



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik Baja ST 40

Shofwan Abdullah Mubarak Ihsan Naufal¹⁾, Untung Budiarto¹⁾, Sarjito Joko Sisworo¹⁾

¹⁾Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

^{*)}e-mail : sofwannaufal5@gmail.com, budiartountung@gmail.com, sarjitojs@gmail.com

Abstrak

Baja saat ini sudah umum digunakan di dunia industri karena kegunaannya yang beragam, akibatnya perkembangan ilmu dan penggunaannya pun semakin luas. Keilmuan yang dekat dengan baja salah satunya pengelasan, pengelasan ialah menyambungkan dua atau lebih logam dengan menggunakan panas. Baja memiliki kandungan karbon sehingga lebih mudah teroksidasi dan berkarat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus las terhadap laju korosi dan kekuatan tarik baja ST 40. Metode penelitian yang digunakan ialah metode eksperimen, dimulai dari persiapan benda uji sampai proses pengujian material. Pada penelitian ini dilakukan variasi pada kuat arus las SMAW dengan arus 80 A, 90 A, 100 A dan 110 A untuk kemudian dilakukan uji laju korosi dan uji kekuatan tarik. Pada penelitian kali ini laju korosi terbesar terjadi pada spesimen dengan arus 80 A dengan nilai 0,11450 mm/year (good), dan nilai laju korosi terkecil pada arus 110 A dengan nilai 0,07852 mm/year (excellent). Pada pengujian ini diperoleh hasil uji terbaik pada spesimen dengan variasi arus 100 A dengan nilai 470,11 Mpa dan nilai laju korosi dalam kategori excellent. Dapat disimpulkan pada penelitian ini yaitu arus pengelasan paling baik bagi baja ST 40 pada arus 100 A dengan kekuatan tarik yang tinggi dan laju korosi yang baik.

Kata Kunci : Baja ST 40, Las SMAW, Variasi Arus, Laju Korosi, Kekuatan Tarik

1. PENDAHULUAN

Baja saat ini sudah umum digunakan di dunia industri karena kegunaannya yang beragam, akibatnya perkembangan ilmunya pun semakin luas. Salah satu cara menyambung baja yang umum digunakan ialah pengelasan, seiring bertambahnya tahun semakin banyak penelitian penelitian yang melibatkan pengelasan dengan berbagai macam jenisnya. Pengelasan ialah penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, sehingga logam disekitar daerah las akan mengalami perubahan struktur metalurgi, deformasi dan tegangan termal. Proses pengelasan dengan metode yang benar dan tepat merupakan salah satu cara untuk mengurangi pengaruh buruk tersebut [1].

Pada penelitian sebelumnya dimana suatu aluminium paduan diuji ketahanan korosinya setelah diberi las TIG dengan variasi arus las 80A, 90A dan 100A [2]. Pada penelitian lainnya dimana dilakukan penelitian dengan variasi jenis elektroda pada pengelasan pipa dengan suatu larutan [3]. Juga telah ada penelitian dimana dilakukan perbandingan laju korosi pelat ASTM A36 dimana dilakukan pengelasan pada udara terbuka dan pengelasan basah bawah air [4]. Dari penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengelasan memiliki pengaruh terhadap laju korosi. Pada penelitian sebelumnya dimana dilakukan proses pengelasan pada baja SS 400 dengan variasi kampuh las dan posisi pengelasan [5]. Kemudian pada penelitian dengan baja SS 400 dengan variasi gerakan elektroda dan bentuk kampuh las terlihat memiliki pengaruh terhadap

kekuatan mekanik baja [6]. Pada penelitian untuk kekuatan mekanis baja dimana dicari kekuatan tarik pada sambungan las pada dua logam yang berbeda dengan variasi arus las 60A, 70A dan 80A, diperoleh nilai kekuatan tarik yang optimal pada arus las 70A [7]. Namun pada penelitian lainnya dimana dilakukan pengelasan pada baja ASTM A36 dengan variasi arus 100A, 110A, 120A dan 130A [8]. Pada penelitian yang lainnya pada baja karbon rendah yang dilakukan pengelasan dengan variasi arus las 100A, 125A dan 150A [9]. Menunjukkan hasil bahwa semakin besar arus las yang digunakan berpengaruh pada kekuatan tarik baja tersebut.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diambil rumusan masalah yaitu bagaimana pengaruh variasi arus listrik las SMAW terhadap laju korosi dan kekuatan tarik baja ST 40. Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan laju korosi dan kekuatan tarik pada baja ST 40 setelah pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus listrik.

2. METODE

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari referensi buku, jurnal, artikel, internet sehingga dapat mempelajari karakteristik material baja ST 40, data utama didapatkan dari hasil pengujian. Baja St 40 digolongkan dalam kategori baja karbon rendah karena kandungan karbonnya yang kurang dari 3%. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit [10].

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan las listrik yang dilakukan secara manual dan sering digunakan untuk pemeliharaan, perbaikan serta produksi. Pemilihan jenis las SMAW karena jenis las ini menurut penulis yang paling umum dan banyak digunakan di dunia industri namun kualitas sambungan tidak selalu konstan baik karena dipengaruhi juga oleh keadaan juru las.

Kualitas dari sambungan las menentukan baik tidaknya kekuatan pada sambungan las. Pengelasan yang baik menghasilkan kualitas dan masukan panas (*heat input*) yang baik. Masukan panas dalam pengelasan dipengaruhi oleh beberapa parameter pengelasan seperti tegangan busur las, arus listrik dan kecepatan pengelasan.

Uji korosi dengan metode elektrokimia *potentiodynamic* dilakukan pada gelas tabung uji dengan cairan elektrolit agar terjadi peristiwa oksidasi pada bahan uji. Cairan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah air garam

dengan kadar garam 3,5% sebagai simulasi dari air laut.

Uji tarik merupakan pengujian merusak yang dilakukan dengan melakukan pembebanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah hingga terputus, atau dengan memberikan gaya pada salah satu ujung benda dengan ujung lainnya ditahan hingga benda putus. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari suatu material.

2.2. Parameter Penelitian

Beberapa parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Pengelasan

Pengelasan dilakukan dengan variasi arus las 80A, 90A, 100A dan 110A.

b. Uji Korosi

Pengujian korosi pada penelitian ini dilakukan dengan metode *potentiodynamic* yang mana untuk menghitung E dari suatu logam adalah dengan persamaan 1 dan 2 [11].

$$EW = N_{EQ}^{-1} \quad (1)$$

$$N_{eq} = \sum \left[\frac{\omega_i}{a_i / n_i} \right] = \sum \left[\frac{\omega_i n_i}{a_i} \right] \quad (2)$$

Dimana EW adalah berat equivalen, N_{EQ} adalah nilai equivalen total, ω_i adalah fraksi berat, a_i ialah nomor massa atom, dan n_i adalah elektron valensi.

Setelah mendapatkan nilai EW (*Equivalent Weight*) kemudian menghitung laju korosi dengan persamaan 3.

$$CR = 3.27 \frac{icorr(EW)}{D} \quad (3)$$

Dimana, CR ialah laju korosi (mmy), $icorr$ adalah rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$), dan D ialah berat jenis specimen (gr/cm^3).

c. Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mendapatkan nilai dari beberapa sifat mekanik baja, diantaranya:

- Tegangan tarik maksimum (σ)
Tegangan tarik maksimum adalah tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum patah.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (4)$$

Dimana, σ adalah tegangan tarik maksimum (Mpa), P adalah beban maksimum (N), dan A_0 adalah luas penampang awal (mm^2)

- Regangan maksimum (e)
Regangan didefinisikan sebagai perbandingan antara panjang pertambahan panjang dengan panjang awal.

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana, ΔL adalah perubahan panjang pada spesimen, L_0 adalah panjang spesimen awal, dan e adalah Regangan (%)

2.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan antara lain:

1. Gerinda
2. Mesin bubut
3. Mesin uji tarik servopulser
4. Peralatan las
5. Ampelas
6. Selotip
7. Gelas uji
8. Larutan air garam 3,5%
9. Penggaris

2.4. Lokasi penelitian

Pengelasan dilakukan di Laboratorium Pengelasan Universitas Negeri Yogyakarta, untuk pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Yogyakarta. Pengujian korosi dilakukan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Yogyakarta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan proses pengelasan terhadap baja ST 40 menggunakan pengelasan SMAW (*Sub Metal Arc Welding*) dengan perlakuan variasi kuat arus listrik pengelasan, arus yang digunakan dari 80 A, 90 A, 100 A, dan 110 A. Kemudian dilakukan uji laju korosi dan uji kekuatan tarik.

3.1. Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi bahan pada material dilakukan di laboratorium bahan teknik UGM. Dari hasil pengujian diperoleh presentase berat unsur-unsur kimia pada baja sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja ST 40

Nama Unsur	Jumlah (%)
Carbon	0.0802
Silicon	0.0402
Sulfur	0.0161
Phosporus	0.0100
Manganese	0.4044
Nickel	0.0104
Chromium	0.0187
Molybdenum	0.0027
Copper	0.0174
Tungsten	0.0000
Titanium	0.0008
Tin	0.0004
Aluminium	0.0087
Lead	0.0028
Calcium	0.0012
Zinc	0.0000
Iron	99.38

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian komposisi baja yang digunakan memperoleh nilai dengan kandungan unsur-unsur yang mendekati nilai baja ST 40, dimana baja ST 40 merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 0.3%, berdasarkan tabel di atas presentase karbon yang dimiliki baja sebesar 0.08% sehingga dapat di kategorikan sebagai baja karbon rendah [12].

3.2. Proses Pengelasan Material dan pembuatan spesimen

Plat material yang telah disiapkan dipotong-potong, dibentuk dan dirapihkan kemudian di las menggunakan pengelasan SMAW (*Sub Metal Arc Welding*) dengan perlakuan variasi kuat arus listrik pengelasan, arus yang digunakan dari 80 A, 90 A, 100 A, dan 110 A. Kemudian dibentuk menjadi spesimen uji korosi dan spesimen uji tarik.

- Logam induk
 - Material Spesification* : ST 40
 - Tebal : 6 mm
- Logam Pengisi
 - AWS Classification* : AWS E7016 dan AWS E7018
 - Posisi Pengelasan : 3G
 - Sudut Kampuh : 66°
 - Tipe Pengelasan : SMAW (*Sub Metal Arc Welding*)

c. Heat Input

- HI (80A) = $\frac{60 \times 25 \times 80A}{4 \text{ cm/menit}}$
= 30000 Joule/cm
- HI (90A) = $\frac{60 \times 25 \times 90A}{4 \text{ cm/menit}}$
= 33750 Joule/cm
- HI (100A) = $\frac{60 \times 25 \times 100A}{4 \text{ cm/menit}}$
= 37500 Joule/cm
- HI (110A) = $\frac{60 \times 25 \times 110A}{4 \text{ cm/menit}}$
= 41250 Joule/cm

Lembaran plat yang telah dilas menggunakan las SMAW dengan variasi arus pengelasan dipotong dan dibentuk menjadi spesimen untuk uji korosi seperti pada gambar 1 dan uji tarik pada gambar 2. Pembuatan spesimen uji korosi mengikuti ukuran standar ASTM G31, dengan bentuk bundar dengan tebal antara 2 mm hingga 10 mm dan diameter antara 30 mm hingga 100 mm pada tiap spesimen. Sedangkan pembuatan spesimen uji tarik dibuat dengan dimensi ukuran 200 mm x 14 mm x 6 mm pada tiap spesimen.



Gambar 1. Spesimen untuk Uji Korosi



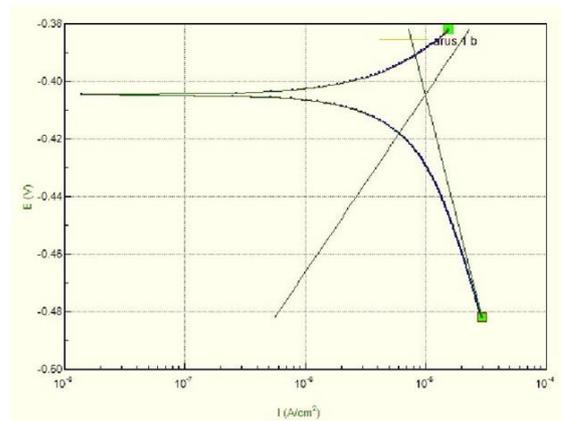
Gambar 2. Spesimen untuk Uji Tarik

3.3. Uji Korosi

Pengujian laju korosi dipilih menggunakan metode ekstrapolasi tafel, gambar 3 menunjukkan perpotongan garis pada kurva polarisasi katodik dan kurva polarisasi anodik, dimana titik ini menunjukkan i_{corr} dan E_{corr} . Potensial korosi

bisa diukur saat elektroda kerja bernilai nol dan rapat arus korosi i_{corr} akan terukur dengan ekstrapolasi tafel dari kurva polarisasi.

Nilai rapat arus korosi memperlihatkan banyak atau sedikitnya jumlah ion ion yang terlarut dalam larutan elektrolit dalam pengujian. Hal tersebut menunjukkan bahwa logam mengalami oksidasi, dimana terjadi pelepasan elektron yang menyebabkan ion-ion positif logam akan larut dalam larutan elektrolit. Jika rapat yang terbaca besar artinya banyak ion logam yang larut dalam cairan elektrolit, hal tersebut membuat kondisi logam tidak stabil, seperti kondisi awal logam yang akan mengarah pada kerusakan karena bereaksi dengan lingkungannya.



Gambar 3. Grafik Ekstrapolasi Tafel

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Korosi untuk spesimen 80A

No	Variabel	Nilai
1	$E(I=0)$	-0.405 V
2	i_{corr}	9.93×10^{-6} A
3	Cathodic Beta	164.48 mV
4	Anodic Beta	61.92 mV

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Korosi untuk spesimen 90A

No	Variabel	Nilai
1	$E(I=0)$	-0.415 V
2	i_{corr}	9.39×10^{-6} A
3	Cathodic Beta	169.41 mV
4	Anodic Beta	72.39 mV

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Korosi untuk spesimen 100A

No	Variabel	Nilai
1	$E(I=0)$	-0.421 V
2	i_{corr}	7.23×10^{-6} A
3	Cathodic Beta	142.86 mV
4	Anodic Beta	66.773 mV

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Korosi untuk spesimen 110A

No	Variabel	Nilai
1	E(I=0)	-0.413 V
2	I _{corr}	6.81x10 ⁻⁶ A
3	Cathodic Beta	144.89 mV
4	Anodic Beta	72.003 mV

Selanjutnya adalah menghitung nilai N_{EQ}^{-1} dengan menggunakan data dari tabel 2, tabel 3, tabel 4 dan tabel 5 serta unsur dominan untuk menghitung nilai N_{EQ} dengan menggunakan persamaan nomer (2). Tabel 6 menunjukkan hasil nilai equivalen total dari unsur unsur material uji.

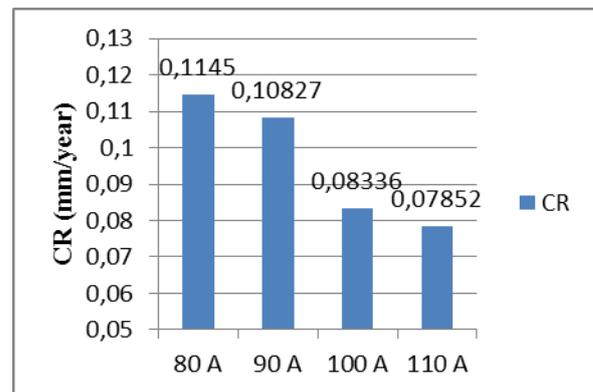
Tabel 6. Nilai Equivalen Total

Unsur	Nilai Equivalen
C	0.00026709
Si	0.00005725
S	0.00003013
P	0.00001614
Mn	0.00014722
Ni	0.00000354
Cr	0.00000360
Mo	0.00000028
Cu	0.00000274
W	0
Ti	0.00000033
Sn	0.00000013
Al	0.00000967
Pb	0.00000054
Ca	0.00000060
Zn	0
Fe	0.03559137
Equivalen Total	0.03613065

Selanjutnya memasukkan nilai data equivalen pada tabel kedalam persamaan (1) untuk mendapatkan nilai EW sehingga didapatkan nilai EW sebesar 27,68. Kemudian menghitung laju korosi untuk menentukan kategori ketahanan korosi dari baja ST 40 dengan perlakuan pengelasan. Didapatkan nilai laju korosi seperti pada tabel 7 dan gambar 4 dimana laju korosi semakin rendah pada arus pengelasan 110A dengan laju korosi tahunan sebesar 0,07852 mm/year.

Tabel 7. Nilai Laju Korosi

Arus Las	I _{corr} (µA/cm ²)	CR (mm/year)
80A	9,93	0,11450
90A	9,39	0,10827
100A	7,23	0,08336
110A	6,81	0,07852



Gambar 4. Grafik Nilai Laju Korosi

Menurut D.A Jones, laju korosi dapat dikategorikan sebagai berikut :

Tabel 8. Tabel Ketahanan korosi

Relative Corrosion Resistance	mm/year
Outstanding	<0,02
Excelent	0,02-0,10
Good	0,10-0,50
Fair	0,50-1,00

Berdasarkan tabel laju korosi dan tabel ketahanan korosi pada tabel 8, diperoleh hasil bahwa pada arus pengelasan 80A dan 90A laju korosi termasuk dalam kategori *Good* dan pada arus pengelasan 100A dan 110A dapat dimasukkan dalam kategori *Excelent*.

3.4. Uji Tarik

Uji tarik merupakan pengujian merusak yang dilakukan terhadap material untuk mengetahui gambaran kekuatan dan ketahanan material terhadap suatu beban. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan terus menerus secara teratur hingga material tersebut putus, dengan tujuan ntuk menentukan kekuatan tarik dari material tersebut. Data pada tabel 9 menunjukkan hasil yang didapat dari pengujian tarik berupa pertambahan panjang, beban luluh dan beban maksimum dari material tersebut.

Tabel 9. Data Hasil Uji Tarik

No	Spesimen	Ao (mm ²)	ΔL (mm)	Py (N)	Pmax (N)
1	80A1	75,03	9,6	26754	34300
2	80A3	76,25	12,6	24500	34790
3	90A1	75,64	14,3	24990	34986
4	90A2	74,42	12,9	24892	35182
5	100A1	73,20	10,6	24892	34692
6	100A3	74,40	11,3	25382	34692
7	110A1	74,40	11,3	25088	33712
8	110A3	72,00	13,5	23324	32830

a. Kekuatan Tarik (σ_{Max}) dan Kekuatan Luluh (σ_y)

Kekuatan tarik (σ_{Max}) adalah tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan. Kekuatan tarik (σ_{Max}) dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_{Max} = \frac{P_{Max}}{A_0} \text{ (Mpa)} \quad (6)$$

Dimana σ_{Max} adalah kekuatan tarik (Mpa), P_{Max} adalah beban maksimum (N), dan A_0 adalah luas penampang awal (mm^2).

Kekuatan luluh (σ_y) adalah tegangan minimum ketika suatu material kehilangan sifat elastisnya. Kekuatan luluh (σ_y) dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0} \text{ (Mpa)} \quad (7)$$

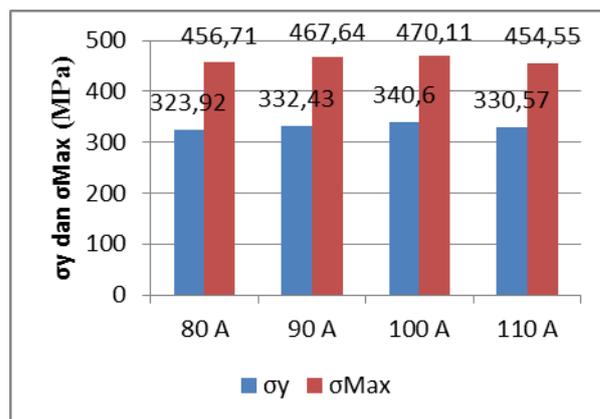
Dimana σ_y adalah kekuatan luluh (Mpa), P_y adalah beban luluh (N), dan A_0 adalah luas penampang awal (mm^2). Hasil yang didapat dari perhitungan kekuatan tarik (σ_{Max}) dan kekuatan luluh (σ_y) adalah sebagai berikut :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Kekuatan Tarik dan Kekuatan Luluh

No	Spesimen	σ_y (Mpa)	σ_y Rata- Rata (Mpa)	σ_{Max} (Mpa)	σ_{Max} Rata- Rata (Mpa)
1	80A1	326,54	323,92	457,15	456,71
2	80A3	321,31		456,26	
3	90A1	330,38	332,43	462,53	467,64
4	90A2	334,48		472,75	
5	100A1	340,05	340,60	473,93	470,11
6	100A3	341,16		466,29	
7	110A1	337,20	330,57	453,12	454,55
8	110A3	323,94		455,97	

Data pada tabel 10 menunjukkan hasil kekuatan luluh dan kekuatan tarik rata rata dari spesimen 80A dengan nilai 323,92 Mpa dan 456,71 Mpa, pada spesimen 90A menunjukkan nilai 332,43 Mpa dan 467,64 Mpa, pada spesimen 100A menunjukkan nilai 340,60 Mpa dan 470,11 Mpa serta pada spesimen 110A menunjukkan nilai 330,57 Mpa dan 454,55 Mpa.

Grafik pada gambar 5 memperlihatkan bahwa pada spesimen 100A mendapatkan hasil rata-rata tertinggi dengan nilai 340,60 Mpa dan 470,11 Mpa.



Gambar 5. Diagram Rata-Rata Kekuatan Luluh dan Kekuatan Tarik

b. Regangan (ϵ)

Regangan (ϵ) didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula. Regangan (ϵ) dirumuskan sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (7)$$

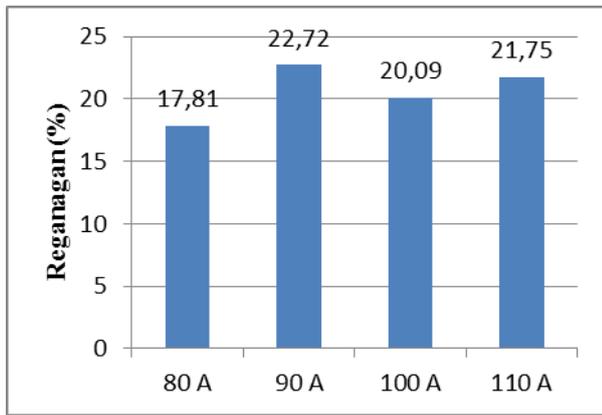
Dimana ϵ adalah regangan (%), ΔL adalah pertambahan panjang (mm), dan L_0 adalah panjang mula-mula (mm). Hasil yang didapat dari perhitungan regangan (ϵ) adalah sebagai berikut :

Tabel 11. Hasil Perhitungan Regangan

No	Spesimen	L_0 (mm)	ΔL (mm)	ϵ (%)	ϵ Rata- Rata (%)
1	80A1	57	9,6	16,84	17,81
2	80A3	57	12,6	22,11	
3	90A1	57	14,3	25,09	22,72
4	90A2	57	12,9	22,63	
5	100A1	57	10,6	18,60	20,09
6	100A3	57	11,3	19,82	
7	110A1	57	11,3	19,82	21,75
8	110A3	57	13,5	23,68	

Data tabel 11 memperlihatkan hasil rata-rata nilai regangan dari spesimen-spesimejn yang diuji, dimana pada spesimen 80A rata-rata regangannya sebesar 17,81%, pada spesimen 90A sebesar 22,72%, pada spesimen 100A sebesar 20,09% dan pada spesimen 110A sebesar 21,75%

Grafik pada gambar 6 memperlihatkan dimana regangan mengalami kenaikan pada spesimen 90A kemudian turun pada spesimen 100A namun sedikit naik lagi pada spesimen 110A.



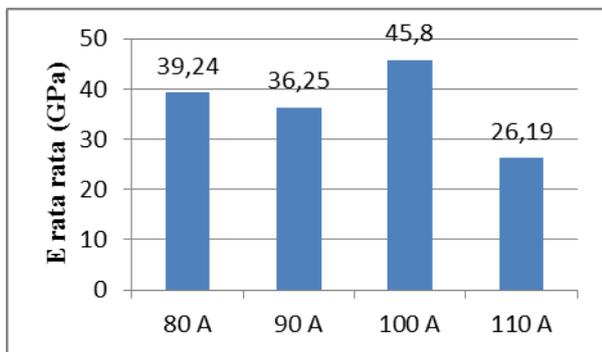
Gambar 6. Diagram Hasil Regangan Rata-rata

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas menunjukkan ukuran kekakuan suatu material. Semakin besar nilai modulus elastisitas berarti semakin kecil regangan elastisitas pada tingkat pembebanan tertentu dan semakin kaku.

Tabel 12. Data Hasil Modulus Elastisitas

No	Spesimen	σ_y (Mpa)	ϵ (%)	E (Gpa)	E Rata-Rata (Gpa)
1	80A1	326,54	0,0072	49,41	39,24
2	80A3	321,31	0,0111	29,06	
3	90A1	330,38	0,0112	29,63	36,25
4	90A2	334,48	0,0078	42,86	
5	100A1	340,05	0,0074	45,71	45,80
6	100A3	341,16	0,0074	45,90	
7	110A1	337,20	0,0118	28,58	26,19
8	110A3	323,94	0,0136	23,80	



Gambar 7. Diagram Hasil Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan dalam deformasi elastis. Modulus elastisitas menjadi ukuran kekakuan suatu material, berdasarkan data dari tabel 12 nilai rata rata modulus elastisitas dari spesimen 80A sebesar 39,24 Gpa, pada spesimen 90A sebesar 36,25 Gpa, pada spesimen 100A sebesar 45,8 Gpa dan pada spesimen 110A sebesar 26,19 Gpa. Semakin besar nilai rata-rata modulus berarti semakin sulit untuk merentangkan benda atau semakin kaku, berdasarkan gambar 7 spesimen pada pengelasan

arus 100A menjadi spesimen dengan modulus elastisitas tertinggi dengan nilai rata-rata 45,80 Gpa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas disimpulkan bahwa:

Arus las SMAW memiliki pengaruh terhadap korosi suatu material dimana semakin besar arus las yang digunakan berpengaruh pada semakin rendah laju korosinya dengan kata lain semakin tahan terhadap korosi.

Nilai laju korosi untuk spesimen dengan arus 80A adalah yang terbesar dengan nilai 0,11450 mm/year. Untuk spesimen dengan arus 90A memiliki laju korosi 0,10827 mm/year. Kemudian spesimen dengan arus 100A memiliki laju korosi 0,08336 mm/year. Sedangkan spesimen dengan arus 110A memiliki laju korosi terkecil dengan 0,07852 mm/year.

Berdasarkan tabel perbandingan ketahanan korosi, laju korosi pada spesimen baja ST 40 dengan pengelasan SMAW arus 80A dan 90A dikategorikan sebagai material yang Good dan pada arus 100A serta 110A masuk pada kategori Excelent dalam ketahanannya terhadap korosi. Dari nilai metric di atas juga dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus las menunjukkan pengurangan laju korosi.

Arus las yang digunakan juga terlihat memiliki pengaruh terhadap hasil pengujian tarik dimana semakin besar arus las yang digunakan berpengaruh pada semakin naiknya tegangan tarik baja tersebut, namun akan turun nilainya apabila arus las yang digunakan semakin besar. Hasil pengujian tarik dari masing-masing variasi arus las yaitu arus 80 Ampere= 456,71 Mpa, variasi arus 90 Ampere= 467,64 Mpa, variasi arus 100 Ampere= 470,11 Mpa, variasi arus 110 Ampere= 454,55 Mpa.

Pada penelitian ini, arus yang optimal untuk pengelasan SMAW pada baja ST 40 ditemukan pada arus 100 ampere dimana diperoleh rata-rata kekuatan tarik tertinggi dengan nilai 470,11 MPa dan nilai modulus elastisitas dengan rata-rata 45,80 GPa. Dari penelitian ini diperoleh hasil terbaik dari 4 variasi arus las pengelasan terbaik pada arus 100A, dimana didapatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas paling optimal serta laju korosi dalam kategori excellent. Dari beberapa poin kesimpulan di atas, hasil pengujian dari arus 110A mendapatkan nilai buruk pada uji kekuatan tarik sangat mungkin karena baja mengalami perubahan unsur akibat input panas yang berlebih sehingga baja tidak dalam kondisi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. "Teknologi Pengelasan Logam," PT. Pradya Paramita, Jakarta, 2000.
- [2] Wartono and Radifan, "Pengaruh Arus Proses Las Tig Terhadap Kekuatan Impak dan Ketahanan Korosi Aluminium Paduan," *Tek. Mesin STTNAS Yogyakarta*, vol. 2018, no. November, pp. 377–384, 2018.
- [3] G. Anggaretno, "Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. Corrosion, pp. 3–7, 2012.
- [4] Y. F. Rahman and H. Supomo, "Analisis Perbandingan Laju Korosi Pelat ASTM A36 antara Pengelasan di Udara Terbuka dan Pengelasan Basah Bawah Air dengan Variasi Tebal Pelat," *J. Tek. POMITS*, vol. 2, no. 1, pp. 73–77, 2013.
- [5] L. I. Saputra, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Akibat dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, Sep. 2019.
- [6] H. Akbar, U. Budiarto, and I. P. Mulyatno, "Pengaruh Variasi Gerakan Elektroda dan Bentuk Kampuh Las Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Pada Hasil Las SMAW Baja SS400 Sebagai Material Lambung Kapal," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, Sep. 2019.
- [7] M. Y. Nasrul, H. Suryanto, and A. Qolik, "Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 dan ST 37," *J. Tek. Mesin*, vol. 24, no. 1, pp. 1–12, 2016, [Online]. Available: <http://journal2.um.ac.id/index.php/jurnal-teknik-mesin/article/viewFile/511/324>.
- [8] Syaripuddin, I. Basori, and Y. M. Putra, "Pengaruh Jenis Kampuh Las Terhadap Kekuatan Tarik Baja Paduan Rendah (ASTM A36) Menggunakan Las Smaw," *J. Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 2, no. April, pp. 94–97, 2014.
- [9] T. B. Santoso, S. Solichin, and P. Trihutomo, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016," *J. Tek. Mesin*, vol. 23, no. 1, pp. 56–64, 2015.
- [10] R. Setiaji, *Pengujian Tarik*, Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI, Jakarta, 2009.
- [11] Möller, H, "The Corrosion Behaviour of Steel in Sea Water," The Shouthern African Institute of Mining and Metallurgy 8th. International Corrosion Conference. 2006.
- [12] M. Nofri and A. Taryana, "Analisa Sifat Mekanik Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur," *BINA TEKNIKA*, vol. 13, no. 2, pp. 189-199, 2017.