju korosi berdasarkan reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi di permukaan logam saat kontak dengan elektrolit. Perpindahan elektron dalam proses ini menghasilkan arus listrik yang sebanding dengan laju korosi [39]. Teknik ini dinilai sensitif dan efektif, terutama untuk lingkungan yang kompleks, serta memungkinkan pengukuran real-time menggunakan alat seperti potensiostat guna memperoleh data interaksi elektrokimia secara akurat.

2.7. Lokasi Penelitian

Proses pembuatan spesimen untuk penelitian ini dilakukan dengan teliti dan seksama di Inlastek Welding Institute yang terletak di Surakarta, sebuah lembaga yang memiliki fasilitas lengkap untuk mendukung berbagai uji material dalam

bidang pengelasan. Setelah spesimen selesai dibuat, pengujian dampak Charpy, yang bertujuan untuk mengukur ketangguhan material pada suhu rendah, dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Material dan Produksi Kapal yang berada di bawah naungan Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro, Semarang. Laboratorium ini dikenal memiliki peralatan canggih yang memungkinkan pengujian dengan akurasi tinggi. Selanjutnya, untuk menguji laju korosi material, dilakukan percobaan di Laboratorium Korosi yang ada di Departemen Teknik Material Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Laboratorium ini memiliki fasilitas khusus yang dapat memantau dan mengukur tingkat korosi material dengan ketelitian yang sangat tinggi, sehingga data yang diperoleh dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai ketahanan material terhadap proses korosi dalam berbagai kondisi lingkungan

2.8. Diagram Alir



Gambar 6. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan disajikan pembahasan mendalam terhadap hasil dari berbagai pengujian, meliputi uji mekanis kekuatan dampak dan pengujian laju korosi menggunakan metode elektrokimia. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan performa

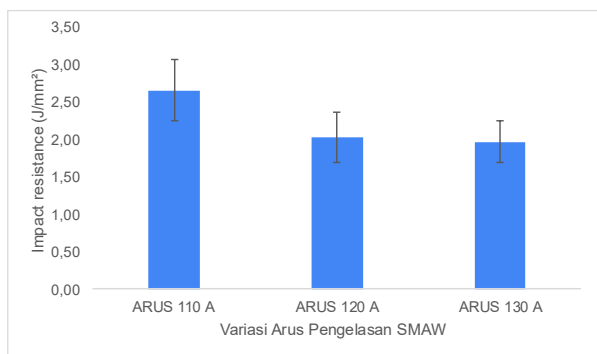
sambungan las yang menggunakan arus yang berbeda pada masing-masing spesimen uji. Untuk memudahkan pemahaman, hasil penelitian akan diuraikan dalam empat subbab yang mengacu pada jenis pengujian yang dilakukan, sehingga setiap karakteristik material dapat ditinjau secara sistematis dan menyeluruh. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pengaruh tipe elektroda terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari sambungan las.

3.1. Hasil Uji Impak

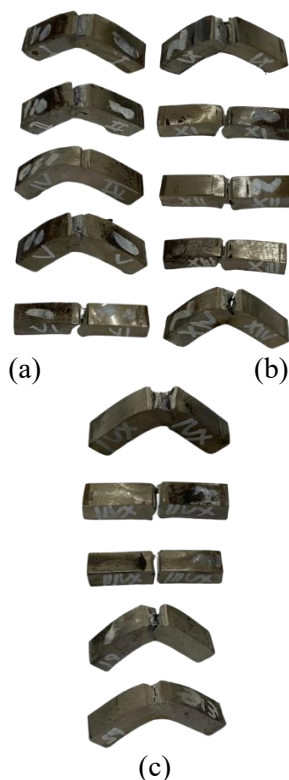
Pengujian dampak dilaksanakan berdasarkan standar ASTM E23, yang merupakan acuan internasional untuk mengukur ketangguhan material terhadap beban kejut. Dalam prosedur ini, spesimen uji dengan takik berbentuk "V" terlebih dahulu dipersiapkan sesuai dimensi standar, kemudian dikenai beban tumbukan secara tiba-tiba menggunakan mesin uji dampak tipe Charpy. Beban kejut ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan material dalam menyerap energi sebelum mengalami patah, sehingga dapat diketahui seberapa tangguh sambungan las terhadap kondisi pembebanan mendadak. Uji ini sangat penting untuk mengetahui perilaku material dalam kondisi ekstrem, seperti pada komponen yang bekerja di lingkungan dengan risiko benturan atau getaran tinggi. Hasil dari pengujian ini akan dibandingkan antara arus pengelasan untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda terhadap ketangguhan material hasil las.

Tabel 2. Data Uji Impak

Specimen	Luas (mm ²)	Energi Impak (Joule)	Harga Impak (J/mm ²)	Standar Deviasi	Rata-rata Harga Impak (J/mm ²)
ARUS 110 A	90,4	272	3,01	0,41	2,66
	85,8	218	2,54		
	85,12	252	2,96		
	88,8	246	2,77		
ARUS 120 A	84,15	169	2,01	0,34	2,03
	87,36	202	2,31		
	84,75	149	1,76		
	88,48	155	1,75		
	85,32	158	1,85		
ARUS 130 A	94,4	233	2,47	0,28	1,97
	89,7	198	2,21		
	90,4	136	1,50		
	90,06	174	1,93		
	90,4	185	2,05		
	92	198	2,15		



Gambar 7. Hasil Perhitungan Impak



Gambar 8. (a) Spesimen Uji Impak Arus 110A, (b) Spesimen Uji Impak Arus 120A, (c) Spesimen Uji Impak Arus 130A

Hasil uji ketangguhan impak terhadap spesimen las dengan variasi arus pengelasan SMAW, yaitu 110 A, 120 A, dan 130 A. Ketangguhan impak diukur dalam satuan energi per luas penampang (J/mm^2). Terlihat bahwa spesimen yang dilas dengan arus 110 A memiliki nilai ketangguhan impak tertinggi, yaitu sekitar $2,66 J/mm^2$, diikuti oleh arus 120 A dengan nilai sekitar $1,97 J/mm^2$, dan yang terendah pada arus 130 A dengan nilai sekitar $2,03 J/mm^2$. Hasil ini mengindikasikan bahwa arus pengelasan memengaruhi kemampuan material dalam menyerap energi tumbukan. Arus 110 A cenderung menghasilkan sambungan las yang lebih ulet, sedangkan peningkatan arus di atasnya dapat menyebabkan overheating dan pembentukan yang

lebih rapuh, sehingga menurunkan nilai ketangguhan impak.

Hal ini memiliki persamaan tren dengan penelitian sebelumnya. Pada pengujian impak pada pengelasan SMAW dengan variasi arus las terhadap baja ST42. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa nilai impact sebesar 182,82 joule dengan harga impact $2,28 J/mm^2$. Untuk variasi kuat arus 90 Ampere, energi terserap sebesar 110,95 joule dengan nilai harga impact $1,38 J/mm^2$. Variasi kuat arus 105 Ampere menghasilkan energi terserap sebesar 83,36 joule dengan harga impact $1,03 J/mm^2$, sementara variasi kuat arus 120 Ampere menghasilkan energi terserap sebesar 77,61 joule dan harga impact $0,96 J/mm^2$. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin rendah kuat arus pengelasan, semakin tinggi nilai harga impact pada baja karbon [24].

3.2. Hasil Pengujian Laju Korosi

Penelitian ini menggunakan metode pengujian elektrokimia dengan media korosif berupa larutan natrium klorida (NaCl) 3,5%. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai laju korosi pada setiap spesimen yang diuji. Prosedur pengujian mengacu pada standar ASTM G102 "Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements", dengan konfigurasi sel tiga elektroda. Pengukuran dilakukan menggunakan potensiostat kanal tunggal tipe Autolab PGSTAT128N yang dikendalikan melalui perangkat lunak NOVA. Seluruh rangkaian pengujian dilaksanakan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material, Departemen Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Data hasil uji laju korosi dapat dilihat pada Tabel 3.

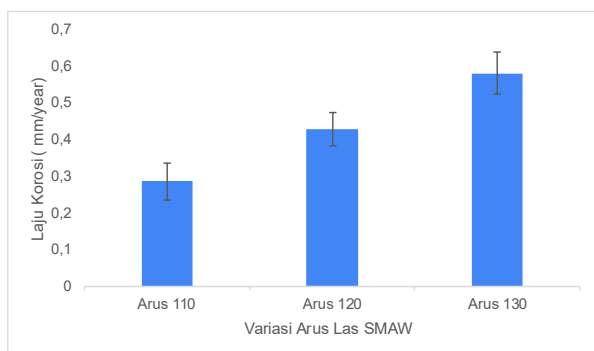
Tabel 3. Data Hasil Uji Laju Korosi

Variasi	Rata – rata I corr ($\mu A/cm^2$)	Laju Korosi (mm/year)	Standar Deviasi
110A	2,75592	0,2847	0,04955612
120A	4,14238	0,4280	0,04360144
130A	5,50326	0,5797	0,05755296

Hasil pengujian yang tertera menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai Icorr dan laju korosi pada sambungan *dissimilar*. Pada arus 110 A, nilai Icorr rata-rata sebesar $2,75592 \mu A/cm^2$ menghasilkan laju korosi terendah yaitu 0,2847 mm/year dengan standar deviasi 0,04956, yang

mengindikasikan ketahanan korosi relatif baik. Peningkatan arus menjadi 120 A menyebabkan kenaikan laju korosi mencapai 0,4280 mm/year dengan standar deviasi 0,04360. Kondisi ini menunjukkan bahwa kenaikan arus berbanding lurus dengan peningkatan laju korosi. Tren ini berlanjut pada arus 130 A, di mana laju korosi meningkat hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 0,5797 mm/year dengan standar deviasi 0,05755. Secara keseluruhan, data tersebut memperlihatkan bahwa semakin besar arus las yang digunakan, semakin tinggi pula laju korosi yang terjadi, yang kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya input panas pengelasan sehingga memperlebar daerah terpengaruh panas (heat affected zone, HAZ) dan memicu pembentukan mikrostruktur yang kurang tahan terhadap serangan korosi.

Untuk memperjelas tren hubungan antara variasi arus las terhadap laju korosi, data pada Tabel di atas selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik. Visualisasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih informatif mengenai pengaruh peningkatan arus terhadap penurunan laju korosi.



Gambar 8. Hasil Perhitungan Laju Korosi

Hal ini tidak selaras dengan penelitian sebelumnya. Penelitian yang membahas tentang pengelasan *dissimilar* antara baja ASTM 36 dan SS 304 menunjukkan bahwa Pada variasi arus 90A, nilai laju korosi tercatat sebesar 0,689 mm/year, yang termasuk dalam kategori *fair*. Pada variasi arus 100A, laju korosi turun menjadi 0,129 mm/year dan tergolong dalam kategori *good*. Sementara itu, variasi arus 110A menghasilkan laju korosi terendah sebesar 0,089 mm/year, yang dikategorikan sebagai *excellent*. Perbandingan antara nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi arus pengelasan, semakin rendah laju korosi yang terjadi, dengan perbedaan antara arus 90A dan 110A sebesar 0,6 mm/year [3].

4. Kesimpulan

Berdasarkan data uji korosi dan uji impact yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa

variasi arus las memberikan pengaruh signifikan terhadap ketahanan korosi dan kekuatan impact spesimen las *dissimilar* antara baja karbon ST42 dan *stainless steel* SS304. Pada pengujian laju korosi menggunakan metode elektrokimia, arus las 110 A menunjukkan rata-rata laju korosi paling rendah sebesar 0,2874 mm/tahun, yang mengindikasikan ketahanan korosi paling baik dan termasuk ke dalam skala *good*. Kemudian pada arus 120 A mendapati hasil 0.4280 mm/tahun, yang mengindikasikan ketahanan korosi masih dalam skala *good*. Terakhir, arus 130 A menghasilkan laju korosi tertinggi sebesar 0,5797 mm/tahun, menandakan ketahanan korosi yang tidak cukup baik dan termasuk ke dalam skala *Fair*.

Sementara itu, pada pengujian impact, arus las 110 A juga menghasilkan nilai rata-rata harga impact tertinggi sebesar 2,66 Joule/mm², dibandingkan arus 120 A sebesar 2,03 Joule/mm², dan arus 130 A sebesar 1,97 Joule/mm². Hal ini menunjukkan bahwa arus 110 A tidak hanya memberikan ketahanan korosi terbaik, tetapi juga kekuatan impact tertinggi dari ketiga variasi.

Dari keseluruhan hasil, arus 110A dapat dianggap sebagai arus pengelasan yang paling optimal karena mampu menghasilkan ketahanan korosi terbaik serta energi impact tertinggi dibandingkan variasi arus lainnya. Dengan demikian, pemilihan arus las yang sesuai sangat berperan penting dalam kualitas sambungan *dissimilar welding* antara baja ST42 dan SS304.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. G. Vázquez, A. Otto, G. Liedl, and Robert, "Simulation of Laser Welding of Dissimilar Metals," 2015.
- [2] H. Zhao, P. Li, Y. Zhou, Z. Huang, and H. Wang, "Study on the Technology of Explosive Welding Incoloy800-SS304," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 20, no. 6, pp. 911–917, 2011, doi: 10.1007/S11665-010-9712-3.
- [3] F. Mubarak, U. Budiarto, and D. W. Amiruddin, "Analisis Pengaruh Variasi Arus Las Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik Pengelasan Dissimilar Baja ASTM A36 dan Stainless SS304," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, p. 456, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval>
- [4] S. Suzuki *et al.*, "A novel flux coating method for the fabrication of layers of

- visible-light-responsive Ta₃N₅ crystals on tantalum substrates,” *J. Mater. Chem.*, vol. 3, no. 26, pp. 13946–13952, 2015, doi: 10.1039/C5TA01724F.
- [5] A. Kendrick, “The Harmonization of Polar Shipping Requirements,” *Mar. Technol. Soc. J.*, vol. 36, no. 04, pp. 232–237, 1999, doi: 10.5957/MT1.1999.36.4.232.
- [6] U. Kumbhat, “Fundamentals of Dissimilar Metal Joining by Arc and Resistance Welding Processes,” 2023, pp. 23–61. doi: 10.1007/978-981-99-1897-3_2.
- [7] M. F. Buchely, H. A. Colorado, and H. E. Jaramillo, “Effect of SMAW manufacturing process in high-cycle fatigue of AISI 304 base metal using AISI 308L filler metal,” *J. Manuf. Process.*, vol. 20, pp. 181–189, 2015, doi: 10.1016/J.JMAPRO.2015.08.005.
- [8] K. P. dan K. R. Sukaini, “Teknik Las SMAW Teknik Las SMAW,” p. 7, 2013.
- [9] Y. T. Yoo, H. J. Shin, D.-G. Ahn, and K.-G. Im, “Dissimilar Metal Welding of Austenite Stainless Steel and Low Carbon Steel using CW Nd:YAG Laser,” *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, vol. 22, no. 8, pp. 17–26, 2005, [Online]. Available: http://www.koreascience.or.kr/article/ArticleFullRecord.jsp?cn=JMGHBV_2005_v22n8s173_17
- [10] M. K. Abbas, K. A. Khalaf, and S. A. Nawi, “Study of the Mechanical and Metallurgical Properties of Dissimilar Welds,” *J. Eng.*, vol. 13, no. 1, 2007, [Online]. Available: <http://www.iasj.net/iasj?func=fulltext&aId=24057>
- [11] S. Kaewkuekool and B. Amornsini, “A study of parameters affecting to mechanical property of dissimilar welding between stainless steel (AISI 304) and low carbon steel,” pp. 105–109, 2008.
- [12] B. wahyu Kuncoro and M. . Dr. Widia Setiawan, S.T., “digunakan elektroda E309- ER70S-6 berdiameter 0,8 mm, sementara pada SMAW 16,” 2024.
- [13] A. C. Crespo, A. Scotti, R. F. Fuentes, and T. O. Méndez, “Relationship of coating factor of coated tubular electrodes for hardfacing by SMAW process, with the consumption parameters and the geometry of the deposited metal,” *Rev. Tec. La Fac. Ing. Univ. Del Zulia*, vol. 35, no. 3, 2013, [Online]. Available: <https://mail.produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/download/6856/6844>
- [14] N. Kumar, C. Pandey, and P. Kumar, “Dissimilar Welding of Inconel Alloys with Austenitic Stainless-Steel: A Review,” *J. Press. Vessel Technol. Asme*, vol. 145, no. 1, 2022, doi: 10.1115/1.4055329.
- [15] D. C. Salvador, “Comparative Study of Welding Techniques for Joining Dissimilar Metals,” *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol.*, pp. 988–992, 2023, doi: 10.48175/ijarsct-11903.
- [16] N. P. S. Dhaliwal, R. Mittal, S. Gill, and P. Khullar, “Comparative Evaluation of Impact Strength of Dissimilar Metal Weld between T91 and 304SS Prepared by SMAW and GTAW Techniques,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 39, pp. 1–6, 2016, doi: 10.17485/IJST/2016/V9I39/101403.
- [17] A. Kumar, S. M. Pandey, A. Bhattacharya, D. Fydrych, S. Sirohi, and C. Pandey, “Selection of Electrode Material for Inconel 617/P92 Steel SMAW Dissimilar Welds,” *J. Press. Vessel Technol. Asme*, pp. 1–11, 2023, doi: 10.1115/1.4062794.
- [18] X. Chen, A. Singh, S. Konovalov, J. R. Hirsch, and K. Wang, “Corrosion of Materials after Advanced Surface Processing, Joining, and Welding,” *Int. J. Corros.*, vol. 2018, pp. 10–12, 2018, doi: 10.1155/2018/3569282.
- [19] G. Chen, G. Wang, F. Z. Xuan, and S. T. Tu, “Effects of HAZ widths on creep crack growth properties of welded joints,” *Weld. World*, vol. 59, no. 6, pp. 851–860, 2015, doi: 10.1007/S40194-015-0259-7.
- [20] Anang Setiawan and Yusa Asra Yuli Wardana, “Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Submerged Arc Welding pada Baja SM 490,” *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 57–63, 2006, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/16525>
- [21] A. Liessem and M. Erdelen-Peppler, “A Critical View on the Significance of HAZ Toughness Testing,” pp. 1871–1878, 2004, doi: 10.1115/IPC2004-0315.
- [22] W. Grellmann, S. Seidler, and W. Hesse, “Procedure for Determining the Crack Resistance Behaviour Using the Instrumented Charpy Impact Test,” Springer Berlin Heidelberg, 2001, pp. 71–86. doi: 10.1007/978-3-662-04556-5_4.
- [23] M. H. Moayed, ع. داوودی, and A. Aleyaasin, “Galvanic corrosion in gas tungsten arc welding (GTAW) 304L

- austenitic stainless steel,” 2009, [Online]. Available: <https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1010551.html>
- [24] E. Afandi, D. Y. Sari, H. Nurdin, and B. Rahim, “Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Smaw Terhadap kekuatan Uji Impak Pada Sambunganbaja Karbon St 42,” *J. Vokasi Mek.*, vol. 4, no. 1, pp. 58–64, 2022, doi: 10.24036/vomek.v4i1.287.
- [25] Y. Zou, J. Wang, and Y. Y. Zheng, “Electrochemical techniques for determining corrosion rate of rusted steel in seawater,” *Corros. Sci.*, vol. 53, no. 1, pp. 208–216, 2011, doi: 10.1016/j.corsci.2010.09.011.
- [26] H. Kawasaki, T. Katagiri, and K. Tamaki, “Corrosion resistance of the girth weld haz of duplex stainless steel,” vol. 3, pp. 207–212, 1989, [Online]. Available: <https://trid.trb.org/view/434853>
- [27] S. Yahya, N. K. Othman, A. R. Daud, and A. Jalar, “Effect of scan rate on corrosion inhibition of carbon steel in the presence of rice straw extract - Potentiodynamic studies,” *Sains Malaysiana*, vol. 43, no. 7, pp. 1083–1087, 2014, [Online]. Available: https://www.ukm.my/jsm/pdf_files/SM-PDF-43-7-2014/16 Solhan Yahya.pdf
- [28] J. P. Broomfield, “Field Measurement of the Corrosion Rate of Steel in Concrete using a Microprocessor Controlled Unit with a Monitored Guard Ring for Signal Confinement,” ASTM International, 1996, pp. 91–106. doi: 10.1520/STP16969S.
- [29] S. Desmon, “Pengamatan Struktur Mikro Pada Baja Jis Ss400,” *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 27, 2021.
- [30] S. Abdullah Mubarak Ihsan Naufal, U. Budiarto, and S. Joko Sisworo, “Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik Baja ST 40,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 09, no. 2, pp. 191–198, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/nav al>
- [31] J.-C. Tolédano, *The structure of crystalline solids*. 2011. doi: 10.1142/9789814374064_0002.
- [32] H. C. Schultiz, W. Sobek, and K. J. Habermann, *Steel Construction Manual*. 2000. [Online]. Available: <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA46455421>
- [33] S. Roni Andika, “ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL SAMBUNGAN PENGELASAN GESEK PADA BAJA ST42,” vol. 4, no. 2, pp. 98–110, 2024.
- [34] B. Anwar, *A Comparative Study on Tensile Strength, Hardness, and Microstructure at ST.42 Steel Plate Welded with Electric and Acetylene Welding*. 2017. doi: 10.2991/icest-17.2017.76.
- [35] P. Sridhar, P. Biswas, and P. Mahanta, “Effect of process parameters on bead geometry, tensile and microstructural properties of double-sided butt submerged arc welding of SS 304 austenitic stainless steel,” *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 42, p. 551, Sep. 2020, doi: 10.1007/s40430-020-02636-4.
- [36] P. Kah, M. Shrestha, and J. Martikainen, “Trends in Joining Dissimilar Metals by Welding,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 440, pp. 269–276, 2013, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.440.269.
- [37] B. Mvola, P. Kah, and J. Martikainen, “Welding of dissimilar non-ferrous metals by GMAW processes,” *Int. J. Mech. Mater. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2014, doi: 10.1186/S40712-014-0021-8.
- [38] R. B. S. Majanasatra, “Karbon Tinggi (Aisi D2) Hasil Perlakuan Panas,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 61–66, 2013.
- [39] M. R. W. Khasibudin, D. N. Zulfika, and R. Kusbiantoro, “Analisis Laju Korosi Baja Karbon ST 60 Terhadap Larutan Hidrogen Klorida (HCl) Dan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH),” *Majamecha*, vol. 1, no. 2, pp. 88–102, 2019, doi: 10.36815/majamecha.v1i2.538.