



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengaruh Kuat Arus dan Jenis Elektroda dengan Kandungan Nikel Terhadap Sifat Mekanis Baja Kapal *Grade A* pada Pengelasan FCAW

Rizky Muchammad¹⁾, Sarjito Jokosisworo²⁾, Ari Wibawa Budi Santosa³⁾

¹⁾Laboratorium Teknologi Material dan Produksi Kapal

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

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

Abstrak

Baja ASTM A36 merupakan jenis baja karbon rendah yang sering digunakan dalam konstruksi lambung kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kuat arus dan jenis elektroda terhadap sifat mekanis baja kapal *Grade A* pada proses pengelasan FCAW (Flux-Cored Arc Welding). Metode eksperimental dilakukan dengan variasi kuat arus 125 A, 150 A, dan 200 A serta jenis elektroda E71T-1C dan E81T-Ni1C. Pengujian sifat mekanis melibatkan uji tarik, dan uji dampak pada sambungan las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat arus dan jenis elektroda memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanis baja kapal *Grade A*. Selain itu, perbandingan antar elektroda E71T-1C dan E81T-Ni1C menunjukkan perbedaan karakteristik pada sifat mekanis sambungan las. Nilai kekuatan tarik dan dampak paling tinggi didapat dari spesimen dengan elektroda E81T-Ni1C 150 A yaitu sebesar 487 Mpa dan 1,89 J/mm². Nilai regangan tarik paling tinggi didapat dari spesimen dengan elektroda E71T-1C 150 A yaitu sebesar 35,07%. Nilai modulus elastisitas paling tinggi didapat dari spesimen dengan elektroda E81T-Ni1C 125 A yaitu sebesar 232,62 Gpa. Nilai kekuatan dampak paling rendah didapat dari spesimen E81T-Ni1C 200 A, Untuk nilai regangan tarik paling rendah didapat dari spesimen E81T-Ni1C 200 A. Nilai kekuatan tarik paling rendah didapat dari spesimen E71T-1C 200 A. Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa dari variasi tersebut diketahui bahwa perlakuan variasi ampere-meter semakin besar tidak menentukan benda semakin kaku/getas yang menyebabkan kekuatan tarik menjadi tinggi, Selain itu, kandungan nikel juga meningkatkan kekuatan mekanis sambungan, membuatnya lebih tahan terhadap tekanan dan tarikan. Penambahan nikel juga membantu mengendalikan pembentukan pori, yang dapat melemahkan sambungan. Terakhir, stabilitas arus listrik yang ditingkatkan oleh nikel selama proses pengelasan berkontribusi pada kualitas keseluruhan sambungan las.

Kata Kunci : FCAW, Baja ASTM A36, Uji Tarik, Uji Dampak, Nikel.

1. PENDAHULUAN

Industri kapal merupakan sektor yang sangat penting dalam pembangunan dan transportasi maritim. Keandalan struktur kapal menjadi hal yang krusial untuk menjaga keselamatan dan kehandalan kapal di laut. Salah satu aspek yang mempengaruhi keandalan struktur kapal adalah proses pengelasan. Oleh karena itu, penting untuk mempelajari pengaruh perbedaan jenis elektroda pengelasan terhadap sifat mekanis struktur kapal.

Pengelasan adalah tahap inti dari rangkaian proses fabrikasi. Berdasarkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang

dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Pengelasan merupakan proses menggabungkan dua potongan baja bersama-sama dengan memanaskannya ke titik dimana material pengisi (filler) melebur dengan logam dasar dan menjadi satu bagian yang tersambung [1].

Berkaitan dengan filler atau elektroda yang mempengaruhi kekuatan sambungan las, pada konstruksi perkapalan material yang sering digunakan adalah baja. Bahkan, baja menjadi material utama pada hampir semua konstruksi yang ada pada kapal. Baja memiliki sifat yang mampu menahan tekanan tinggi serta beban yang berat. Terdapat berbagai macam jenis baja secara umum, salah satunya baja karbon yang diklasifikasi kembali berdasarkan

kandungan karbonnya. Dari 3 jenis baja karbon, baja yang sering digunakan pada konstruksi perkapalan adalah jenis baja karbon rendah, yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30 % [2].

Parameter yang paling berpengaruh pada kedalaman penetrasi las adalah arus. Menurut [Mohamat et al.,2012] dalam penelitiannya telah menunjukkan melalui grafik bahwa semakin tinggi arus maka tingkat penetrasi juga semakin tinggi, sebaliknya jika arus diturunkan maka tingkat penetrasi juga semakin menurun. Dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya arus pengelasan, maka dapat meningkatkan penetrasi las sedangkan dengan menurunnya arus pengelasan, maka dapat menurunkan penetrasi las [4].

Pengelasan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, yaitu SMAW (*Shield Metal Arc Welding*), GTAW (*Gas Metal Arc Welding*), GMAW (*Gas Metal Arc Welding*), FCAW (*Flux Cored Arc Welding*), dan metode-metode lainnya. Proses pengelasan FCAW memiliki beberapa keuntungan yaitu tingkat deposisi yang tinggi, lebih sederhana dari SAW, tidak membutuhkan skill operator yang tinggi seperti GMAW, produktifitas lebih tinggi dari SMAW, dan wujud permukaan yang bagus [5].

Dalam penelitian ini, penulis ingin menganalisa pengaruh variasi elektroda pada metode pengelasan FCAW dengan menggunakan material BKI Grade A, pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik yaitu kekuatan tarik yang sesuai ASME Section IX, Variasi elektroda yang digunakan adalah AWS A5.20 E71T-1C dan AWS A5.29 E81T-Ni1C dengan menggunakan gas pelindung tambahan CO². Kali ini penulis ingin melakukan penelitian dengan menggunakan salah satu jenis material BKI Grade A yaitu baja ASTM A36.

BKI Grade A merupakan ordinary strength hull structural steel yang bisa digunakan untuk struktur lepas pantai terapung seperti FSO (*Floating Storage and Offloading*) dan FPSO (*Floating Production, Storage and Offloading*) pada bagian geladak (*deck*) maupun lambung (*hull*). Oleh karena itu, nilai kekuatan tarik sangat dibutuhkan untuk menjadi acuan perancangan struktur terapung, karena pada bagian geladak (*deck*) sering terjadi *sagging* dan *hogging*.

Setelah di tinjau dari penelitian diatas dan penelitian penelitian sebelumnya maka dari itu pada penelitian ini saya menggunakan material baja A36

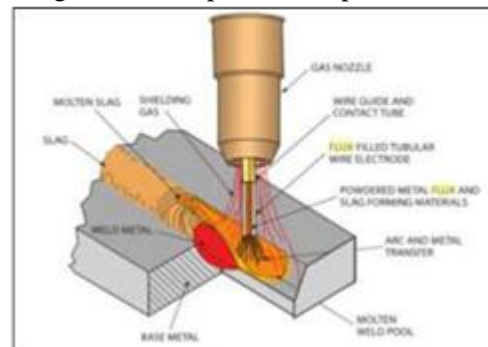
dengan menetapkan dua variasi yaitu jenis elektroda E71T-1C dan E81T-Ni1C ditambah variasi besaran kuat arus pengelasan yang akan menghasilkan perbandingan kekuatan sambungan las terhadap nilai kekuatan sifat mekanis pada baja. Kuat arus yang akan diterapkan yaitu sebesar 125

Ampere, 150 Ampere dan 200 Ampere sesuai dengan standar kapasitas luaran kuat arus mesin las FCAW, dan penelitian yang akan saya lakukan berjudul pengaruh kuat arus dan jenis elektroda terhadap sifat mekanis baja kapal Grade A pada pengelasan FCAW. Metode pengujian uji tarik dan dampak dipilih sebagai metode dalam pengujian sifat mekanis penelitian ini.

2. METODOLOGI

2.1 Pengelasan

Pada penelitian kali ini penulis menggunakan proses pengelasan FCAW-G atau proses pengelasan FCAW dengan menggunakan tambahan gas pelindung yaitu CO². Gas pelindung mempunyai banyak fungsi dalam pengelasan, salah satunya adalah melindungi lelehan logam las dari udara luar yang dapat menyebabkan pembentukan cacat berupa porositas pada logam las. Debit gas pelindung yang sering digunakan adalah sekitar 15-20 liter per menit, tetapi pada kasus tertentu terkadang bisa mencapai 36 liter per menit [12].

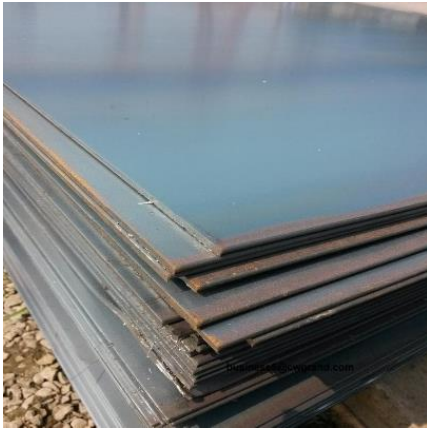


Gambar 1. Proses LAS FCAW-g

(Sumber : *Welding : Principles and Application 7th*) Metode pengelasan ini memiliki sejumlah keunggulan dan yang paling signifikan adalah tingkat produktifitas karena menggunakan *wireroll* maka dalam, proses pengelasannya dapat dilakukan secara kontinu. Jika menggunakan proses yang sepenuhnya otomatis, FCAW juga memiliki keunggulan biaya disbanding proses pengelasan lain pada umumnya [13].

2.2. Objek Penelitian

Pada penelitian ini, objek penelitian menggunakan baja karbon rendah yang biasanya digunakan dalam proses pembangunan konstruksi kapal yaitu baja *ASTM A36*.

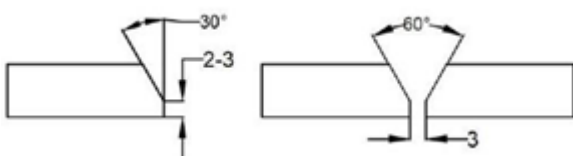


Gambar 2. Plat Baja *ASTM A36*

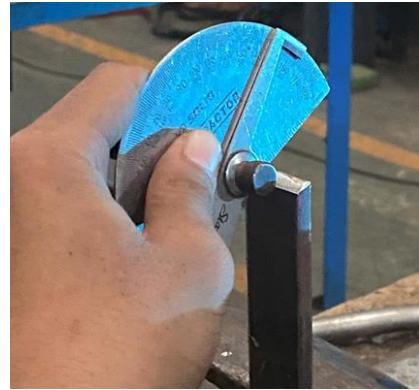
Baja merupakan paduan yang sebagian besar terdiri dari unsur besi sebagai paduan utama sebagai unsur penguat. Kandungan karbon dalam baja berkisar 0,2%-2,1% (Choudhury et al.,2001). Baja juga mengandung unsur-unsur seperti sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya. Baja karbon rendah (Low Carbon Steel) bersifat lunak, kekuatan relative rendah, tetapi keuletannya tinggi atau sering disebut baja lunak (Mild Steel) dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%.

2.3. Pembuatan Kampuh Las

Berikutnya tahap pembuatan kampuh adalah tahap untuk mempersiapkan spesimen uji agar memberikan bentuk dan sudut yang diinginkan pada hasil lasan. Kampuh las digunakan untuk mengarahkan panas dan arus listrik selama proses pengelasan. Pada penelitian ini menggunakan kampuh atau *bevel single v-groove* dengan derajat kemiringan yaitu 60 derajat menurut aturan *AWS D1.1/D1.1M-2020*.



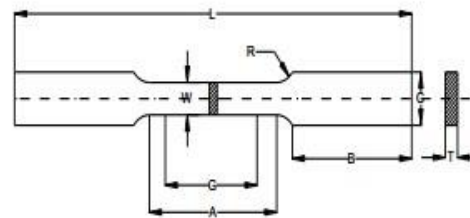
Gambar 3. Jenis Sambungan Las *Single V-Butt Joint* sudut 60°



Gambar 4. Hasil Pembuatan Kampuh Las *V-groove Single Joint*

2.4. Uji Tarik

Uji tarik adalah salah satu pengujian merusak dilakukan dengan memberikan gaya tarik yang berlawanan arah menjauhi titik tengah, atau dengan mengikat salah satu ujung benda dan ujung lainnya lalu diberikan gaya hingga benda tersebut putus bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan paduannya, terutama pada kekuatan tarik material tersebut. Pada pengujian tarik beberapa fenomena perpatahan ulet dan getas dapat dilihat jelas dengan mata telanjang [10].



Gambar 5. Dimensi Spesimen Uji Tarik [8]

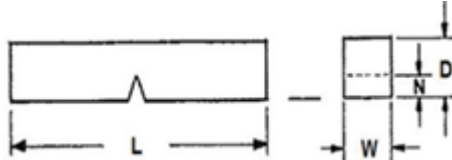
Tabel 1. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan	Panjang
<i>Overall Length (L)</i>	200 mm
<i>Width (W)</i>	12,5 mm
<i>Thickness (D)</i>	10 mm
<i>Gage Length (G)</i>	50 mm
<i>Length of Reduction Section (A)</i>	57 mm
<i>Radius of Fillet</i>	12,5 mm
<i>Width of Grip Section (C)</i>	20 mm
<i>Length of Grip Section (B)</i>	50 mm

2.5. Uji Impak

Uji Impak merupakan pengujian yang dilakukan pada suatu material dengan cara memberikan beban mendadak untuk mengetahui efek beban tersebut terhadap keuletannya.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian impak metode charpy. Proses pengujian tumbuk dilakukan dengan meletakkan posisi spesimen secara horizontal, lalu diberikan beban mendadak berlawanan dari arah takikan. Pembuatan spesimen untuk uji impak mengacu pada standar *ASTM E23*.



Gambar 6. Dimensi Spesimen Uji Impak [9]

Tabel 2. Dimensi Spesimen Uji Impak

Keterangan	Panjang
<i>Overall Length (L)</i>	62 mm
<i>Width (W)</i>	10 mm
<i>Thickness (D)</i>	6 mm
<i>Notch Thickness (N)</i>	2 mm
<i>Notched Charpy</i>	45°

2.6. Alat dan Bahan

Pembuatan spesimen dalam penelitian ini menggunakan alat dan bahan antara lain :

1. Baja *ASTM A36*
2. Gerinda
3. Jangka Sorong dan Busur
4. Elektroda E71T-1C dan E81T-Ni1C
5. Mesin Las FCAW
6. Mesin Uji Tarik
7. Mesin Uji Impak

Serta total jumlah spesimen yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Kebutuhan Spesimen

SPESIMEN	E71T-1C			E81T-Ni1C		
	125 A	150 A	200 A	125 A	150 A	200 A
UJI TARIK	3	3	3	3	3	3
UJI IMPAK	3	3	3	3	3	3
Total Spesimen						36

2.7. Lokasi Penelitian

Lokasi pengelasan pada penelitian ini dilaksanakan di *Inlastek Welding Institute*, Surakarta. Untuk uji tarik dan impak dilaksanakan

di laboratorium teknologi material dan produksi kapal, Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro, Semarang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Tarik

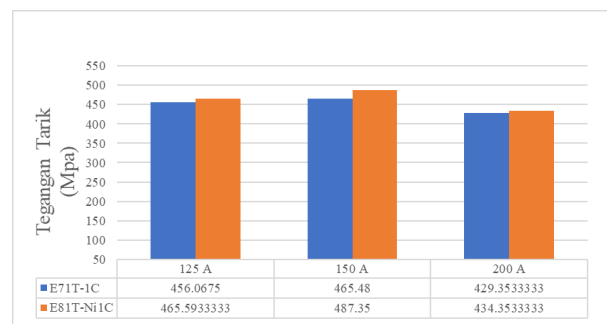
Standar yang digunakan pada uji tarik mengacu pada *ASME Section IX*. Dari hasil pengujian tarik didapatkan nilai tegangan tarik, regangan tarik, serta modulus elastisitas yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik spesimen.

1. Tegangan Tarik

Tegangan tarik adalah tegangan maksimal yang dapat ditanggung material sebelum perpatahan (*fracture*) terjadi. Dari hasil pengujian, nilai tegangan tarik maksimum yang diperoleh dari material baja *ASTM A36* dengan variasi kuat arus dan elektroda adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Data Hasil Tegangan Tarik

Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	Uji Tarik					
		to (mm)	wo (mm)	Ao (mm ²)	P max (KN)	σ Max (Mpa)	σ Rata2 (Mpa)
Elektroda E71T-1C 125 A	C1.1	6.81	14.51	98.8131	56.51	461.37	456.10
	C1.2	6.45	12.94	83.463	55.13	458.21	
	C1.3	6.81	13.67	93.0927	56.77	443.32	
Elektroda E71T-1C 150 A	C2.1	6.53	14.11	92.1383	58.11	476.04	465.48
	C2.2	6.34	13.41	85.0194	56.76	462.41	
	C2.3	6.58	13.41	88.2378	58.01	457.99	
Elektroda E71T-1C 200 A	C3.1	7.23	12.99	93.9177	45.67	419.95	429.40
	C3.2	6.79	13.42	91.1218	49.23	438.55	
	C3.3	6.22	14.22	88.4484	54.75	429.56	
Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	Uji Tarik					
		to (mm)	wo (mm)	Ao (mm ²)	P max (KN)	σ Max (Mpa)	σ Rata2 (Mpa)
Elektroda E81T-Ni1C 125 A	D1.1	6.71	12.99	87.1629	53.75	461.72	465.60
	D1.2	7.04	12.85	90.464	55.96	479.51	
	D1.3	6.66	13.91	92.6406	55.03	455.55	
Elektroda E81T-Ni1C 150 A	D2.1	6.51	13.66	88.9266	60.11	481.39	487.35
	D2.2	6.32	12.74	80.5168	58.81	501.61	
	D2.3	6.25	12.91	80.6875	60.29	479.05	
Elektroda E81T-Ni1C 200 A	D3.1	6.37	14.03	89.3711	44.25	401.07	434.40
	D3.2	6.05	13.85	83.7925	47.05	452.14	
	D3.3	6.15	12.75	78.4125	53.51	449.85	



Gambar 7. Grafik Rata-rata Tegangan Tarik

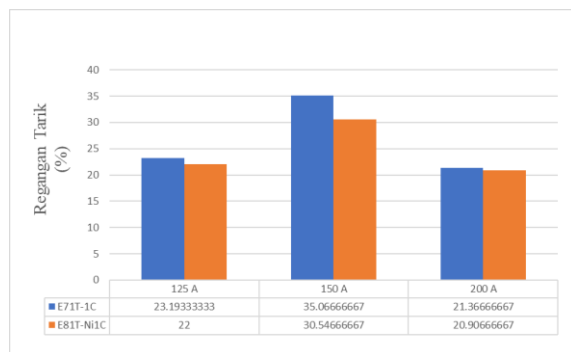
Nilai rata-rata tegangan tarik spesimen dengan elektroda E81T-Ni1C 150 A memiliki nilai tegangan tarik paling tinggi yaitu sebesar 487,35 Mpa. Sedangkan pada spesimen dengan perlakuan elektroda E71T-1C memiliki nilai rata-rata tegangan tarik paling kecil sebesar 429,40 Mpa.

2. Regangan Tarik

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai regangan tarik sebagai berikut :

Tabel 5. Data Hasil Regangan Tarik

Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	Lo (mm)	L1 (mm)	ΔL (mm)	Regangan E (%)	Regangan Rata-rata E (%)
Elektroda E71T-1C 125 A	C1.1	50	62.1	12.1	24.2	23.20
	C1.2	50	59.49	9.49	18.98	
	C1.3	50	63.2	13.2	26.4	
Elektroda E71T-1C 150 A	C2.1	50	69.2	19.2	38.4	35.07
	C2.2	50	67.5	17.5	35	
	C2.3	50	65.9	15.9	31.8	
Elektroda E71T-1C 200 A	C3.1	50	60.4	10.4	20.8	21.37
	C3.2	50	60.65	10.65	21.3	
	C3.3	50	61	11	22	
Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	Lo (mm)	L1 (mm)	ΔL (mm)	Regangan E (%)	Regangan Rata-rata E (%)
Elektroda E71T-1C 125 A	D1.1	50	62.9	12.9	25.8	22
	D1.2	50	63.4	13.4	26.8	
	D1.3	50	56.7	6.7	13.4	
Elektroda E71T-1C 150 A	D2.1	50	65.6	15.6	31.2	30.55
	D2.2	50	63.33	13.33	26.66	
	D2.3	50	66.89	16.89	33.78	
Elektroda E71T-1C 200 A	D3.1	50	61.5	11.5	23	20.91
	D3.2	50	60.55	10.55	21.1	
	D3.3	50	59.31	9.31	18.62	



Gambar 8. Grafik Rata-Rata Regangan Tarik

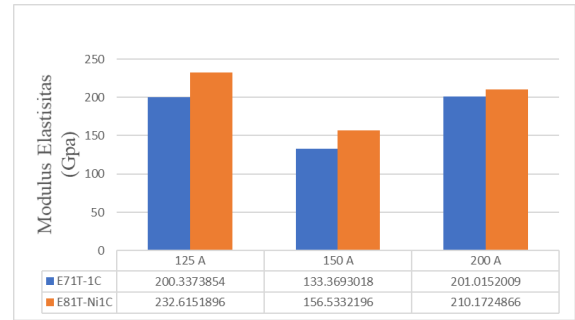
Nilai rata-rata regangan tarik spesimen dengan elektroda E71T-1C 150 A memiliki nilai regangan tarik paling tinggi yaitu sebesar 35,07%. Sedangkan pada spesimen dengan perlakuan elektroda E81T-Ni1C 200 A memiliki nilai rata-rata tegangan tarik paling kecil sebesar 20,91%.

3. Modulus Elastisitas

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai modulus elastisitas sebagai berikut:

Tabel 6. Data Hasil Modulus Elastisitas

Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	σ ^{Max} (N/mm ²)	Regangan (%)	E (Gpa)	E Rata-rata (Gpa)
Elektroda E71T-1C 125 A	C1.1	461.37	2.42	190.6488	200.34
	C1.2	458.21	1.89	242.4392	
	C1.3	443.32	2.64	167.9242	
Elektroda E71T-1C 150 A	C2.1	476.04	3.84	123.9688	133.37
	C2.2	462.41	3.5	132.1171	
	C2.3	457.99	3.18	144.022	
Elektroda E71T-1C 200 A	C3.1	419.95	2.08	201.899	201.02
	C3.2	438.55	2.13	205.892	
	C3.3	429.56	2.2	195.2545	
Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	σ ^{Max} (N/mm ²)	Regangan (%)	E (Gpa)	E Rata-rata (Gpa)
Elektroda E81T-Ni1C 125 A	D1.1	461.72	2.58	178.9612	232.62
	D1.2	479.51	2.68	178.9216	
	D1.3	455.55	1.34	339.9627	
Elektroda E81T-Ni1C 150 A	D2.1	481.39	3.12	154.2917	156.54
	D2.2	501.61	2.66	188.5752	
	D2.3	479.05	3.78	126.7328	
Elektroda E81T-Ni1C 200 A	D3.1	401.07	2.3	174.3783	210.18
	D3.2	452.14	2.11	214.2844	
	D3.3	449.85	1.86	241.8548	



Gambar 9. Grafik Rata-Rata Modulus Elastisitas

Nilai rata-rata modulus elastisitas yang terbesar yaitu pada spesimen dengan perlakuan E81T-Ni1C 125 A yaitu sebesar 232.62 Gpa. Sedangkan untuk rata-rata nilai modulus elastisitas paling kecil terdapat pada spesimen dengan perlakuan E71T-1C 150 A yaitu sebesar 133,37 Gpa.

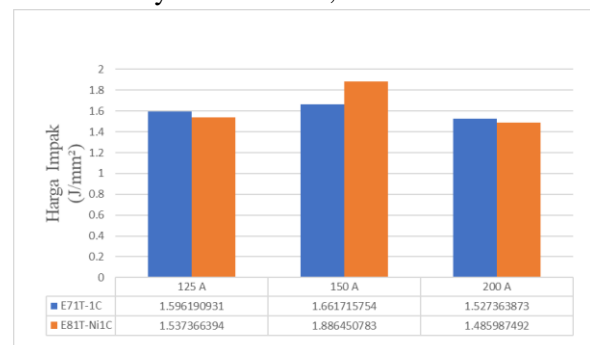
3.2. Hasil Pengujian Impak

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan rata-rata nilai impact sebagai berikut :

Tabel 7. Data Hasil Uji Impak

Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Energi (J)	Harga Impak (J/mm ²)	Regangan Harga Impak (J/mm ²)
Elektroda E71T-1C 125 A	C1.1	11.03	6	96	1.450589	1.60
	C1.2	10.64	6	107	1.676065	
	C1.3	10.53	6	105	1.661918	
Elektroda E71T-1C 150 A	C2.1	11.19	6	121	1.802204	1.67
	C2.2	10.86	6	106	1.626765	
	C2.3	10.71	6	100	1.556178	
Elektroda E71T-1C 200 A	C3.1	10.66	6	95	1.485303	1.53
	C3.2	11.01	6	90	1.362398	
	C3.3	10.09	6	105	1.73439	
Elektroda dan Kuat Arus	KODE SPESIMEN	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Energi (J)	Harga Impak (J/mm ²)	Regangan Harga Impak (J/mm ²)
Elektroda E81T-Ni1C 125 A	D1.1	11.13	6	111	1.662174	1.54
	D1.2	11.79	6	95	1.342946	
	D1.3	10.89	6	105	1.606979	
Elektroda E81T-Ni1C 150 A	D2.1	10.88	6	123	1.884191	1.89
	D2.2	11.13	6	125	1.871818	
	D2.3	10.07	6	115	1.903343	
Elektroda E81T-Ni1C 200 A	D3.1	10.66	6	89	1.391495	1.49
	D3.2	11.01	6	100	1.513775	
	D3.3	10.09	6	94	1.552692	

Nilai rata-rata harga impact yang terbesar yaitu pada spesimen dengan perlakuan E81T-Ni1C 150 A yaitu sebesar 1,89 J/mm². Sedangkan untuk rata-rata harga impact paling kecil terdapat pada E81T-Ni1C 200 A yaitu sebesar 1,49 J/mm².



Gambar 10. Grafik Rata-Rata Harga Impact

3.3. Perbandingan Standar BKI Dengan Hasil Pengujian Tarik

Menurut standar pengujian tarik dari BKI, sambungan las Baja *ASTM A36* termasuk pada baja *Grade A* memiliki standar nilai kekuatan tarik (*Tensile Strength*) pada sambungan las Baja *A36* harus memiliki nilai kekuatan tarik minimal yaitu sebesar ≥ 400 Mpa [11].

Tabel 8. Perbandingan Kekuatan Tarik Baja *ASTM A36* dengan Standar BKI

Spesimen	Kuat Arus	Kekuatan Tarik BKI (Mpa)	Hasil Pengujian (Mpa)
Elektroda E71T-1C	125 A	≥ 400	456,10
	150 A	≥ 400	465,48
	200 A	≥ 400	429,40
Elektroda E81T-Ni1C	125 A	≥ 400	465,60
	150 A	≥ 400	487,35
	200 A	≥ 400	434,40

Dari hasil pengujian tarik seluruh variasi elektroda dan kuat arus pengujian memenuhi standar BKI yaitu spesimen dengan perlakuan elektroda E71T-1C dan E81T-Ni1C dengan kuat arus 125 A, 150 A dan 200 A.

3.4. Perbandingan Standar *ASTM E23* Dengan Hasil Pengujian Impak

Menurut standar *ASTM E23*, material baja karbon rendah tanpa pengelasan memiliki standar nilai kekuatan impak minimal $0,70 \text{ J/mm}^2$ sedangkan untuk material dengan pengelasan memiliki nilai impak minimum $0,30 \text{ J/mm}^2$. Perbandingan harga impak spesimen dengan standar *ASTM E23* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 9. Perbandingan Harga Impak Baja *ASTM A36* dengan standar *ASTM E23*

Spesimen	HI <i>ASTM E23</i> (J/mm^2)	Hasil Pengujian (J/mm^2)
E71T-1C	0.3	1.60
	0.3	1.67
	0.3	1.53
E81T-Ni1C	0.3	1.54
	0.3	1.89
	0.3	1.49

Berdasarkan hasil pengujian impak tersebut seluruh hasil pengujian memenuhi standar *ASTM E23* yaitu pada spesimen yang diberikan perlakuan kuat arus 125 A, 150 A dan 200 A dengan elektroda E71T-1C dan E81T-Ni1C.

4. Kesimpulan

Rata-rata nilai tegangan tarik dan impak dari setiap variasi elektroda dan kuat arus memiliki hasil nilai masing-masing, namun untuk elektroda E71T-1C menghasilkan nilai tegangan tarik tertinggi pada kuat arus 150 A yaitu 465,48 Mpa dan untuk elektroda E81T-Ni1C menghasilkan nilai tegangan tarik lebih tinggi yaitu sebesar 487,35 Mpa yaitu pada kuat arus 150 A. Selanjutnya nilai regangan tarik tertinggi masing-masing dari elektroda E71T-1C 150 A yaitu sebesar 35,07% dan untuk elektroda E81T-Ni1C adalah dan 30,55% pada kuat arus yang sama.

Nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi terdapat pada hasil pengelasan dengan perlakuan elektroda E81T-Ni1C 125 A yaitu sebesar 232,62 Gpa untuk elektroda E71T-1C terdapat pada kuat arus 200 A yaitu sebesar 201,02 Gpa.

Untuk rata-rata nilai impak paling tinggi yaitu pada spesimen yang diberikan perlakuan elektroda E81T-Ni1C 150 A sebesar $1,89 \text{ J/mm}^2$. Nilai impak terendah pada spesimen dengan perlakuan elektroda E81T-Ni1C 200 A yaitu sebesar $1,49 \text{ J/mm}^2$, dengan kesimpulan itu seluruh pengujian kekuatan tarik dan nilai impak telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu BKI dan *ASTM E23*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. S. Sidhu and S. S. Chatha, "Role of shielded metal arc welding consumables on pipe weld joint," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 2, pp. 746–750, 2012..
- [2] N. Julian, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, p. 277, 2019.
- [3] S. A. Mohamat, I. A. Ibrahim, A. Amir, and A. Ghalib, "The effect of flux core arc welding (*FCAW*) processes on different parameters," *Procedia Eng.*, vol. 41, pp. 1497–1501, 2012.
- [4] A. Parmar and A. Dubey, "Study of heat affected zone for SMAW process for low carbon steel specimen with controlled parameters," *Int. J. Mod. Trends Eng. Res.*, vol. 11, no. 4, pp. 23–28, 2017.
- [5] T. Kannan and N. Murugan, "Effect of flux cored arc welding process parameters on

- duplex stainless steel clad quality,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 176, no. 1–3, pp. 230–239, 2006.
- [6] AWS D1.1/D1.1M: "Structural Welding Code - Steel."
- [7] Y. A. Herman. 2009. *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Universitas Indonesia
- [8] *ASME Section IX, Qualification Standard for Welders, Brazers, and Fusing Operators, vol. 9. New York: The American Society of Mechanical Engineers New York, 2015.*
- [9] *ASTM E23-07a. 2007. Standard Test Method for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials. USA.*
- [10] R. Setiaji, *Pengujian Tarik*. Jakarta: Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI, 2009.
- [11] BKI Indonesia, "*Rules for The Classification and Construction: Volume VI Rules For Welding*," Jakarta, 2019.
- [12] I. Bitharas, N. A. McPherson, W. McGhie, D. Roy, and A. J. Moore, "Visualisation and optimisation of shielding gas coverage during gas metal arc welding," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 255, pp. 451–462, 2018.
- [13] A. Aloraier, R. Ibrahim, and P. Thomson, "FCAW process to avoid the use of post weld heat treatment," *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 83, no. 5, pp. 394–398, 2006.