



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisis Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Posisi Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) Terhadap Kekuatan Material Baja Karbon Sedang

Benami I.G. Sembiring<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>1)</sup>, Parlindungan Manik<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*e-mail : [benamiigsembiring@students.undip.ac.id](mailto:benamiigsembiring@students.undip.ac.id) [untungbudiarto@lecturer.undip.ac.id](mailto:untungbudiarto@lecturer.undip.ac.id),  
[parlindunganmanik@lecturer.undip.ac.id](mailto:parlindunganmanik@lecturer.undip.ac.id)

### Abstrak

Proses pengelasan SMAW merupakan teknik penyatuan material di mana dua atau lebih bahan digabungkan dengan memakai elektroda sebagai sumber panas untuk melelehkan material bajat. Kekuatan sambungan pengelasan dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, termasuk perubahan arus listrik dan posisi pengelasan. Perubahan dalam arus listrik memiliki dampak yang signifikan pada kekuatan hasil pengelasan karena perbedaan panas yang dihasilkan oleh masing-masing arus listrik. Selain itu, posisi pengelasan berperan dalam menentukan letak atau orientasi gerakan elektroda pada pengelasan, walaupun pemilihan posisi pengelasan bergantung pada karakteristik objek kerja yang akan dilas. Pengujian dilakukan melalui uji tarik sesuai standar ASTM E8 dan uji impak metode Charpy sesuai standar ASTM E23. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi perbedaan nilai uji tarik dan uji impak dengan variasi arus listrik 100A, 120A, dan 140A, serta posisi 2G dan 3G. Untuk penelitian ini material yang digunakan yaitu baja ST 60 dengan ketebalan 10 mm dan elektroda E7018 berdiameter 3,2 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan tarik tertinggi terdapat pada arus listrik 100A dan posisi 2G sebesar 798,29 MPa, dengan nilai regangan paling tinggi sebesar 4,30%. Selain itu, nilai modulus elastisitas tertinggi terdapat pada arus listrik 100A dan posisi 3G, yaitu sebesar 143,49 GPa. Nilai impak terbaik dihasilkan dari arus listrik 100A pada posisi 2G sebesar 1,37 J/mm<sup>2</sup>.

Kata Kunci : Arus listrik Listrik, Posisi Pengelasan, SMAW, Baja ST 60, Uji Tarik, Uji Impak

### 1. PENDAHULUAN

Dalam berbagai industri, seperti konstruksi, manufaktur umum, dan industri otomotif, pengelasan adalah salah satu proses manufaktur yang sangat penting. Untuk menjamin keamanan dan keberlanjutan produk akhir, harus listrik dapat menggabungkan dua atau lebih material logam dengan cara yang kuat dan andal. Dalam situasi ini, integritas struktural dan kinerja material yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kualitas hasil sambungan las. Baja karbon sedang merupakan satu contoh material yang paling banyak digunakan dalam berbagai jenis konstruksi.

Baja karbon semakin populer dalam pembuatan berbagai komponen struktural karena kekuatan, ketahanan, dan harganya yang terjangkau [1].

AWS (*American Welding Society*) menyatakan bahwa prinsip SMAW memanfaatkan penggunaan panas busur untuk mencairkan logam dasar dan ujung elektroda tertutup yang digunakan. AWS juga menyatakan bahwa pencairan memerlukan arus listrik hingga 500 ampere, dengan arus listrik umum berkisar antara 60 dan 200 ampere. Akibat fakta bahwa metal adalah senyawa yang tidak memiliki kekuatan mekanis, okidasi yang dapat terjadi selama proses SMAW harus listrik dicegah. Untuk menghindari hal ini, penambah las

dilapisi dengan lapisan pelindung yang dikenal sebagai *slag* atau *flux*, yang mencair saat pengelasan. Namun, cairan fluks tetap berada di permukaan cairan logam karena berat jenisnya lebih rendah dibandingkan dengan logam yang meleleh. Ini mengisolasi metal dari udara sehingga tidak dapat beroksidasi dengan udara. Sewaktu membeku, *flux* akan ikut membeku dan tetap melindungi metal dari reaksi okodasi karena variasi kuat arus listrik dapat memengaruhi proses pengelasan, termasuk penetrasi pengelasan dan karakteristik struktural sambungan las, kuat arus listrik adalah salah satu parameter utama dalam pengelasan SMAW. Maka dari itu, sangat penting dalam memahami bagaimana variasi kuat arus listrik memengaruhi proses pengelasan[2].

Pengelasan SMAW, juga dikenal sebagai pengelasan elektroda berlapis, adalah salah satu metode pengelasan yang paling umum digunakan. Metode ini sederhana namun berhasil, menggunakan elektroda berlapis dan busur listrik untuk meleburkan material yang akan digabungkan. Posisi pengelasan seperti *flat*, *horizontal*, *vertical*, dan atas sangat penting untuk proses pengelasan. Setiap posisi pengelasan memiliki masalah yang berbeda, dan posisi tersebut dapat memengaruhi kondisi kerja dan aliran logam cair selama proses pengelasan. Memahami lebih lanjut tentang variasi arus listrik dan posisi pengelasan pada SMAW berdampak pada kekuatan material baja karbon sedang hasil sambungan las sangat penting. Pemahaman ini akan membantu para praktisi dalam industri pengelasan mengoptimalkan proses pengelasan, meningkatkan kualitas hasil sambungan las, dan mencegah cacat structural [1].

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan oleh Ely Aprilia dkk, hasil uji tarik menunjukkan variasi kekuatan tarik dari pengelasan SMAW pada material G 3106, bergantung pada intensitas arus listrik yang diterapkan, yaitu 80A, 90A, dan 100A. Pada arus listrik 80A, kekuatan tarik mencapai 402 MPa, sedangkan pada arus listrik 90A dan 100A, masing-masing mencapai 444 MPa dan 584,2 MPa[1].

Menurut hasil penelitian oleh Iwan Nugraha Gusniar dkk, yang melibatkan variasi intensitas arus listrik 80A, 85A, dan 90A dan berbagai posisi las 1G, 2G, dan 3G, tampaknya memiliki pengaruh signifikan pada pengujian yang melibatkan pengujian tarik, pengujian impak, dan struktur mikro dari sambungan pengelasan pada pelat baja ST 37 menggunakan metode SMAW. Dalam uji

tarik, nilai tertinggi tercatat pada kuat arus listrik 80A dan posisi las 3G, mencapai sekitar 44,78 kgf/mm<sup>2</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa pengelasan pada kuat arus listrik 80A dan posisi las 3G menghasilkan sambungan yang kuat, sebagaimana tercermin dari kegagalan material selama pengujian. Pada uji impak Charpy, nilai tertinggi ditemukan pada kuat arus listrik 80A dan posisi las 1G, mencapai sekitar 116 Joule. Temuan ini menunjukkan bahwa sambungan pengelasan pada baja ST 37 menunjukkan ketahanan yang baik terhadap deformasi (uletan), terutama ketika menggunakan kuat arus listrik 80A dan posisi las 1G[3].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Azwinur dkk, nilai kekuatan tarik untuk bahan baku baja ST 45 adalah 41.88 kgf/mm<sup>2</sup>. Dalam kelompok dengan arus 80 A, nilai kekuatan tarik meningkat menjadi 43.14 kgf/mm<sup>2</sup>, menunjukkan kenaikan sebesar 1.26 dibandingkan dengan kelompok bahan baku, sebagaimana dicatat dalam Jurnal Polimesin (ISSN: 1693-5462), Volume 15, Nomor 2, Agustus 2017, halaman 40. Sebaliknya, kelompok dengan arus 90 A menunjukkan penurunan nilai kekuatan tarik menjadi 40.07 kgf/mm<sup>2</sup> dibandingkan dengan kelompok bahan baku dan kelompok 80 A. Hal ini disebabkan oleh adanya cacat pada proses pengelasan. Untuk kelompok dengan arus 100 A, nilai kekuatan tarik mencapai 44.08 kgf/mm<sup>2</sup>, menandakan bahwa kekuatan tarik pada kelompok ini lebih tinggi daripada kelompok bahan baku, kelompok dengan arus 80 A, dan kelompok dengan arus 90 A[3].

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memperoleh nilai yang paling optimal pada kekuatan tarik dan kekuatan impak spesimen material baja ST 60 yang disambungkan menggunakan metode pengelasan SMAW dengan variasi posisi pengelasan 2G dan 3G, serta variasi intensitas arus listrik 100A, 120A, dan 140A. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh variasi posisi pengelasan dan intensitas arus listrik terhadap sambungan pengelasan. Disamping itu, penelitian ini juga dilaksanakan bertujuan untuk menjadi bahan perbandingan hasil nilai kekuatan tarik dan kekuatan impak dengan standar kriteria yang berlaku.

## 2. METODE DAN BAHAN

### 2.1. Pengumpulan Data

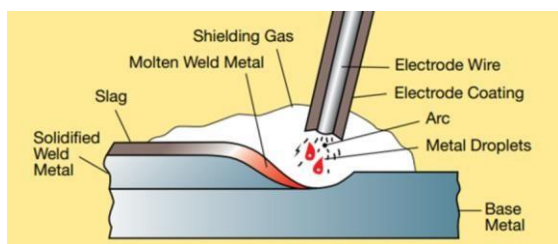
Metode penelitian adalah proses sistematis yang digunakan oleh peneliti untuk merancang, mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan informasi untuk mendapatkan jawaban dari pertanyaan penelitian atau mencapai tujuan penelitian.

Data utama, juga dikenal sebagai data primer, merupakan tipe data yang diakumulasikan secara langsung dari subjek penelitian, informan, dan peneliti sendiri. Baja ST 60 Material yang digunakan dalam pembuatan spesimen pada penelitian ini.



Gambar 1. Baja ST 60[7].

Baja ST 60 adalah jenis baja karbon menengah dengan kandungan karbon antara 0,3% hingga 0,59% C, dan memiliki titik leleh sekitar 1550 °C. Baja ST 60 dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat poros propeller karena memenuhi persyaratan baja karbon yang diizinkan oleh BKI. Masalah keausan pada poros sering terjadi karena tingkat kekerasan permukaan baja lebih rendah dibandingkan dengan bantalan propeller[4].



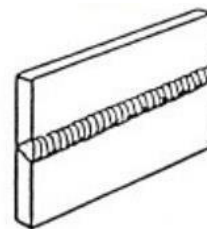
Gambar 2. Pengelasan SMAW

Menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*), pengelasan adalah proses menggabungkan dua atau lebih logam atau paduan logam dalam keadaan meleleh. Dengan kata lain, pengelasan menggunakan panas untuk menggabungkan bagian-bagian logam secara lokal. Menurut *American Welding Society* (AWS), proses ini melibatkan penyatuan material dengan pemanasan

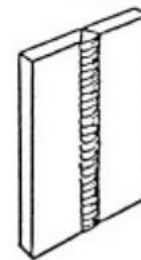
hingga mencapai suhu lebur, penggunaan tekanan, atau menggunakan logam pengisi[5].

Proses pengelasan adalah komponen integral dari perkembangan dan peningkatan kualitas dalam industri, memainkan peran kunci dalam rekayasa dan efisiensi produksi logam. Penggabungan logam dilakukan dalam berbagai posisi yang telah ditetapkan dalam perencanaan dan desain konstruksi las. Penerapannya sering ditemukan pada dinding dan langit-langit struktur konstruksi. Dalam konteks ini, posisi pengelasan dapat diklasifikasikan secara umum ke dalam beberapa kategori, termasuk posisi *downhand*, *horizontal*, *vertical*, dan *overhead*[12].

Perencanaan posisi pengelasan memegang peran krusial dalam proses pengelasan, karena dapat memengaruhi sifat dan kualitas dari hasil pengelasan. Posisi pengelasan mencakup penempatan tangan pada arah pengelasan. Dua jenis posisi pengelasan yang diterapkan dalam proses ini melibatkan pemosisian tangan arah yang berbeda yaitu. *horizontal* 2G, *vertical* 3G[10].



Gambar 3. Posisi Horizontal[6]



Gambar 4. Posisi Vertikal[6]

Tabel 1. Kandungan Baja ST 60

Element	Value
Karbon (C)	0,473 % - 0,600%
Mangan (Mn)	0,71 % - 0,697%
Fosfor (P)	0,0014 % - 0,0204%
Silikon (Si)	0,271 % - 0,240%
Sulfur (S)	0,0034% - 0,015%

Tabel 2. Mechanical Properties Baja ST 60

Sifat Mekanik	Simbol	Besaran
Tensile Strength (MPa)	$\sigma_s$	569 - 600
Yield Strength (MPa)	$\sigma_b$	343 - 400
Hardness	Hb	160 - 220
Elongation (%)		20-30

Pengujian tarik dilaksanakan untuk memperoleh output kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas. Spesimen dijepit pada mesin uji tarik *Universal Testing Machine* dengan pembebanan yang meningkat secara bertahap sampai beban tertentu hingga spesimen patah. Untuk pengujian tarik ini, spesimen akan digunakan dengan standar internasional ASTM E8[7].

Berikut ini adalah sifat yang dihasilkan dari pengujian tarik :

1. Tegangan tarik maksimum ( $\sigma$ ) Tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh sebuah material tersebut mengalami patah disebut tegangan tarik. Sebagai contoh, rumus kekuatan tarik material adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

F : Gaya (N),

A : Luas penampang ( $m^2$ ),

$\sigma$  : Tegangan (N/  $m^2$  atau Pa).

2. Regangan maksimum

Regangan maksimum suatu material adalah panjang yang tambah setelah patahan terhadap panjang awalnya.

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

e : Regangan (%)

$\Delta L$  : Pertambahan Panjang (m)

$L_0$  : Panjang Awal (m)

3. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas atau biasa disebut modulus young adalah ukuran kekuatan pada sebuah material.

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

E : Modulus Elastisitas (GPa)

$\sigma$  : Tegangan Maksimum (MPa)

e : Regangan (%)

Pengujian impact dilakukan sesuai dengan metode standar yang ditetapkan oleh ASTM E23, Metode Pengujian Impact *Notched Bar* untuk bahan logam. Metode ini memeriksa bagaimana spesimen uji diperlakukan hingga mencapai nilai standar pengujian impact. Nilai minimal pengujian impact ASTM adalah 0,1 J/mm<sup>2</sup> untuk bahan terikat dan

0,4 J/mm<sup>2</sup> untuk bahan yang tidak terikat. Nilai ini didasarkan pada dimensi spesimen uji impact [3]. Persamaannya adalah

$$H = \frac{E}{A} \quad (4)$$

Keterangan

H : Nilai impact (Joule,  $mm^2$ ),

E : Energi yang diserap (Joule),

A : Luas penampang dibawah takik ( $mm^2$ ).

## 2.2. Tahap Penelitian

Penelitian ini mencakup beberapa tahap, antara lain:

### A. Pengumpulan Bahan

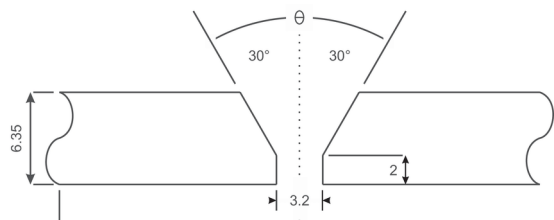
Material baja yang digunakan adalah Baja ST 60 baja karbon menengah (*Medium Carbon Steel*) Plat baja dengan dimensi ukuran plat 660 mm  $\times$  310 mm  $\times$  10 mm sebanyak satu lembar plat.

### B. Pemotongan Plat

Pengerjaan spesimen dimulai dengan memotong plat baja ST 60 yang akan dijadikan sebagai spesimen uji tarik dan uji impact. Plat baja dipotong dengan menggunakan mesin milling atau disebut F4 menjadi beberapa bagian sesuai dengan kebutuhan. Dalam pengujian kali ini dibutuhkan sebanyak 18 spesimen uji tarik dan 18 spesimen uji impact sehingga total 36 spesimen.

### C. Pembuatan Kampuh

Pada penelitian ini, *Single V-Butt joint* dengan sudut 60<sup>o</sup> digunakan.



Gambar 5. Single V-Butt Joint sudut 60<sup>o</sup> (12)

### D. Pengelasan Baja ST 60

Setelah sudut kampuh dibentuk, proses pengelasan dilakukan menggunakan 2 posisi yaitu 2G dan 3G dengan variasi arus listrik 100A, 120A dan 140A dilaksanakan pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) di laboratorium las "Politeknik Negeri Semarang dan laboratorium las "Universitas Diponegoro" dengan detail sebagai berikut:

- Jenis Pengelasan : SMAW
- Mesin Las : Krisbow 450W
- Jenis Elektroda : Elektroda E-7018
- Logam Induk : Baja ST 60
- Voltage : 23 V
- Arus listrik (ampere) : 100 A, 120A dan 140A
- Heat Input : - 10615,38 joule/cm

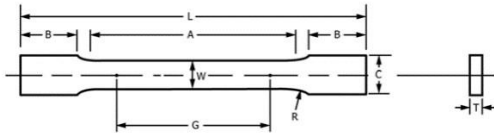
- 12738,46 joule/cm

- 14861,53 joule/cm

h. Posisi Pengelasan : 2G dan 3G

### E. Pembuatan Spesimen

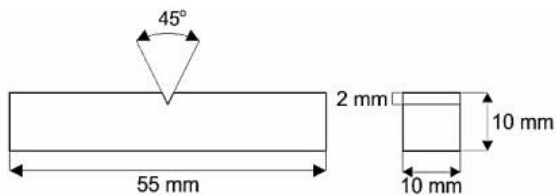
Spesimen uji tarik berukuran 200 mm x 20 mm x 10 mm sejumlah 18 spesimen dengan standar ASTM E8 dan spesimen uji impact sejumlah 18 spesimen dengan ukuran 55 mm x 10 mm x 10 mm menggunakan standar ASTM E23.



Gambar 6. Spesimen Uji Tarik[8]

Keterangan :

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



Gambar 7 Spesimen Uji Impact[9]

Keterangan :

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

### F. Proses Pengujian

Tahap Pengujian tarik dan impact dilakukan di Laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro (UNDIP), Semarang.

#### 2.3. Alat dan Bahan

Dalam proses penelitian, beberapa alat dan bahan digunakan untuk membuat spesimen plat baja ST 60, seperti berikut:

1. Elektroda E7018
2. Gerinda
3. Mesin Pengelasan SMAW
4. Mesin Bubut
5. Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*)

6. Mesin Uji Impact (*Impact Testing Machine*)

7. Ampelas

8. Peralatan Etsa

9. Jangka Sorong

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik melibatkan pengukuran tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas, pada setiap spesimen. Prosedur pengujian ini dilakukan dengan menerapkan gaya tarik pada objek, arahnya berlawanan dari titik tengah, atau dengan mengapit salah satu ujung benda dengan ujung lainnya hingga benda uji mengalami ruptur. Pengujian tarik ini dilakukan sesuai dengan standar ASTM E8.



Gambar 8. Spesimen setelah pengujian tarik

#### 1. Tegangan Tarik

Tegangan tarik merujuk pada tegangan maksimal yang dapat diterima pada suatu material sebelum mengalami perpatahan atau pecah. Data uji menunjukkan bahwa material baja ST 60 memiliki nilai maksimum tegangan tarik yang bervariasi tergantung pada variasi temperatur dalam proses perlakuan panas, seperti yang tercantum berikut ini:



Tabel 3.1 Nilai Tegangan Tarik

Spesimen	Area (mm)	P	$\sigma$	$\sigma$	Standart Deviasi	$\sigma$
		max (KN)	Max (MPa)	Rata-rata (MPa)		Rata-rata (MPa)
100 A 2G	125	95.34	794.5	767.75	794.5	798.3
	125	84.8	706.67		<b>706.67</b>	
	125	96.25	802.08	802.08	802.08	
120 A 2G	125	92.36	769.67	702.14	769.67	743.2
	125	86	716.67		716.67	
	125	74.41	620.08		<b>620.08</b>	
140 A 2G	125	87.21	726.75	654.45	726.75	733.7
	125	88.88	740.67		740.67	
	125	59.51	495.92		<b>495.92</b>	
100 A 3G	125	85.94	716.17	693.03	716.17	693
	125	81.79	681.58		681.58	
	125	81.76	681.33		681.33	
120 A 3G	125	71.8	598.33	688.22	<b>598.33</b>	733.2
	125	89.58	746.5		746.5	
	125	86.38	719.83		719.83	
140 A 3G	125	82.89	690.75	731.64	690.75	731.6
	125	90.52	754.33		754.33	
	125	89.98	749.83		749.83	



Grafik 3.1 Rata-rata Tegangan Maksimum

Hasil analisis pada gambar di atas setelah mendapatkan standart deviasi ada beberapa sampel yang tidak diinput untuk nilai rata-rata tegangan tarik, diantaranya adalah pada variasi arus listrik dan posisi 100 A 2G-2, 120A 2G-3, 140A 2G-3, 120A 3G-1, dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata tegangan tarik paling tinggi pada spesimen dengan arus listrik 100 A dan posisi pengelasan 2G sebesar 798,29 Mpa. dengan arus listrik 100 A, memiliki penetrasi lebih rendah dibandingkan dengan arus listrik 120 A dan 140 A. Peningkatan arus listrik pengelasan dapat meningkatkan kedalaman penetrasi. Namun, terlalu tinggi arus listrik juga dapat menyebabkan masalah seperti penumpukan logam cair yang berlebihan dan pembentukan cacat. Hal ini sama halnya dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu pengujian tarik untuk baja ST 60 dengan variasi arus listrik 95A, 110A dan 130A, pada arus listrik 95A didapatkan rata-rata kekuatan tarik sebesar 467,19 MPa, variasi arus 110 A mempunyai rata-rata sebesar 455,99 MPa

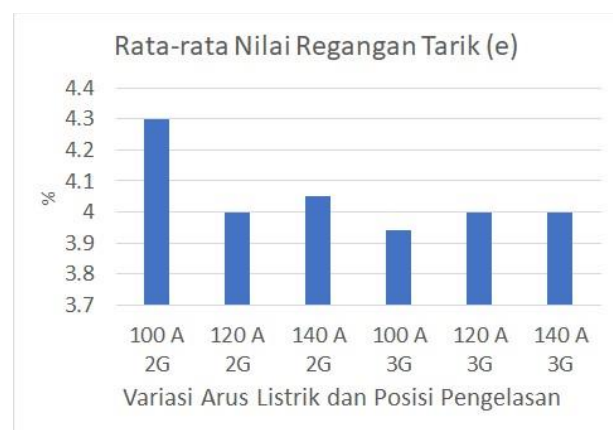
dan variasi arus 130 A sebesar 447,55 MPa. Dari ketiga variasi tersebut dapat dilihat bahwa variasi arus 95 A memiliki rata-rata kekuatan tarik paling tinggi. Hasil penelitian ini menggambarkan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan dalam penelitian, semakin rendah nilai kekuatan tarik yang diperoleh. Ini karena lebih banyak arus berarti lebih banyak panas yang diterima oleh bahan mentah dan logam pengisi[10].

## 2. Regangan Tarik

Hasil tes menunjukkan nilai Regangan Tarik rata-rata sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data Hasil Regangan

Spesimen	$\Delta L$	Lo	Regangan (%)	e Rata-rata (%)
100 A 2G	2.3	55	4.18	4.3
	2.4	55	4.36	
	2.4	55	4.36	
120 A 2G	2.3	55	4.18	4
	2.2	55	4	
	2.1	55	3.81	
140 A 2G	2.4	55	4.36	4.24
	2.3	55	4.18	
	2.3	55	4.18	
100 A 3G	2.2	55	4	3.94
	2.1	55	3.81	
	2.2	55	4	
120 A 3G	2.2	55	4	4
	2.3	55	4.18	
	2.1	55	3.81	
140 A 3G	2	55	3.64	4
	2.3	55	4.18	
	2.3	55	4.18	



Grafik 3.2 Rata-rata Regangan Tarik

Grafik regangan rata-rata hasil pengujian uji tarik dari baja ST 60 dengan berbagai variasi kuat arus listrik dan posisi las, sumbu x menunjukkan variasi kuat arus listrik dan posisi las, sumbu y menunjukkan nilai rata-rata regangan tarik. Nilai rata-rata regangan tarik paling tinggi pada

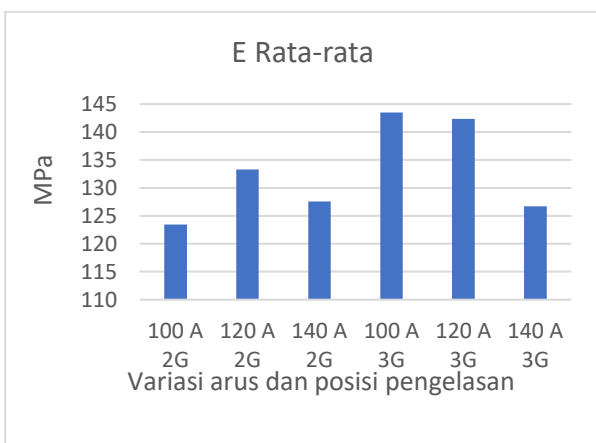
spesimen dengan variasi arus listrik 100 A menggunakan posisi pengelasan 2 G (*horizontal*) yaitu sebesar 4,3 %, nilai rata-rata regangan tarik dari disetiap variasi arus listrik dan posisi pengelasan tidak begitu berbeda secara signifikan, tetapi yang paling rendah terdapat pada spesimen yang dilas menggunakan variasi arus listrik 100 A dengan posisi pengelasan 3 G sebesar 3,94%. Didukung oleh penelitian sebelumnya yaitu uji tarik untuk baja ST 37 dengan variasi arus 80A, 85A dan 90A mendapatkan nilai regangan yang hampir sama berturut-turut 4,5%, 4,3% dan 4,4%[11].

### 3. Modulus Elastisitas

Hasil tes menunjukkan nilai Modulus Elastisitas rata-rata sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Hasil Modulus Elastisitas

Spesimen	$\sigma$ pro (MPa)	e pro (%)	E (GPa)	Standart Deviasi	E Rata-rata (MPa)
100 A 2G	541.67	4.18	129.58	5.33	123.47
	508.33	4.36	116.58		
	541.67	4.36	124.24		
120 A 2G	541.67	4.18	129.58	5.58	133.31
	516.67	4	129.16		
	508.33	3.6	141.2		
140 A 2G	533.33	4.36	122.32	3.75	127.58
	541.67	4.18	129.58		
	475	3.63	130.85		
100 A 3G	525	3.63	144.62	0.94	143.49
	516.67	3.6	143.52		
	516.67	3.63	142.33		
120 A 3G	566.67	3.63	156.11	9.87	142.36
	575	4.18	137.56		
	508.33	3.81	133.42		
140 A 3G	491.67	4	122.92	2.8	126.69
	533.33	4.18	127.6		
	541.67	4.18	129.59		



Grafik 3.3 Rata-rata Modulus Elastisitas

Nilai grafik rata-rata *modulus elastisitas* dari hasil uji tarik material baja ST 60 dengan beragam variasi arus listrik dan 2 posisi

pengelasan, nilai rata-rata *modulus elastisitas* tertinggi ada pada pengelasan material baja ST 60 dengan variasi arus listrik 100 A dan posisi pengelasan 3G, hal ini berarti hasil uji tarik pengelasan baja ST B60 dengan variasi arus listrik dan posisi tersebut dapat diartikan bahwa baja tersebut memiliki sifat kekakuan yang tinggi, semakin tinggi nilai modulus elastisitas, semakin kaku dan kurang elastis suatu bahan. sebaliknya, nilai modulus elastisitas yang lebih rendah menunjukkan keelastisan yang lebih baik dalam merespons deformasi. Terdapat perbedaan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan pengujian tarik baja SS 400 dengan variasi arus 100A,120A dan 140A yang memperoleh *modulus elastisitas* mencapai nilai paling tinggi pada arus 100 A, yakni mencapai 57,35 GPa. Sementara itu, pada arus 140 A, tercatat nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 48,81 GPa, dan pada arus 120 A, tercatat nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 31,41 GPa[1].

### 3.2. Hasil Uji Impak

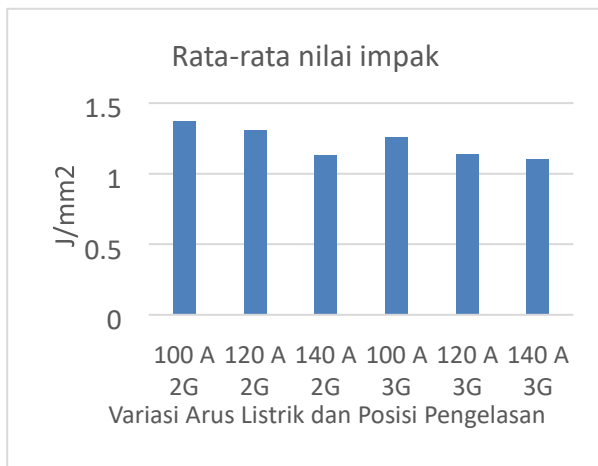
Pengujian Impak dilakukan untuk mengetahui nilai ketangguhan dari hasil pengelasan material baja ST 60. Pengujian ini dilakukan menggunakan standar ASTM E23.



Gambar 9. Spesimen setelah dilakukan uji impact

Tabel 3.4 Data Hasil Uji Impak

Spesimen	Energi Terserap (J)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Nilai Impak (J/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (J/mm <sup>2</sup> )
100 A 2G	104	80.58	1.3	1.37
	101	81.63	1.23	
	132	83.56	1.58	
120 A 2G	118	82.21	1.4	1.31
	130	80.79	1.2	
	108	81.6	1.33	
140 A 2G	88	83.2	1.06	1.13
	82	81.43	1.007	
	106	80.34	1.32	
100 A 3G	102	80.67	1.26	1.26
	99	81.42	1.22	
	105	80.78	1.3	
120 A 3G	75	82.1	0.91	1.14
	76	81.65	0.93	
	105	82.34	1.28	
140 A 3G	78	82.13	0.95	1.1
	114	81.21	1.4	
	79	81.78	0.97	



Grafik 3.4 Rata-rata Nilai Impact

Nilai kuat impact yang paling tinggi pada penelitian ini terjadi pada arus listrik 100 A dengan posisi pengelasan 2 G, dikarenakan arus listrik yang stabil sehingga membuat penyalaan busur menjadi lebih baik dan juga menembus sambungan las dengan maksimal, oleh karena itu arus listrik 100 A dan posisi pengelasan 2 G paling cocok digunakan untuk sambungan las baja karbon ST 60, sementara itu nilai impact dengan variasi arus listrik dan posisi pengelasan selain 100 A dan 2 G ada perubahan yang dinamis pada harga impact walaupun tidak begitu signifikan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu pengujian impact pada spesimen baja ST 37 menggunakan variasi arus 80A, 85A dan 90A seiring dengan peningkatan arus listrik mengurangi nilai energi impact, nilai energi impact yang paling tinggi pada kuat arus 80 A posisi las 1G mendapatkan nilai sebesar 11,8 (116) kgfm/joule[2].

#### 4. KESIMPULAN

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa semakin tinggi arus listrik maka semakin berkurang tegangan tarik yang dimiliki oleh material baja ST 60, hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian menggunakan arus listrik 100A,120A dan 140A, arus listrik yang paling optimal untuk pengelasan baja ST 60, menghasilkan tegangan tarik tertinggi (798,29 MPa) terdapat pada posisi 2G, tegangan tarik posisi 2G lebih tinggi dibandingkan 3G dikarenakan pada posisi 2G busur listrik diayunkan mendatar meninggalkan daerah lasan yang sudah dilas menyebabkan hasil lasan merata, berbeda dengan posisi 3G proses pengelasan dimulai dari bawah ke atas sehingga *heat input* dan sisa panas dari hasil lasan menempel ke bagian bawah yang sudah dilas menyebabkan material semakin panas dan kekuatan baja ST 60 menurun. Regangan uji tarik stabil pada rata-rata 4% untuk semua variasi arus listrik dan posisi pengelasan. Modulus elastisitas posisi 3G lebih tinggi, menandakan kekakuan pada pengelasan 3G, khususnya dengan arus listrik 100A (143,49 GPa) dan 120A (142,36 GPa) diakibatkan tumpukan panas yang berada di bagian pengelasan material yang baru dilas tetapi pada arus listrik 140A menurun akibat panas yang diterima material berlebih. Hasil uji impact menunjukkan nilai impact tertinggi pada pengelasan 2G dengan arus listrik 100A, mencapai 1,37 J/mm<sup>2</sup>.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penyelesaian jurnal penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengungkapkan terima kasih kepada Secara khusus, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pengurus Lab. Struktur dan Konstruksi Kapal Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam pengujian Baja ST 60 ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Aprilia, A. Rahmatika, M. Hersaputri, and S. Ibrahim, "Studi Awal Pengaruh Variasi Kuat Arus listrik terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Material Karbon JIS G3106 dengan Filler E7018," *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 2, no. 1, 2020, doi: 10.36870/jvti.v2i1.168.
- [2] G. Ngurah, N. Santhiarsa, N. Budiarsa, B. Jimbaran, and B. Abstrak, "Pengaruh posisi pengelasan dan gerakan elektroda terhadap kekerasan hasil las baja JIS SSC 41," *J. Ilm. Tek. Mesin CAKRAM*, vol. 2, no. 2, pp. 107–111, 2008.
- [3] I. N. Gusniar, A. Juhri, and V. Noubnome, "Pengaruh Variasi Arus listrik dan Posisi Pengelasan SMAW terhadap Sifat Mekanik Baja ST 37," *J. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 134–139, 2021, doi: 10.30630/jtm.14.2.591
- [4] C. Panggabean, U. Budiarto, and A. Santosa, "Pengaruh Variasi Arus listrik Dan Polaritas Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Kekerasan Hasil Las SMAW ( Shielded Metal Arc Welding ) Pada Baja SS 400," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/nava1>.
- [5] S. Abdullah Mubarak Ihsan Naufal, U. Budiarto, and S. Joko Sisworo, "Pengaruh Variasi Arus listrik 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/naval>.
- [6] Y. Handoyo, "Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 60–53, 2013, [Online].
- [7] S. A. Jalil, Z. Zulkifli, and T. Rahayu, "Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus listrik pengelasan," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 58, 2017, doi: 10.30811/jpl.v15i2.376.
- [8] A. Rahmatika, S. Ibrahim, M. Hersaputri, and E. Aprilia, "Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus listrik terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GTAW Alumunium 1050 dengan Filler ER 4043," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 47–54, 2019.
- [9] A. Pengaruh *et al.*, "KEKUATAN TARIK DAN POROSITAS Andika Ferdi Arfiansyah Akhmad Hafizh Ainur Rasyid Abstrak pengamatan Non Destructive Examination Liquid."
- [10] Arfiansyah, Andika Ferdi, and Akhmad Hafizh Ainur Rasyid. "ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN SMAW BAJA ST 60 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN POROSITAS." *Jurnal Teknik Mesin* 11.03 (2023): 53-58.
- [11] Gusti R. F. Syahrillah, M. Firman, and M. A. Sugeng .P, "Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda," *Al-Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 01, no. 02, pp. 21–26, 2016.
- [12] Mardiyanto, "Pengaruh Variasi Arus Las Smaw (Shielding Metal Arc Welding) Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Dessimilar Stainless Steel 304 Dan Baja a 36," *Ilusi Senja*, p. 31, 2019.
- [13] Asibeluo I S and Emifoniye E, "Effect of Arc Welding Current on the Mechanical Properties of A36 Carbon Steel Weld Joints," *Int. J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 9, pp. 32–40, 2015, doi: 10.14460/23488360/ijme-v2i9p113.
- [14] ASTM E8, "ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1," *Annu. B. ASTM Stand.* 4, no. C, pp. 1–27, 2010, doi: 10.1520/E0008.
- [15] C. W. Utomo and Y. Yunus, "Pengaruh posisi pengelasan terhadap kekuatan tarik dan tekuk pada sambungan Las Baja ST 41," *J. Tek. Mesin UNESA*, vol. 9, no. 2, pp. 1–4, 2000, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtmunesa/article/view/39923>
- [16] U. B. Aji Nurhafid, Sarjito Jokosisworo, "Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 473–481, 2018.

- [17] B. Çiçek, E. Gündoğdu İş, E. Gümüş, and P. Topuz, "The Effect of Welding Positions on the Weldability of X20CrMoV11-1 Steels," *Hittite J. Sci. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 75–83, 2018, doi: 10.17350/hjse19030000068.