

ANALISA VARIASI KUAT ARUS DAN MEDIA PENDINGIN PADA PENGELASAN SMAW UNTUK MATERIAL ASTM A36 TERHADAP CACAT LAS DAN SIFAT MEKANIK

Adi Setyawan¹⁾, Achmad Syarif Hidayatullah Saningram²⁾, Edi Santoso³⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email: Adisetyawan@gmail.com¹⁾, Syarifsaningram@gmail.com²⁾, Edisantoso@untag-sby.ac.id³⁾

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketahanan kekerasan, besaran sifat mekanik dan ada tidaknya cacat pada sambungan las Material Baja ASTM A36 ketika diberi variasi kuat arus 100A, 110A, 120A dan variasi media pendingin Oli SAE 10W-30, collant, dan air. Metode yang dipakai adalah pengujian mekanik dan pengujian cacat pengelasan. Hasil yang didapatkan pada pengujian NDT Liquid Penetran sambungan las terbaik didapat pada media pendingin Coolant pada kuat arus 120 A dimana hanya terdapat sedikit cacat undercut karena penggunaan ampere tinggi dan gerakan travel speed yang cepat. Dari hasil pengujian kekerasan terjadi peningkatan nilai kekerasan di daerah weld metal pada spesimen media pendingin coolant dengan kuat arus 120 A menghasilkan 87 HRB dikarenakan daerah weld metal menerima panas yang maksimal. Dari hasil pengujian tarik nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen media pendingin coolant dengan kuat arus 120 A dengan nilai rata-rata tegangan maksimum sebesar 43,37 kg/mm² dan nilai regangan sebesar 24,7%. Hal ini menandakan semakin besar arus pengelasan maka nilai kekerasan dan kekuatan tarik semakin meningkat.

Kata kunci: Media Pendingin, Kuat Arus, Sifat Mekanik, Cacat Pengelasan, Baja ASTM A36.

ABSTRACT

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketahanan kekerasan, besaran sifat mekanik dan tidak ada cacat pada sambungan las Material Baja ASTM A36 ketika diberi variasi kuat arus 100A, 110A, 120A dan variasi media pendingin Oli SAE 10W-30, collant, dan air. Metode yang dipakai adalah pengujian mekanik dan pengujian cacat pengelasan. Hasil yang didapatkan pada pengujian NDT Liquid Penetran sambungan terbaik didapat pada media pendingin Coolant pada arus kuat 120 A dimana hanya terdapat sedikit cacat undercut karena penggunaan ampere tinggi dan gerakan travel speed yang cepat. Dari hasil pengujian kekerasan terjadi peningkatan nilai kekerasan di daerah weld metal pada spesimen media pendingin pendingin dengan kuat arus 120 A menghasilkan 87 HRB dikarenakan daerah weld metal menerima panas yang maksimal. Dari hasil pengujian tarik nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen media pendingin coolant dengan kuat arus 120 A dengan nilai rata-rata tegangan maksimum sebesar 43,37 kg/mm² dan nilai regangan sebesar 24,7%. Hal ini menandakan semakin besar arus pengelasan maka nilai kekerasan dan tarikan kekuatan semakin meningkat.

Keywords: Cooling Media, Current Strength, Mechanical Properties, Welding Defects, ASTM A36 Steel

PENDAHULUAN

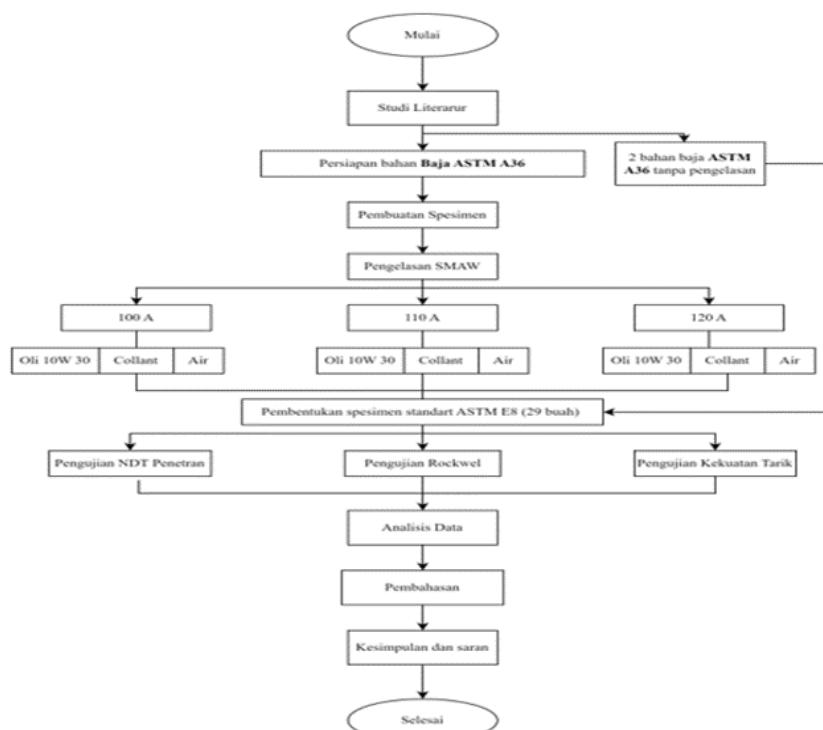
Di era globalisasi saat ini, setiap individu perlu mempelajari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Seperti yang terlihat pada teknologi penyambungan logam dengan teknik las. *Welding* atau las adalah teknik menyambung logam menggunakan energi panas untuk melebur dua atau lebih benda (Mizhar, S., & Pandiangan, I. H, 2014). Pengertian

pengelasan SMAW adalah sebuah proses menyambunga logam dengan energi panas dalam mencairkan elektroda serta benda kerja (Munawar, 2023).

Pengaturan kekuatan arus juga mempengaruhi hasil, Jika arus terlalu kecil maka sulit untuk menyalakan elektroda las (Khotasa, S., 2016). Busur tidak stabil, hasil panas tidak cukup melelehkan elektroda las, arus las sangat berpengaruh terhadap penetrasi dan kekuatan (Wiryosumarto dan Okumura, 2000). Arus ini juga mempengaruhi laju pendinginan karena kemampuan jenis material untuk mendinginkan sampel berbeda-beda. Pendingin adalah massa yang berguna untuk menentukan laju pendinginan suatu bahan yang diuji dalam perlakuan panas (Rizky, A., 2020).

Pada tugas akhir kali ini peneliti menggunakan material baja ASTM A36 sebagai media yang akan dilas dan juga akan dilakukan pendinginan menggunakan Oli SAE 10W 30, Collant, Air. Nanti nya akan dilakukan pengujian sifat mekanik dan pengujian cacat las agar diketahui arus las dan media pendingin yang sesuai pada baja ASTM A36.

PROSEDUR EKSPERIMENT



Gambar 1. Diagram Alir

Persiapan Bahan

Bahan yang akan digunakan adalah baja ASTM A36, ukuran yang akan digunakan yang digunakan dalam proses pengelasan sebesar 220mm (P) x 110mm (L) dengan ketebalan 10mm dengan total plat 9 plat.



Gambar 2. Spesimen material pengelasan

Proses Pengelasan

Proses pengelasan kali ini digunakan 3 kuat arus yaitu 100A, 110A, 120A. Dengan elektroda menggunakan RB26 berdiameter \varnothing 3,2 mm.



Gambar 3. Tack weld pada material

Proses Pendinginan

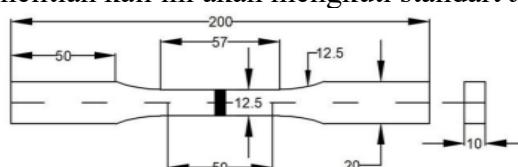
Proses pendinginan ini dilakukan dengan cara pencelupan pada setiap wadah yang berisikan tiga variasi pendingin dengan volume 800 ml yaitu oli SAE 10W 30, Collant, Air.



Gambar 4. Media Pendingin

Pembentukan spesimen

Pembentukan spesimen penelitian kali ini akan mengikuti standart JIS 2201 1981.



Gambar 5. Standart ASTM E8

Pengujian Spesimen

Penelitian digunakan tiga percobaan yaitu pengujian kekerasan, tarik dan cacat las yang dilakukan setelah melalui proses pengelasan, pendinginan serta pembentukan spesimen dengan standart JIS Z 2201 1981.

Pengujian Non Destructive Testing Liquid Penetran

Pengujian NDT Liquid Penetran dilakukan di laboratorium Robutech pada penelitian ini menggunakan standar pengujian American Welding Society (AWS), dengan ukuran material 220mm x 110mm.



Gambar 6. Proses Pengujian NDT Liquid Penetran

Pengujian Rockwell

Uji kekerasan (Rockwell) berguna dalam memperoleh nilai kekerasan tiap variasi. Dalam uji rockwell ini menggunakan beban sebesar 100kgf dengan standar ASTM E18 – 15

HRB menggunakan indentor bola baja 1/16 inchi. Pengujian dilakukan untuk memperoleh sifat mekanis pada baja yang akan diuji.



Gambar 7. Pengujian Rockwell

Pengujian Tarik

Uji tarik pada pengujian kali ini digunakan untuk besaran sifat mekanik pada baja yang telah dilakukan variasi pada saat pengelasan dan pendinginan. Uji tarik ini berlangsung dilaboratorium material Universitas 17 Agustus 1945.



Gambar 8. Mesin Uji Tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil NDT Penetrant Test

Media Pendingin	Kuat Arus	Hasil NDT Penetrant Test
Collant	100 A	 <p>Keterangan : Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Oli SAE 10W 30 pada kuat arus 100 Ampere didapatkan hasil terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda. Serta terdapat cacat las undercut yang ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi dibarengi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.</p>



110 A

Keterangan :

Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Coolant pada kuat arus 110 Ampere didapatkan hasil Terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda.



120 A

Keterangan :

Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Coolant pada kuat arus 120 Ampere didapatkan hasil terdapat cacat las undercut yang ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi diiringi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.

Media Pendingin Kuat Arus

Hasil NDT Penetrant Test



Oli SAE 10W 30

Keterangan :

Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Oli SAE 10W 30 pada kuat arus 100 Ampere didapatkan hasil terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda. Serta terdapat cacat las undercut yang ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi dibarengi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.



110 A

Keterangan :

Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Oli SAE 10W 30 pada kuat

arus 100 Ampere didapatkan hasil terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda. Serta terdapat cacat las undercut yang ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi dibarengi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.



Keterangan :

120 A

Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Oli SAE 10W 30 pada kuat arus 100 Ampere didapatkan hasil terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda. Serta terdapat cacat las undercut yang ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi dibarengi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.

Media Pendingin Kuat Arus

Hasil NDT Penetrant Test



Keterangan :

110 A

Terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda. Serta terdapat cacat las undercut yang ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi diiringi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.

Air

110 A



Keterangan :

Terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda. Serta terdapat cacat las undercut yang

ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi diiringi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.

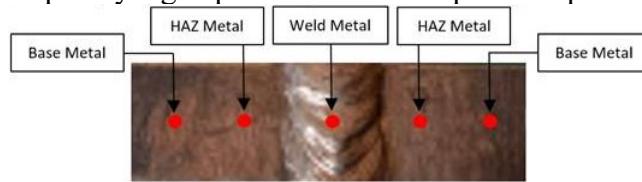


Keterangan :

120 A Terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada deposit hasil lasan di base material yang menyerupai keropos atau sarang semut, hal ini disebabkan oleh Rusak/hilangnya sebagian lapisan flux karena buruknya penyimpanan elektroda. Serta terdapat cacat las undercut yang ditandai dengan tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan, hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan ampere yang tinggi diiringi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat

Hasil Uji Kekerasan (Hardness Test)

Dilakukan pengujian kekerasan Rockwell untuk mengetahui nilai kekerasan dan dapat menggambarkan kemampuan yang dapat diterima oleh spesimen profil baja.



Gambar 9. Titik Indentasi

Tabel 2. Hasil Uji Rockwell

Titik identasi		Hasil Uji Kekerasan (HRB)
Base Metal	Spesimen Raw Material	50
HAZ	Spesimen Raw Material	50
Weld Metal	Spesimen Raw Material	50

Berdasarkan hasil uji kekerasan Rockwell dengan nilai rata-rata pada material baja ASTM A36 dengan variasi media pendingin dengan variasi kuat arus, maka didapatkan hasil pada diagram berikut :

Media Pendingin Oli SAE 10W

	Titik identasi	100 Ampere	110 Ampere	120 Ampere
Base Metal	Spesimen 1	51.8	53.3	53
	Spesimen 2	52	52.8	53.2
	Spesimen 3	52.2	52.9	52.8
Rata-rata		52	53	53
HAZ	Spesimen 1	56.2	67.8	59.8
	Spesimen 2	55.8	68.3	60.1
	Spesimen 3	56	67.9	60.1
Rata-rata		56	68	60
Weld Metal	Spesimen 1	64.7	67.3	77.8
	Spesimen 2	65.1	67	78.1
	Spesimen 3	65.2	66.7	78.1
Rata-rata		65	67	78

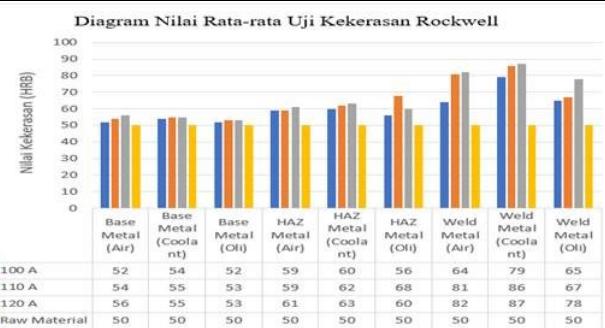
Media Pendingin Air

	Titik identasi	100 Ampere	110 Ampere	120 Ampere
Base Metal	Spesimen 1	52	54.2	56.2

	Spesimen 2	52.1	54	56.1
	Spesimen 3	51.9	53.8	55.7
	Rata-rata	52	54	56
HAZ	Spesimen 1	58.9	58.9	61.3
	Spesimen 2	58.9	58.8	61
	Spesimen 3	59.2	59.3	60.7
Weld Metal	Rata-rata	59	59	61
	Spesimen 1	63.9	80.9	82.2
	Spesimen 2	64.1	80.9	82
	Spesimen 3	64	81.2	81.8
	Rata-rata	64	81	82

Media Pendingin Coolant

	Titik identasi	100 Ampere	110 Ampere	120 Ampere
Base Metal	Spesimen 1	54.1	54.8	55.1
	Spesimen 2	54	54.9	54.8
	Spesimen 3	53.9	55.3	55.1
HAZ	Rata-rata	54	54	55
	Spesimen 1	59.8	61.8	63.2
	Spesimen 2	60	62.1	63.1
	Spesimen 3	60.2	62.1	62.7
Weld Metal	Rata-rata	60	62	63
	Spesimen 1	78.8	86.3	86.8
	Spesimen 2	78.9	85.5	87.2
	Spesimen 3	79.3	86.2	87
	Rata-rata	79	86	87



Gambar 10. Diagram Nilai Rata-rata Kekerasan pada Media Pendingin Air, Coolant, dan Oli SAE 10W 30 dengan kuat arus 100A, 110A, dan 120A.

Hasil Uji Tarik (Tensile Test)

Pada pengujian tarik ini menggunakan 28 spesimen yang bertujuan mendapatkan sifat mekanis dari bahan uji baja ASTM A36.

Tabel 3. Spesifikasi Material

Material	Perlakuan	Tebal	Panjang	Lebar
Plat ASTM A36	Raw Material	10 mm	200 mm	20 mm

Tabel 4. Data Uji Tarik Spesimen Raw Material

No.	Spesimen Raw Material	Spesimen 1	Spesimen 2
1	Panjang Awal, Lo (mm)	83	83
2	Panjang Akhir, Lf (mm)	100	102
3	Pertambahan Panjang (ΔL) (mm)	17	19
4	Beban Luluh (Yield Point) (Kg)	4844,8	3633,6
5	Beban Maksimum (Ultimate Strength) (Kg)	5300	5220
6	Beban Putus (Fracture) (Kg)	4920,5	4996,2
7	ΔL (yield) (mm)	12,5	5
8	ΔL (Max) (mm)	26,5	27

9	ΔL (putus) (mm)	36	37
---	-------------------------	----	----

Hasil Perhitungan Data :

- Luas Penampang (A_o)

$$A_o = x \times t = 12,5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} = 125 \text{ mm}^2$$

- Tegangan dan Regangan Teknik

$$L_{yield} = L_o + \Delta L_{yield} = 83 + 12,5 = 95,5 \text{ mm}$$

$$L_{max} = L_o + \Delta L_{max} = 83 + 26,5 = 109,5 \text{ mm}$$

$$L_{putus} = L_o + \Delta L_{putus} = 83 + 36 = 119 \text{ mm}$$

- Tegangan

$$\sigma_{t(y)} = \frac{P_y}{A_o} = \frac{4844,5 \text{ kg}}{125 \text{ mm}^2} = 38,75 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{t(u)} = \frac{P_{(max)}}{A_o} = \frac{5300 \text{ kg}}{125 \text{ mm}^2} = 42,4 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{t(pts)} = \frac{P_{(pts)}}{A_o} = \frac{4920,5 \text{ kg}}{125 \text{ mm}^2} = 39,36 \text{ Kg/mm}^2$$

- Regangan

$$\varepsilon_{yield} = \frac{L_y - L_o}{L_o} \times 100\% = \frac{95,5 \text{ mm} - 83 \text{ mm}}{83 \text{ mm}} \times 100\% = 15,06 \%$$

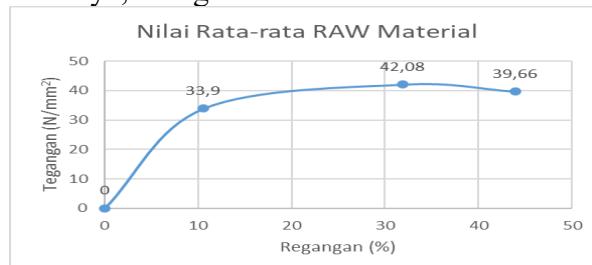
$$\varepsilon_{max} = \frac{L_{max} - L_o}{L_o} \times 100\% = \frac{109 \text{ mm} - 83 \text{ mm}}{83 \text{ mm}} \times 100\% = 31,3 \%$$

$$\varepsilon_{putus} = \frac{L_{putus} - L_o}{L_o} \times 100\% = \frac{119 \text{ mm} - 83 \text{ mm}}{83 \text{ mm}} \times 100\% = 43,37 \%$$

Tabel 5. Data Hasil Tegangan dan Regangan pada Uji Tarik Raw Material

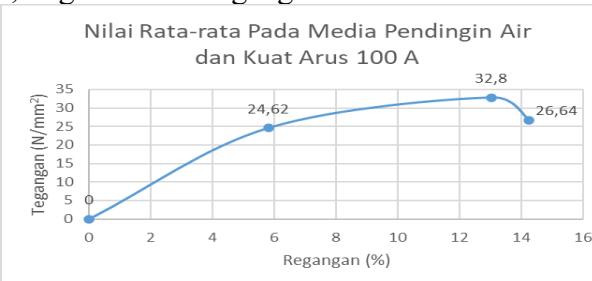
Perlakuan	Spesimen	Tegangan luluh (kg/mm ²)	Tegangan Maksimum (kg/mm ²)	Tegangan Putus (kg/mm ²)	ε_{yield} (%)	ε_{max} (%)	ε_{putus} (%)
Raw Material	1	38,75	42,4	39,36	15,06	31,3	43,37
Raw Material	2	29,06	41,76	39,96	6,02	32,53	44,57
Raw Material	Rata-rata	33,9	42,08	39,66	10,54	31,91	43,97

Dari perhitungan diatas lalu dibentuk grafik tegangan ((kg/mm²) dan regangan (%) agar dapat memperoleh hasilnya, sebagai berikut :

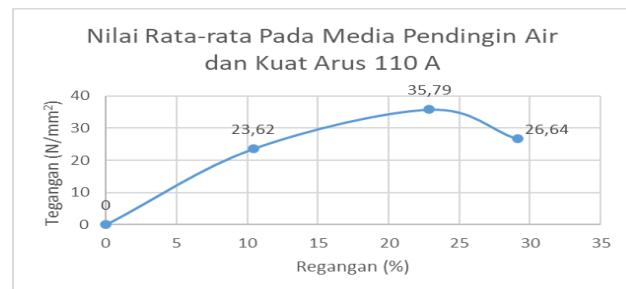


Gambar 11. Grafik Hasil Uji Tarik Raw Material Baja ASTM A36

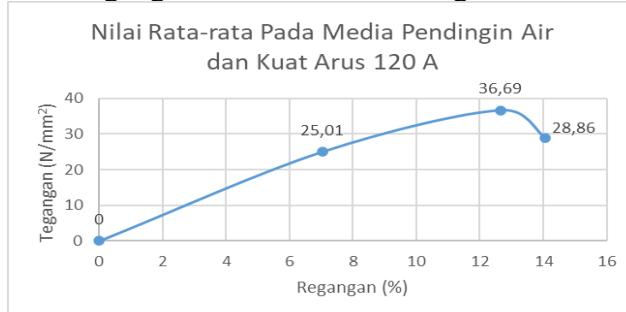
Dari grafik tegangan (kg/mm²) dan regangan (%) diketahui uji tarik raw material memiliki tegangan maksimum 42,4 kg/mm² dan regangan teknik maksimum 31,1 %.



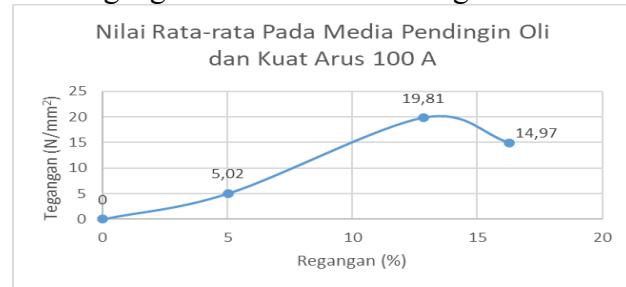
Gambar 12. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Air dan Kuat Arus 100 A



Gambar 13. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Air dan Kuat Arus 110 A



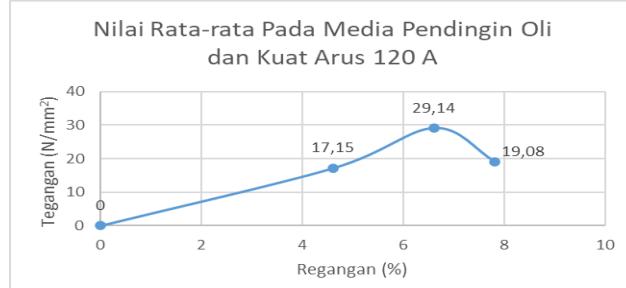
Gambar 14. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Air dan Kuat Arus 120 A



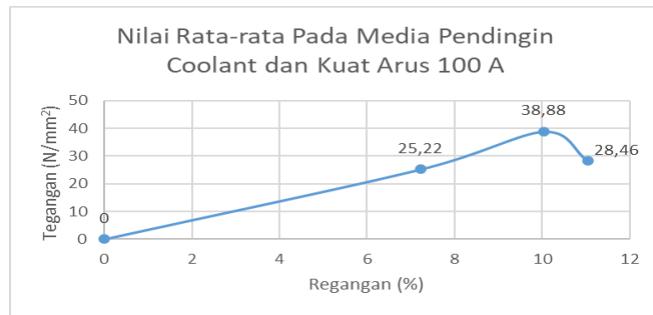
Gambar 15. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Oli dan Kuat Arus 100 A



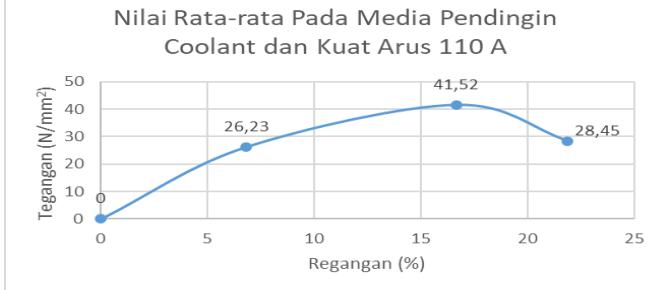
Gambar 16. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Oli dan Kuat Arus 110 A



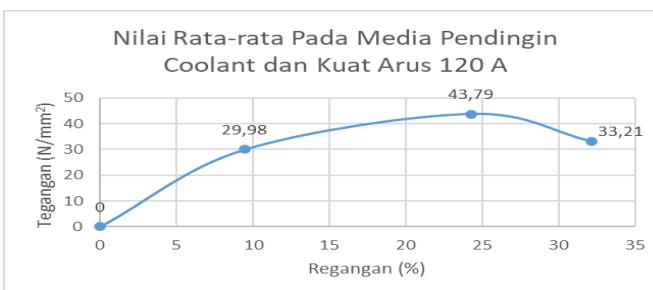
Gambar 17. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Oli dan Kuat Arus 120 A



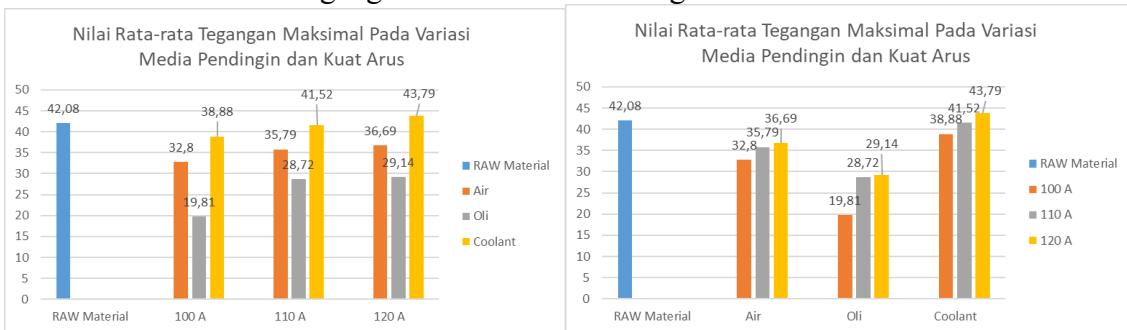
Gambar 18. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Coolant dan Kuat Arus 100 A



Gambar 19. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Coolant dan Kuat Arus 110 A



Gambar 20. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Coolant dan Kuat Arus 120 A



Gambar 21. Grafik Hasil Nilai Rata-Rata Uji Tarik Baja ASTM A36 pada variasi media pendingin dan kuat arus

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat diperoleh sebuah kesimpulan berikut :

1. Dari hasil pengujian NDT *Liquid Penetran* disimpulkan bahwa sambungan las terbaik dihasilkan pada plat baja ASTM A36 dengan media pendingin Coolant pada kuat arus 120A didapatkan hasil sedikit cacat undercut ditandai tergerusnya pinggi jalur las berbentuk coakan yang disebabkan penggunaan ampere tinggi diiringi dengan gerakan *travel speed* pengelasan yang cepat.

2. Dari hasil pengujian kekerasan dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan nilai kekerasan di weld metal dibandingkan daerah lainnya. Dari hasil pengujian menunjukkan pada media pendingin coolant dengan kuat arus 120A menunjukkan nilai kekerasan paling tinggi sebesar 87 HRB. Hal ini dikarenakan daerah weld metal langsung menerima panas serta peleburan elektroda karena penetrasi yang diperoleh dari kuat arus berdampak pada daerah isian logam, sedangkan untuk media pendingin coolant memiliki kekerasan yang baik karena mengandung zat etilen glikol yang berfungsi menaikkan titik didih dan memiliki titik beku lebih rendah.
3. Dari hasil uji tarik nilai tertinggi yaitu spesimen baja ASTM A36 menggunakan media pendingin coolant dengan kuat arus 120 A memiliki nilai rata-rata tegangan maksimum sebesar 43,37 kg/mm² dan mempunyai nilai regangan sebesar 24,7%. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi arus pengelasan, nilai kekuatan tariknya akan meningkat, dikarenakan kuat arus tinggi maka butiran logam cair yang terbawa semakin kecil dan meningkatkan daya ikatan. sedangkan untuk media pendingin coolant mempunyai kekuatan tarik yang baik disebabkan kandungan zat etilen glikol yang berfungsi menaikkan titik didih serta memiliki titik beku lebih rendah.

Dari kesimpulan diatas terdapat beberapa saran yang disampaikan sebagai berikut:

1. Mengadakan penelitian dengan variasi media pendingin dengan bahan yang berbeda dan variasi kuat arus dengan arus yang berbeda.
2. Material baja ASTM A36 ini sebaiknya menggunakan arus 110-120 A dengan media pendingin coolant karena membantu dalam menambah kekerasan dan kekuatan tarik dari material ini.

REFERENSI

- IX, ASME BPVC SEC. (2017). BPVC Section IX-Welding. *Brazing and Fusing Qualifications*.
- Kastanto, R., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2020). Perbandingan Kekuatan Impak, Tarik, dan Mikrografi Sambungan Las MIG dan TIG pada Aluminium 6061 dengan Variasi Media Pendingin Udara dan Air Tawar. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(4), 560-570.
- Khotasa, S. (2016). analisa pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh pada pengelasan smaw terhadap kekuatan impact sambungan butt joint pada plat baja A36. *institut teknologi sepuluh nopember*.
- Maulana, S. (2023). *Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Sifat Mekanik Pengelasan Material Baja Ss400* (Doctoral Dissertation, Universitas Pancasakti Tegal).
- Mizhar, S., & Pandiangan, I. H. (2014). Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dari Pipa Baja Diameter 2, 5 Inchi. *Jurnal Dinamis*, 2(14).
- Munawar, H. M., Gusniar, I. N., & Hanafi, R. (2023). Pengaruh Jenis Elektroda Las Smaw Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Micro. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(1), 93-110.
- Purnomo, G. (2020). *Pengaruh Quenching Terhadap Kekerasan Material Baja Jis Sup 9* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Rizky Hidayat, E., & Prasetyo, E. (2019). *Effect Of The Effect Of Composit Al 6061 On Iron Powder With Variation Of Solution Heat Treatment Temperature Through The T6 Heat Treatment Process On Violence And Impact Test* (Doctoral dissertation, Untag 1945 Surabaya).

- Rizky, A. (2020). *Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja Aisi 6135 Yang Mengalami Perlakuan Panas* (Doctoral dissertation).
- Wiryosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*, 8.