



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Hasil Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Pada Baja ASTM A36 Dengan Variasi Polaritas dan Besar Arus Pengelasan

Reynald Daniel Nicholas Manurung^{*1)}, Untung Budiarto¹⁾, Hartono Yudo¹
Laboratorium Pengelasan

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

^{*}e-mail :reynaldmanurung@gmail.com

Abstrak

Baja A 36 merupakan baja karbon rendah yang kadar karbonnya kurang dari 0,3%. Baja A 36 umumnya digunakan untuk pembuatan konstruksi kapal terutama pada lambung kapal. pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) sering digunakan dalam rangka konstruksi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan hasil uji tarik dan impak terhadap sambungan las baja A 36 dengan variasi arus dan polaritas pengelasan. Metode menggunakan metode eksperimen, mulai dari mempersiapkan material, pemotongan, pengelasan, pembentukan spesimen, hingga pengujian di laboratorium. Hasil yang didapat, nilai tegangan tarik DCEP memiliki nilai lebih tinggi dibanding DCEN. Spesimen dengan arus 60A DCEP mendapatkan nilai tertinggi 495,68 (N/mm²), dan yang terendah pada RAW material 463,16 (N/mm²). Untuk regangan tarik DCEN memiliki nilai lebih tinggi dibanding DCEP dengan RAW material memperoleh nilai tertinggi 30,93% dan terendah dengan perlakuan arus 60A DCEP 23,87%. Untuk elastisitas DCEP lebih tinggi dari DCEN dengan arus 60A DCEP memiliki nilai tertinggi 47,35 GPa, dan yang terendah pada RAW material 35,30 GPa. Pada harga impak RAW material memperoleh nilai tertinggi 3,2 (J/mm²) dan yang terendah perlakuan arus 100A DCEN 1,5 (J/mm²). Kesimpulan menunjukkan bahwa baja A 36 dengan diberi perlakuan arus 60 A DCEP memiliki kekuatan yang lebih besar dari spesimen yang diberi perlakuan DCEN.

Kata Kunci : Baja A 36, SMAW, Polaritas, Kekuatan Tarik, Kekuatan Impak.

1. PENDAHULUAN

Pada Era Moderen dengan kemajuan teknologi di bidang industri baja memiliki ruang lingkup yang sangat luas diantaranya adalah konstruksi industri perkapalan. Industri ini tidak lepas dari proses pengelasan guna untuk menyatukan konstruksi dengan waktu yang efisien dan menghasilkan kualitas produksi yang baik dan memiliki kekuatan sambungan yang baik. Dalam pengelasan tentunya harus sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

Pengelasan merupakan penyatuan dua logam menjadi satu, ketika kedua ujung logam dihubungkan dan digabungkan dengan panas dari busur atau busur pembakar, itu diselesaikan dengan pemanasan atau pelarutan [1].

Dalam penelitian ini, baja jenis ini telah banyak digunakan dalam industri perkapalan, ini

berbeda dengan baja paduan lain yang ditambahkan pada konsentrasi tertentu untuk meningkatkan sifat mekanik dan meningkatkan kekuatan korosi. Baja ini biasanya merupakan paduan besi dan karbon. Tetapi tidak hanya terbuat dari besi dan karbon melainkan juga banyak mengandung elemen lain yang kadarnya biasanya akan ditekan seminim mungkin [2].

Pada dasarnya pengelasan (Shielded Metal Arc Welding) atau biasa disebut SMAW merupakan salah satu proses pengelasan yang secara oprasional sederhana. Karna cukup banyak digunakan pada industri perkapalan karna pengelasan SMAW ini dapat dikerjakan pada ketebalan pelat baja berapapun dan juga biaya invesmen rendah dan juga pengerjaannya dapat dilakukan dengan semua posisi pengelasan [3].

Penelitian terdahulu, telah dilaksanakan tentang Analisa variasi kuat arus dan polaritas

untuk menguji kekuatan impak dan tarik baja A 36 dengan pengelasan SMAW, dengan kuat arus 100A, 120A, dan 140A, elektroda E6013, didapatkan nilai hasil pengujian tarik yang terbesar terjadi pada pengelasan arus 100A DCEP (DC+) yaitu sebesar 478,07 (N/mm²) sementara yang terendah dengan perlakuan 140A DCEN (DC-) sebesar 422,76 (N/mm²) [4].

Penelitian terdahulu juga telah dilakukan analisis bentuk kampuh V dan U terhadap perlakuan variasi arus yang menggunakan pengelasan SMAW, elektroda E7018 dengan melakukan pengujian impak. didapatkan nilai impak terbesar pada arus 70 A dengan kampuh U dengan rata-rata sebesar 1,480 (J/mm²) sementara nilai rata-rata tekecil di dapatkan dengan perlakuan arus 70A pada kampuh V sebesar 0,780 (J/mm²) [5].

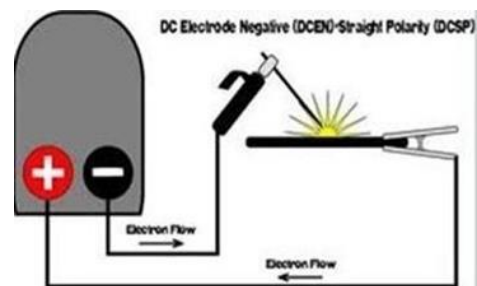
Variasi arus lainnya telah dilakukan pada arus 80A, 100A, dan 120A menggunakan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), material baja AISI 1045 dan elektroda E 6013 berdiameter 3,2 mm. Setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik didapatkan nilai kekuatam tarik tertinggi pada arus RAW sebesar 785 (N/mm²), dan yang terkecil pada arus 80A sebesar 497,36 (N/mm²) [6].

Untuk variasi arus 60A, 90A, dan 120A menggunakan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) pada material baja ST 37 menggunakan elektroda E 7016 dilakukan pengujian tarik. Setelah dilakukan pengujian tarik didapatkan hasil terbesar pada perlakuan arus 60A sebesar 378,92 (N/mm²) dan yang terkecil pada perlakuan arus 120A sebesar 340,58 (N/mm²) [7].

Pada Variasi arus 70A, 90A, 110A dan 130A pada baja A 36 menggunakan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), sudut kampuh U elektroda E7018 berdiameter 3,2 mm. Didapatkan nilai uji impak terbesar pada arus 70A sebesar 1,48 (J/mm²) dan yang terkecil pada arus 130A sebesar 0,77 (J/mm²) [8].

Pengelasan pada penelitian ini menggunakan 2 jenis polaritas yaitu DCEN (Polaritas Lurus) dan DCEP (Polaritas Balik).

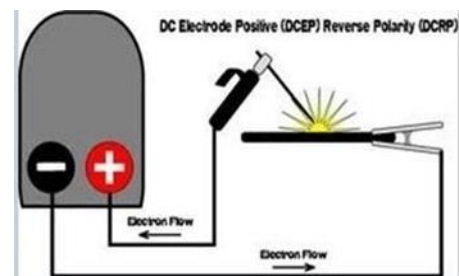
DCEN (*Direct Current Elektroda Negatif*) / Polaritas Lurus, material akan dihubungkan ke kutup positif, sementara pada elektroda dihubungkan ke kutup negatif, pada pengelasan ini mesin las yang digunakan yaitu mesin las DC.



Gambar 1. Skema pengelasan DCEN

Skema pengelasan polaritas lurus / DCEN dapat dijelaskan pada Gambar 1 bahwa busur listrik selama pengelasan bergerak dari elektroda ke logam dasar, dan elektron bertumbukan di logam dasar yang menyebabkan dua per tiga panas di logam dasar, dan sepertiga panas di elektroda, pada polaritas ini menyebabkan melelehnya logam dasar lebih banyak ketimbang elektroda. Sehingga hasil dari pengelasan merupakan penetrasi dalam. Baik digunakan untuk pengelasan lambat dan pada plat tebal.

DCEP (*Direct Current Elektroda Positif*) / Polaritas Balik, material akan dihubungkan ke kutup negatif, sementara pada elektrodanya dihubungkan ke kutup positif. Mesin las yang digunakan yaitu mesin las DC.



Gambar 2. Skema pengelasan DCEP

Skema pengelasan polaritas balik / DCEP dapat dijelaskan pada Gambar 2 bahwa busur listrik selama pengelasan bergerak dari logam dasar ke elektroda, dan elektron bertumbukan di elektroda yang menyebabkan dua per tiga panas di elektroda, dan sepertiga panas di logam dasar. Pada polaritas ini menyebabkan melelehnya elektroda lebih banyak ketimbang logam dasar, sehingga hasil dari pengelasannya merupakan penetrasi dangkal, baik digunakan untuk plat tipis serta manik lebar.

Penelitian kali ini juga bertujuan agar mengetahui karakteristik baja A 36 dengan variasi besar arus pengelasan dan polaritas DCEP

(polaritas Balik) dan DCEN (Polaritas Lurus), dengan pengujian tarik dan pengujian impak menggunakan pengelasan SMAW.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dan subjek penelitian, bagaimana hasil dari uji tarik dan impak baja A36 setelah pengelasan? Bagaimana arus pengelasan mempengaruhi material A36 pada saat pengujian tarik dan impak. Bagaimana polaritas pengelasan mempengaruhi kekuatan tarik dan kekuatan impak.

Batasan permasalahan yang digunakan sebagai panduan dan acuan pada tugas akhir, pengelasan SMAW, pengelasan pelat baja pada posisi 1G menggunakan sambungan V-Butt joint 60°. Pengelasan menggunakan polaritas lurus dan polaritas terbalik, spesimen menggunakan baja A36 yang sesuai dengan tabel uji standar ASTM.

Besar variasi arus pada penelitian ini menggunakan arus 60A, 80A, dan 100A dengan pengelasan DCEN (DC-) dan DCEP (DC+) mesin las pengelelasan mesin DC. Dan untuk pengujiannya dilakukan pengujian tarik dan pengujian impak yang akan di uji di laboratorium, dengan ASTM E8 digunakan sebagai standart pengujian tarik, dan ASTM E3 sebagai standart pengujian impak .pengujian kali ini menggunakan sampel 42 spesimen masing-masing 21 spesimen setiap pengujian tarik dan impak dan juga penelitian ini dilakukan hanya menggunakan pengujian di labotatorium secara langsung tanpa ada menggunakan analisis software.

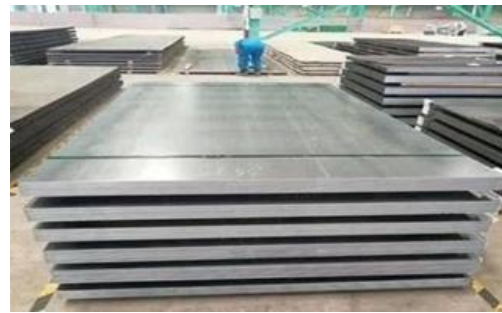
2. METODOLOGI

2.1. Pengumpulan Data

Data-data pada penelitian ini dikumpulkan dari buku, jurnal, internet dan penelitian langsung ke lapangan. Material baja A 36 merupakan objek yang di teliti. Dimana material A 36 merupakan baja dengan kandungan karbon rendah. Serta banyak digunakan dalam pembuatan rangka kapal, termasuk pembuatan lambung kapal.

Tabel 1. Komposisi Baja A36

unsur		kandungan %
C	Karbon	0,25
Si	Silikon	0,28
Mn	Mangan	1,03
P	Fosfor	0,04
S	Belerang	0,05
Cu	Tembaga	0,20



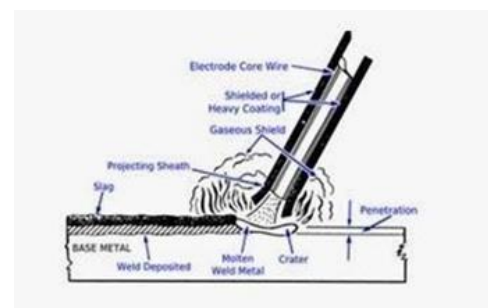
Gambar 3. Plat Baja A36

Plat Baja A 36 menjadi salah satu bahan utama untuk pembuatan konstruksi kapal, termasuk pada lambung kapal contoh plat baja A 36 dapat dilihat pada Gambar 3. Baja A 36 merupakan gabungan antara karbon dan besi dengan kandungan karbon hingga 2%. Selain kedua unsur tersebut, terdapat juga sejumlah kecil unsur dalam baja, seperti pada Tabel 1 terdapat mangan (Mn), silikon (Si), fosfor (P) dan belerang (S). Ini juga dapat digunakan dalam kombinasi dengan elemen paduan seperti kromium (Cr), nikel (Ni), tungsten (W),dll. Dan dapat dimodifikasi jika perlu. Baja dapat dibentuk dengan pengecoran, penggulangan dan penempaan [9].

1) Pengelasan

Pengelasan adalah tindakan menyambungkan setidaknya dua potong item dengan cara dipanaskan keduanya sehingga menyatu semua dalam satu artikel. pengaitan dapat dilakukan dengan atau tanpa bahan tambahan (logam pengisi) dengan titik pelunakan atau konstruksi yang setara atau beragam.

Pada Gambar 4 pengelasan SMAW, logam merupakan bahan penyambung elektroda fungsi melapisi logam dari gas oksidasi. Elektroda meleleh dengan bahan dasar dan menempel pada bagian pengelasan selama proses pengelasan. Pada saat melelehnya elektroda dan membentuk partikel yang terbawa oleh arus busur, maka akan terjadi suatu proses transfer elektroda [10].



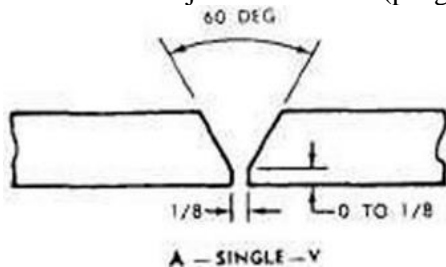
Gambar 4. Skema Pengelasan SMAW

2) Sambungan las

Single V-Butt joint seperti pada Gambar 5 merupakan tipe sambungan las yang digunakan dalam penelitian ini dan besar sudut pada kampuh las adalah 60 derajat dengan posisi pengelasan 1G.

Pengertian pengelasan dapat diartikan sebagai penggunaan energi panas untuk menyambung secara lokal berbagai batang logam, yang dapat berupa sumber panas listrik atau sumber api yang dihasilkan dari pembakaran [11].

Pengelasan SMAW adalah proses pengikatan logam yang menggunakan panas untuk melelehkan benda kerja dan elektroda (pengisi).



Gambar 5. Sambungan Las single V-Butt joint

Beban tarik adalah beban yang ditransfer ke suatu benda dengan menerapkan gaya tarik dalam arah yang berlawanan ke salah satu ujung benda. Akibat dari gaya tarik yang bekerja pada bahan tersebut adalah perubahan (deformasi) bentuk bahan tersebut. Butir kristal dari logam akan melemahkan gaya elektromagnetik masing-masing atom logam sampai ikatan putus oleh gaya tarik maksimum [12].

Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa fenomena perpatahan ulet dan getas. Perlakuan uji tarik ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perubahan sifat mekanik dan perubahan material akibat beban tarik seperti regangan dan tegangan [13].

Berikut adalah contoh kurva dari hasil pengujian tarik yang menggambarkan antara hubungan gaya yang diberi suatu benda dengan benda uji.



Gambar 6. Contoh Hasil Uji Tarik

Tegangan maksimum yang dapat di tahan oleh material pada titik tertinggi, jika sedikit dilewati maka material akan patah, pada Gambar 6 ditunjukkan oleh titik TS, yang merupakan batas terjadinya peregangan atau perpanjangan yang merata, kurva TS-F menurun, karna terjadinya necking (pengecilan penampang bahan sebelum bahan mengalami patah).

Uji tarik dilakukan guna melengkapi informasi dan rancangan dasar kekuatan pada material dan menjadi data pendukung bagi rincian suatu material, berikut merupakan sifat yang didapat dari hasil pengujian tarik :

Dari pengujian tarik didapatkan sifat-sifat sebagai berikut :

1. Tegangan tarik maksimum (σ)

Tegangan maksimum yang bisa ditanggung material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*).

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

Dimana, σ merupakan Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm²), P merupakan Beban Maksimum (N), dan A₀ merupakan Luas penampang Mula-mula (mm²).

2. Regangan maksimum (*e*)

Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material sesudah terjadi perpatahan terhadap panjang awalnya.

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

Dimana, L_i ialah Panjang sesudah patah (mm), L₀ merupakan Panjang mula-mula (mm), *e* adalah Regangan (%).

3. Modulus Elastisitas (*E*)

Ukuran kekakuan suatu material dalam grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung berdasarkan slope kemiringan garis elastik yang linier.

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

Dimana, *E* adalah Modulus elastisitas (MPa) σ adalah Tegangan Maksimum (KN/mm²), dan *e* adalah Regangan (%).

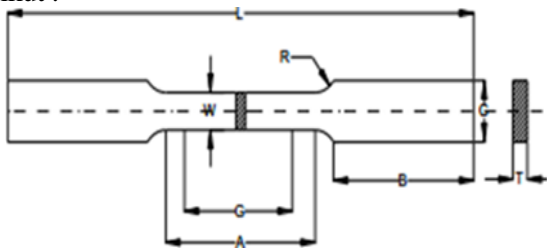
Uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau uletnya suatu material berdasarkan sifat ketangguhannya,

metode charpy merupakan pengujian dengan cara benda uji diletakkan mendatar pada tumpuan, dan arah sudut kumpuh berlawanan dengan arah beban [13].

2.2. Parameter Penelitian

1) Parameter Tetap

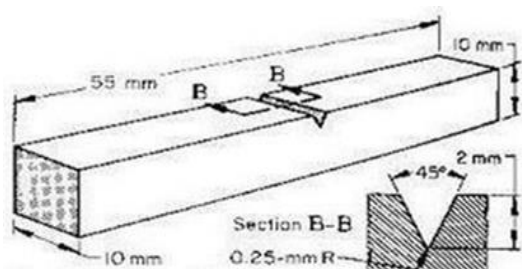
Adapun parameter tetap yang digunakan adalah spesimen pada baja A 36, SMAW sebagai jenis tipe pengelasan, elektroda menggunakan diameter berukuran 2,6mm serta dimensi pada ukuran spesimen pengujian tarik dan impak sebagai berikut :



Gambar 7. Bentuk Spesimen Uji Tarik ASTM E8

Tabel 2. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan	panjang
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



Gambar 8. Bentuk Spesimen Uji Impak ASTM E23

Tabel 3. Dimensi Spesimen Uji Impak

Keterangan	panjang
Overall length (L)	55 mm
Width (W)	10 mm
Thickness (T)	10 mm
Angle of notch	2 mm

2) Parameter Perubahan

Parameter perubahan dalam penelitian ini adalah posisi pada pengelasan, polaritas yang digunakan, serta pengujian tarik dan impak.

3) Lokasi Penelitian

Proses pengelasan pada penelitian ini dilaksanakan di Solo Jawa Tengah tepatnya di INLASTEK WELDING INSTITUTE, pembuatan spesimen di Klaten Jawa Tengah, serta proses pengujiannya dilaksanakan di kampus sendiri, Laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Komposisi Bahan

Pada penelitian ini agar memastikan sesuai atau tidaknya jenis bahan yang diambil, perlu dilakukan adanya uji komposisi. Dan baja A 36 adalah material yang digunakan pada penelitian ini. Serta didapat hasil uji sebagai berikut :

Tabel 4. Komposisi Bahan

Unsur	Kandungan %
C	Karbon 0,25
Si	Silikon 0,28
Mn	Mangan 1,03
P	fosfor 0,04
S	Belerang 0,05
Cu	Tembaga 0,20
Fe	Besi 98

Dari hasil uji komposisi material baja A 36 didapat komponen-komponen serta besar kandungan seperti pada Tabel 3 (Fe) = 98,00%, (Mn) = 1,03%, guna meningkatkan ketahanan serta kekerasan, (Si) = 0,28%, guna meningkatkan daya tahan oksidasi dan tahan panas. serta unsur lain (C) = 0,25%, (P) = 0,04, dan (S) = 0,05%, (Cu) = 0,2%. Maka dalam penelitian ini bahan yang digunakan memenuhi standart.

3.2. Hasil Pengelasan

Pada hasil pengelasan SMAW dengan DCEN (Polaritas Lurus) dan DCEP (Polaritas Balik) menggunakan elektroda E7018 AWSA5.1 dengan diameter elektroda 2,6 mm maka didapat pengelasan spesimen pertama menggunakan arus 60A DC- dengan kecepatan pengelasan yg dihasilkan 12 cm/menit, pengelasan spesimen kedua menggunakan arus 80A DC- dengan kecepatan pengelasan 11,5 cm/menit, pengelasan spesimen ketiga menggunakan arus 100A DC- dengan kecepatan pengelasan 10,5 cm/menit, pengelasan spesimen keempat menggunakan arus 60A DC+ dengan kecepatan pengelasan 11,5 cm/menit, pengelasan spesimen kelima menggunakan arus 80A DC+ dengan kecepatan pengelasan 10,5 cm/menit. pengelasan spesimen

keenam menggunakan arus 80A DC+ dengan kecepatan pengelasan 12 cm/menit.

3.3. Hasil Pengujian Tarik (Tensile Strength)

ASTME8 digunakan sebagai standart pengujian tarik, dan pengujian dilaksanakan di laboratorium teknik perkapalan Universitas Diponegoro pada tanggal 05-Mei-2021. Dari hasil pengujian tarik tersebut maka akan di dapatkan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitasnya. Dari hasil tersebut dapat diketahui bagaimana kekuatan pada setiap spesimen setelah diberi perlakuan variasi arus pengelasan dan polaritas pada pengelasan SMAW.

1) Tegangan Tarik

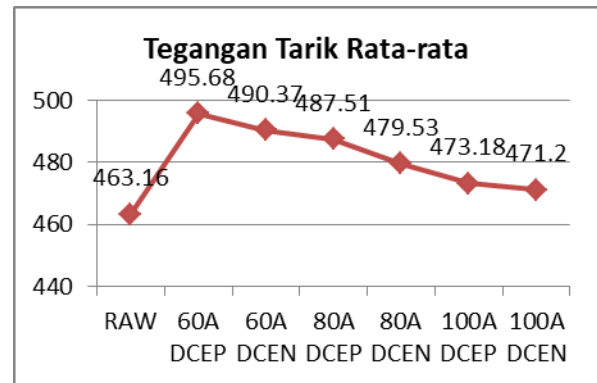
Setelah dilakukan pengujian tarik, maka didapatkan nilai tertinggi dan terendah pada setiap spesimen sebagai berikut :

Tabel 5. Data hasil Tegangan Tarik

Spesimen	No	P Max (KN)	A0 (mm ²)	σ Tarik Max (Mpa)	σ Tarik Rata-rata (Mpa)
RAW	1	61.5	132.34	464.71	463.16
	2	60.9	131.83	461.97	
	3	62.8	135.70	462.80	
60A DCEP	1	65.7	132.31	496.56	495.68
	2	65.5	132.31	495.05	
	3	65.3	131.81	495.43	
60A DCEN	1	62.8	127.4	492.94	490.37
	2	61.9	126	491.27	
	3	60.6	124.46	486.90	
80A DCEP	1	64.5	132	488.64	487.51
	2	65.4	133.73	489.04	
	3	64.1	132.20	484.86	
80A DCEN	1	63.2	131.81	479.48	479.53
	2	63.5	132.66	478.67	
	3	63.8	132.79	480.46	
100A DCEP	1	60.7	128.27	473.22	473.18
	2	62.7	132.98	471.52	
	3	65.7	138.38	474.80	
100A DCEN	1	63.5	134.64	471.63	471.20
	2	63.2	134.33	470.48	
	3	63	133.62	471.49	

Dari Tabel 5 dapat dilihat hasil RAW material mendapatkan nilai kekuatan tarik terendah dibanding spesimen lainnya dengan rata-rata sebesar 463,16 (N/mm²). spesimen dengan perlakuan arus 60A memiliki kualitas lebih baik di pengelasan DC+ ketimbang DC-, dengan nilai rata-rata sebesar 495,68 (N/mm²), untuk perlakuan arus 80A spesimen dengan perlakuan pengelasan DC+ lebih baik dari pengelasan DC-,

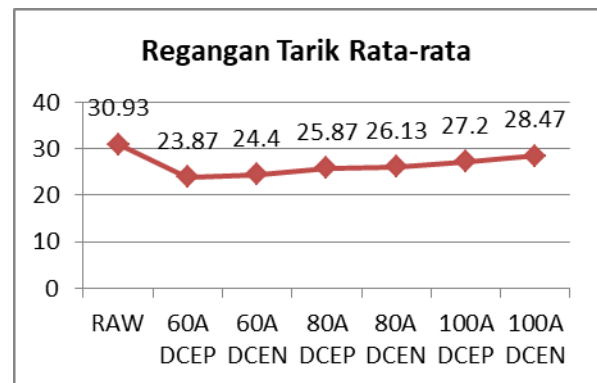
dengan rata-rata sebesar 487,51 (N/mm²), sementara untuk perlakuan arus 100A pengelasan DC+ juga memiliki nilai lebih baik di banding pengelasan DC – dengan nilai nilai sebesar 473,18 (N/mm²). Maka dari Gambar 9 dapat dilihat perbedaan perlakuan arus yang menggunakan pengelasan polaritas balik / DCEP (DC+) memiliki kualitas hasil lebih baik dari pada pengelasan polaritas lurus / DCEN.



Gambar 9. Grafik Tegangan Tarik

2) Regangan Tarik

Dari pengujian tarik diatas didapatkan hasil regangan setiap perlakuan spesimen sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik Regangan Tarik

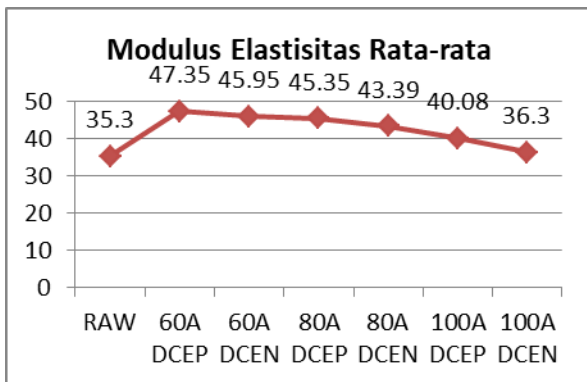
Nilai regangan maksimum pada RAW material didapatkan 31,8 %, dengan rata-rata 30,96%, seperti pada Tabel 6 sementara untuk spesimen dengan perlakuan arus 60A persenan terbesar di dapatkan pada pengelasan DC- 24,6 dengan rata-rata sebesar 24,4 %, untuk perlakuan arus 80A DC- mendapat nilai lebih baik dibanding DC+ dengan nilai rata rata sebesar 26,13 %. Dan untuk perlakuan arus 100A DC- juga memiliki nilai tertinggi dibandingkn dengan DC+ dengan rata-rata sebesar 28,47 %. Pada Gambar 10 dapat dilihat perbedann grafik antara regangan tertinggi dan terendah yaitu pada RAW material dengan arus 60A DC+.

Tabel 6. Data Hasil Regangan Tarik

Spesimen	No	Δl (mm)	Regangan e (%)	Regangan Rata-rata e (%)
RAW	1	15.1	30.2	30.93
	2	15.9	31.8	
	3	15.4	30.8	
60A DCEP	1	11.4	22.8	23.87
	2	12.1	24.2	
	3	12.3	24.6	
60A DCEN	1	12.3	24.6	24.40
	2	12.1	24.2	
	3	12.2	24.4	
80A DCEP	1	12.8	25.6	25.87
	2	13.1	26.2	
	3	12.9	25.8	
80A DCEN	1	13.2	26.4	26.13
	2	13.1	26.2	
	3	12.9	25.8	
100A DCEP	1	14.2	28.4	27.2
	2	13.4	26.8	
	3	13.2	26.4	
100A DCEN	1	14.4	28.8	28.47
	2	14.2	28.4	
	3	14.1	28.2	

3) Modulus Elastisitas

Setelah didapat nilai tegangan dan regangan tarik, maka didapat juga nilai modulus elastisitas sebagai berikut :



Gambar 11. Grafik Elastisitas

Tabel 7 bisa dilihat nilai terbesar 35,65 GPa dengan rata-rata 35,30 Gpa pada RAW material, spesimen dengan perlakuan arus 60A, pengelasan DC+ memiliki nilai lebih tinggi dibanding DC- dengan nilai rata-rata sebesar 47,35 GPa, untuk arus 80A pengelasan DC+ juga memiliki nilai lebih tinggi dibanding pengelasan DC- dengan nilai rata-rata sebesar 45,35 GPa, dan untuk perlakuan arus 100A pengelasan DC+ juga

memiliki nilai lebih tinggi dibanding DC- dengan nilai rata-rata 40,08 GPa, walaupun terhitung berbeda sedikit dengan DC- sebesar 36,3 GPa. dari Gambar 11 dapat disimpulkan hasil nilai elastisitas ini berbanding lurus dengan hasil kekuatan tarik.

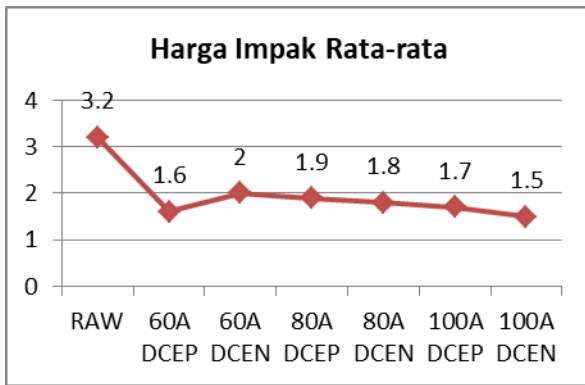
Tabel 7. Data Hasil Elastisitas

Spesimen	No	σ Yield (Mpa)	Regangan e (%)	E (GPa)	E Rata-rata (Gpa)
RAW	1	355	10.07	35.26	35.30
	2	371	10.60	35.00	
	3	366	10.27	35.65	
60A DCEP	1	376	7.60	49.47	47.35
	2	374	8.07	46.36	
	3	379	8.20	46.22	
60A DCEN	1	372	8.20	45.37	45.95
	2	374	8.07	46.36	
	3	375	8.13	46.11	
80A DCEP	1	388	8.53	45.47	45.35
	2	386	8.73	44.20	
	3	399	8.60	46.40	
80A DCEN	1	379	8.80	43.07	43.59
	2	383	8.73	43.85	
	3	377	8.60	43.84	
100A DCEP	1	362	9.47	38.24	40.08
	2	363	8.93	40.63	
	3	364	8.80	41.36	
100A DCEN	1	339	9.60	35.31	36.30
	2	339	9.47	35.81	
	3	355	9.40	37.77	

3.4. Hasil Pengujian Impak

Dari pengujian impak di dapatkan nilai kekuatan sebagai berikut :

Hasil Pengujian impak di dapatkan hasil RAW material memiliki nilai sebesar 3,2 (J/mm²), untuk arus 60A pengelasan DC- memiliki nilai rata-rata lebih besar dibanding nilai rata-rata DC+ dengan nilai 2 (J/mm²), arus 80A pengelasan DC+ memiliki nilai rata-rata lebih tinggi di banding nilai DC- sebesar 1,9 (J/mm²), dan untuk perlakuan arus 100A pengelasan DC+ juga memiliki nilai rata-rata lebih tinggi dibanding pengelasan DC- dengan nilai rata-rata sebesar 1,7 (J/mm²), dan juga dapat dilihat dari Tabel 8 nilai rata-rata kekuatan terbesar didapatkan pada RAW material dengan nilai sebesar 3,2 (J/mm²) dan nilai rata-rata kekuatan impak terkecil di dapatkan pada perlakuan arus 60A dengan pengelasan DC+ dengan nilai rata-rata sebesar 1,6 (J/mm²).



Gambar 11. Grafik Harga Impak

Tabel 8. Data Hasil Uji Impak

Spesimen	No	Energi (J)	Harga Impak (J/mm ²)	Rata-rata Impak Harga Impak (J/mm ²)
RAW	1	240	3	3.2
	2	246	3.1	
	3	282	3.5	
60 A DCEP	1	126	1.6	1.6
	2	136	1.7	
	3	110	1.4	
60A DCEN	1	152	1.9	2
	2	162	2.0	
	3	166	2.1	
80A DCEP	1	168	2.1	1.9
	2	136	1.7	
	3	146	1.8	
80A DCEN	1	144	1.8	1.8
	2	138	1.7	
	3	148	1.9	
100A DCEP	1	140	1.8	1.7
	2	134	1.7	
	3	126	1.6	
100A DCEN	1	122	1.5	1.5
	2	120	1.5	
	3	128	1.6	

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan semua pengujian maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

Pada kekuatan tarik, DCEP (Polaritas Balik) memiliki nilai lebih baik atau lebih tinggi dibanding dengan DCEN (Polaritas Lurus), dapat di lihat dari hasilnya spesimen dengan arus 60A DCEP memiliki nilai tegangan tarik terbesar dengan nilai 495,68 (N/mm²), sementara untuk RAW dengan nilai terkecil yaitu 463,16 (N/mm²).

Pada regangan tarik besar nilai regangan dari semua spesimen las berbanding terbalik dengan hasil rata-rata tegangan tarik dimana DCEN

(Polaritas Lurus) memiliki nilai lebih tinggi dibanding DCEP (Polaritas Balik) dapat di lihat dari hasil spesimen dengan arus 60A DCEP dengan nilai terkecil 23,87 % dan yang terbesar pada RAW material sebesar 30,93 %. Maka dapat ditarik kesimpulan jika nilai tegangan tarik naik maka nilai regangan akan turun.

Pada modulus elastisitas, nilai elastisitas berbanding lurus dengan nilai tegangan tarik dimana didapat DCEP (Polaritas Balik) lebih tinggi dibanding DCEN (Polaritas Lurus) dapat dilihat dari hasil pengujian spesimen dengan arus 60A DCEP memiliki nilai tertinggi 47,35 GPa (paling kaku) dan yang terendah pada RAW material senilai 35,30 GPa (paling elastis).

Pada pengujian impak nilai kekuatan terbesar didapat pada RAW material sebesar 3,2 (J/mm²) dan yang terkecil pada arus 100A DCEN senilai 1,5 (J/mm²).

Maka dari hasil pengujian spesimen pada baja A 36 dengan perlakuan arus 60A DCEP (Polaritas Balik) adalah kuat arus yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.arifin, *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: ghalia indonesia, 1997.
- [2] Z. Yureman, *Analisa Komposisi Kimia Bahan Baja*. Bandung: politeknik manufaktur, 1993.
- [3] A. Hamid, "Analisa Pengaruh Arus Pengelasan SMAW pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 14-24, 2016.
- [4] S. Z. Nuryanti, "Teknik pengaruh Variasi Kuat Arus dan Polaritas terhadap Kekuatan Sambungan Las pada Baja ASTM A36," *J. Tek. Mesin IBA*, vol. 7, no. 1, pp. 57-66, 2019.
- [5] E. Fernando, "Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las Baja AISI 1045 dengan Menggunakan Elektroda E6013," *J. Tek. Mesin USU*, vol. 2, no. 1, pp. 28-32, 2019
- [6] C. Achmad, "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 Menggunakan las SMAW dengan Elektroda E7016," *J. Tek Mesin UMM*, vol. 3, no. 1, pp. 2-10, 2015.
- [7] M. A Khotasa, "Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Impak Sambungan Butt Joint pada Plat Baja A 36," *J. Tek. Mesin ITS*, vol. 6, no. 2, pp.

- 17-22, 2016.
- [8] M. Faizal, "Pengaruh Arus Pengelasan pada Baja ASTM A 36 Terhadap Kekuatan Tarik dan Sambungan Las SMAW dengan Elektroda E7018," *J. Tek. Mesin ISTN*, vol. 14, no. 1, pp .55-62, 2018.
- [9] S. Syarippudin, S. I. Basori dan Y. M. Putra, "Pengaruh Jenis Kampus Las terhadap Kekuatan Tarik Baja ASTM A36 Menggunakan Las SMAW," *J. Manufaktur UNJ*, vol. 2, no. 1, pp .94-97, 2014.
- [10] A. Nugroho, "Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Sambungan Las Plate Carbon Steel ASTM A 36," *J. Rekayasa Industri*, vol. 3, no. 1, pp .134-142, 2018.
- [11] M. Faisal dan A. R. Salam, "Pengaruh Arus Pengelasan pada Baja ASTM S A 516 Gr70 Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018," *J. Teknik BIMA*, vol. 14, no. 2, pp .55-62, 2018.
- [12] M. A. Saladin dan B. Hizkya, "Pengaruh Variasi Kecepatan dan Kuat Arus Terhadap Kekerasan, Tegangan Tarik Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Karbon Elektroda E6013," *J. Tek. Mesin UNSRI*, vol. 2, no. 1, pp. 22-31, 2013.
- [13] Y. Handoyo, "Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule," *J. Tek. Mesin UNISMA*, vol. 9, no. 1, pp. 23-27, 2013.