



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

Achmad Syarif Hidayatullah Saningram, Adi Setyawan, Edi Santoso, S.T., M.T.

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

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: Syarifsaningram@gmail.com

ABSTRAK

Di era globalisasi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi penyambungan logam dengan teknik pengelasan semakin berkembang. Pengelasan adalah proses penyambungan 2 bagian material logam menggunakan energi panas. Dalam penyambungan material logam terdapat hal-hal yang mempengaruhi hasil lasan salah satunya yaitu penyetelan kuat arus pengelasan dimana arus ini berpengaruh pada proses laju pendinginan. 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 Penetrant 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 serta media pendingin coolant yang mengandung zat etilen glikol yang berfungsi menaikkan titik didih dan titik beku lebih rendah.

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

ABSTRACT

In the era of globalization, scientific and technological advances in joining metals using welding techniques are growing. Welding is a process of connecting 2 parts of metal material using heat energy. In joining metal materials there are things that affect the results of the weld, one of which is the setting of the welding current strength where this current affects the cooling rate process. The purpose of this study was to determine the hardness resistance, the magnitude of the mechanical properties and the presence or absence of defects in welded joints of ASTM A36 Steel Materials when given variations in current strength of 100A, 110A, 120A and variations of cooling media SAE 10W-30 oil, collant, and water. The method used is mechanical testing and testing of welding defects. The results obtained in the NDT Liquid Penetrant test for the best welded joints were obtained on the Coolant cooling medium at a

current strength of 120 A where there were only a few undercut defects due to the use of high amperage and fast travel speed movements. From the results of the hardness test, there was an increase in the hardness value in the weld metal area in the coolant cooling media specimen with a current strength of 120 A resulting in 87 HRB because the weld metal area received maximum heat. From the results of the tensile test, the highest tensile strength value was found in the coolant cooling media specimen with a current strength of 120 A with an average maximum stress value of 43.37 kg/mm² and a strain value of 24.7%. This indicates that the greater the welding current, the value of hardness and tensile strength increases and the coolant cooling medium containing ethylene glycol which functions to raise the boiling point and lower freezing point.

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).

Proses pengelasan yang umum digunakan dalam industri yaitu dengan menggunakan pengelasan SMAW. Pengertian pengelasan SMAW adalah sebuah proses menyambungkan logam dengan energi panas dalam mencairkan elektroda serta benda kerja (Munawar, 2023). Energi panas didapatkan karena adanya lompatan ion katoda dan anoda di ujung elektroda serta permukaan material yang akan di las.

Pengaturan kekuatan arus las juga mempengaruhi hasil, jika arus las terlalu tinggi, elektroda cepat meleleh, hasil permukaan las akan lebih luas. 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).

Saridayat, Akhrrudin Akbar, (2021) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik, Bending, dan Kekerasan Pengelasan SMAW Baja ST 41”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses pendinginan las terhadap kuat tarik, defleksi dan kekerasan baja ST41 menggunakan air, coolant dan oli pada pengelasan SMAW. Hasil pengujian tegangan las menunjukkan rata-rata air coolant 182,86 MPa, rata-rata coolant 245,49 MPa, dan rata-rata oil coolant SAE 40 239,84 MPa. Oleh karena itu, nilai terbaik adalah pada refrigeran yang rata-rata sebesar 245,49 MPa.

Bukhari, et al. (2023) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Kuat Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik dengan Metode Double Joint pada Material Baja Carbon”. Tujuannya mengetahui akibat arus las yang tinggi terhadap kuat tarik hasil pengelasan SMAW material baja karbon dengan elektroda E7018. Pada penelitian ini diuji kekuatan arus las dengan varian ampere yang berbeda yaitu 80A, 100A dan 120A. Pada saat melakukan pengelasan material baja karbon dengan elektroda E7018 dengan NDT pada penelitian ini pengujian yang paling sesuai adalah hasil yang diperoleh dari ketiga hasil pengujian yang dilakukan yaitu arus las 120A dengan hasil pengujian tarik 1,2063 kgf/mm².

Syahrul Maulana, (2023) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Sifat Mekanik

Pengelasan Material Baja SS400". Tujuannya adalah mengetahui pengaruh proses pengerasan las dengan air, oli dan coolant pada las MIG terhadap kekuatan tarik, kekuatan tekuk dan kekerasan baja ST400. Hasil uji kekerasan las untuk base metal dengan rata-rata air 178HB, rata-rata coolant 184,67HB dan rata-rata oli SAE 40 182,33HB. Oleh karena itu nilai kekuatan terbaik adalah pada coolant dengan rata-rata 184,67HB.

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 EKSPERIMEN



Gambar 1. Diagram Alir

Mulai penelitian diawali dengan ide untuk melakukan penelitian, berdasarkan uraian yang mendasari, teridentifikasi permasalahan mengenai pengaruh variasi arus listrik dan variasi media pendingin pada las untuk material ASTM A36 terhadap cacat las dan sifat mekanik, serta ditemukan gagasan atau pemikiran yang melakukan penelitian, berdasarkan latar belakang mengenai sifat mekanik dan pengujian cacat las pada

spesimen baja ASTM A36. Pada tahap ini peneliti mengumpulkan referensi berupa literatur atau jurnal dan standar terkait pengujian terhadap baja ASTM A36 yang digunakan untuk acuan menyelesaikan penelitian kali ini. Selain itu dilakukan studi pada penelitian sebelumnya agar dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan penunjang penelitian yang akan dilakukan.

Proses Sintesis Grafena

Sintesis grafena dimulai dengan membakar pita magnesium pada lempeng tembaga di dalam dry ice selama 10 menit. Pembakaran tersebut menghasilkan kerak hitam yang merupakan grafena, diselimuti dengan lapisan MgO. Lapisan MgO dihilangkan dengan cara mencampurnya dengan larutan HCl. Grafena yang sudah terpisah dikeringkan menggunakan furnace. Hasilnya berupa serbuk grafena kering.

Persiapan Bahan

Bahan yang akan digunakan adalah baja ASTM A36, ukuran yang akan 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 Ø 3,2 mm. Berikut tahapan yang dilakukan :

- Pengelasan yang dilakukan pertama kali yaitu tack weld supaya material baja tidak bergerak atau tetap dalam posisi nya.



Gambar 3. Tack weld pada material

- Menghaluskan alur lasan menggunakan gerinda

- Mempersiapkan mesin las dan melakukan pengaturan parameter arus
- Prosesnya dimulai dengan mengelas lapisan pertama. Setelah setiap proses pengelasan, kerak dilakukan dengan palu dan sikat kawat. Kemudian lanjutkan untuk mengelas lapisan 2 dan 3 bersamaan.

Proses Pendinginan

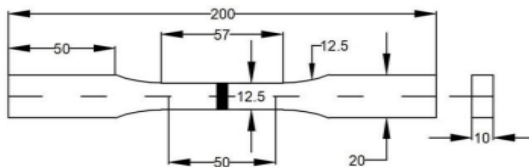
Proses pendinginan ini dilakukan dengan cara pencelupan pada setiap wadah yang berisikan tiga variasi pendingin dengan volume 800 ml yaitu oli SAE 10W 30, Collant, Air. Proses ini dilakukan setelah proses pengelasan pada setiap spesimen. Pada setiap spesimen akan di celupkan pada larutan pendingin sekitar 1 menit.



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. Untuk proses pengujian tarik itu sendiri menggunakan tensile test, pada pengujian kekerasan akan menggunakan mesin rockwell. Sedangkan pengujian cacat las pada penelitian kali ini menggunakan pengujian NDT (Non Destructive Test) dengan menggunakan metode berupa magnetic.

Pengujian Non Destructive Testing Liquid Penetrant

Setelah dilakukan pengelasan dan pendinginan maka tahap berikut yaitu pengeujian NDT liquid penetrant. Pengujian NDT Liquid Penetrant dilakukan di laboratorium Robutech pada penelitian ini menggunakan standar pengujian American Welding Society (AWS), dengan ukuran material 220mm x 110mm. Berikut Langkah – langkah pengujian NDT Liquid Penetrant:

- Langkah pertama yaitu pembersihan material atau benda yang akan diuji, pada langkah ini bertujuan agar kotoran sisa pengelasan dan debu yang menempel pada benda uji hilang, material dibersihkan dengan cara disemprotkan cleaner penetrant kemudian dibersihkan menggunakan selembar kain sampai bersih.
- Langkah kedua yaitu penyemprotan liquid penetrant pada material yang sudah dibersihkan dengan menggunakan cairan cleaner penetrant, liquid penetrant disemprotkan merata pada permukaan material kemudian tunggu sekitar 10 menit (dwell time). Dwell time bertujuan agar warna merah penetrant punya waktu untuk meresap pada permukaan material yang cacat.
- Langkah ketiga setelah menunggu dwell time, kemudian permukaan material dibersihkan menggunakan kain dan cairan cleaner penetrant dengan teknik pembersihan satu arah.
- Langkah terakhir yaitu cairan developer penetrant yang sudah dikocok disemprotkan merata pada permukaan material kemudian diamkan sebentar, setelah itu cacat permukaan pada material dapat dideteksi dengan cara melihat cairan penetrant yang muncul pada permukaan material. Cairan developer memiliki fungsi yang dapat membuat cairan penetrant yang terdapat pada lubang cacat las akan tertarik keatas sehingga terdapat bercak merah

yang menandai adanya cacat las pada permukaan maerial uji.



Gambar 6. Proses Pengujian NDT Liquid Penetrant

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. Pada pengujian Rokcwell ini dilakukan pada Institut Teknologi Malang. Berikut langkah – langkah prosesnya :

- Mempersiapkan alat dan bahan pengujian.
- Bagian bawah las di ratakan agar bidang permukaannya sejajar.
- Menyiapkan dan melakukan pengecekan pada alat Uji Rockwell.
- Menempatkan spesimen pada stand alat.
- Menurunkan indentor pada spesimen uji dengan memberi beban uji 100kgf.
- Tekan permukaan spesimen.
- Alat uji menunjukkan nilai kekerasan.
- Catat nilai kekerasan tersebut, kemudian lakukan hal yang sama pada uji berikutnya.



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.

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. Berikut langkah – langkah uji tarik :

- Setting mesin secara keseluruhan.
- menyiapkan dan dilakukan pemasangan kertas milimeterblock dan bulpen pada mesin.
- mencatat dimensi dari spesimen dari spesimen sesuai dengan gambar standar spesimen pengujian.
- Memperkirakan beban tertinggi yang diberikan sebagai beban luar (hal ini dilakukan oleh asisten lab)
- Memepersiapkan mesin uji tarik.
- Pasang spesimen pada crosshead.
- Catat besar beban yield, ultimate, dan patah yang terjadi.
- Mengukur dan memasukkan data diameter bagian putus dan panjang spesimen yang telah putus.



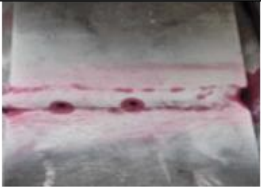



Gambar 8. Mesin Uji Tarik





HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil NDT Penetrant Test

Material Baja ASTM A36 yang telah melalui proses pengelasan dan proses pendinginan dengan berbagai variasi kuat arus dan media pendingin maka dilakukannya pengujian NDT Penetrant Test pada sambungan las plat baja ASTM A36 dilakukan untuk memperoleh informasi adanya cacat pada sambungan las.

Tabel 1. Hasil NDT Penetrant Test

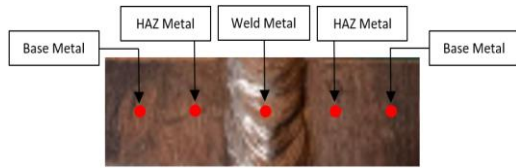
Media Pendingin	Kuat Arus	Hasil NDT Penetrant Test
Oli SAE 10W 30	100 A	 <p>Keterangan : Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Oli SAE 10W 30 pada kuat arus 100 Ampere didapatkan hasil terdapat cacat las porosity yang ditandai dengan adanya lubang lubang kecil pada 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	 <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>
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	 <p>Keterangan : Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin Coolant pada kuat arus 110 Ampere didapatkan</p>

Air	120 A	<p>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.</p>  <p>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.</p>
	110 A	 <p>Keterangan : Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin air 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 diiringi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.</p>
	110 A	 <p>Keterangan : Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin air 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. 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.</p>
	120 A	 <p>Keterangan : Pada sambungan las plat baja ASTM A36 dengan menggunakan media pendingin air pada kuat arus 120 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 diiringi dengan gerakan travel speed pengelasan yang sangat cepat.</p>

Hasil Uji Kekerasan (Hardness Test)

Material Baja ASTM A36 yang telah dilakukan NDT Penetrant Test selanjutnya akan dilakukan pengujian kekerasan Rockwell untuk mengetahui nilai kekerasan dan dapat menggambarkan kemampuan yang dapat diterima oleh spesimen profil baja. Pada

pengujian ini dilakukan dengan Metode Rockwell sesuai dengan ASTM E-18 di tiga bagian yaitu bagian base metal, HAZ metal, dan Weld metal.



Gambar 9. Titik Indentasi

Nilai Hasil Uji Kekerasan Rockwell Pada Media Pendingin *Coolant*, Air, dan Oli SAE 10W 30 dengan variasi kuat arus 100A, 110A, dan 120A adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Uji Rockwell

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

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

Oli SAE 10W 30

Titik indentasi		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

COOLANT

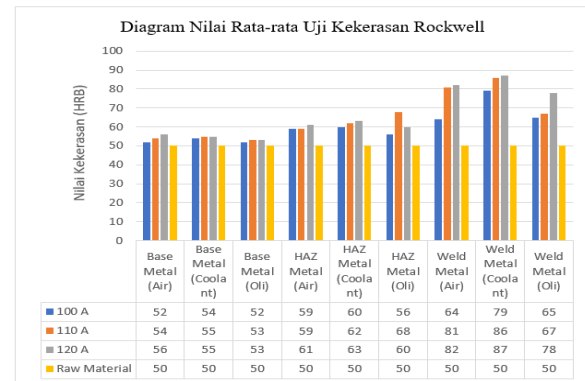
Titik indentasi		100 Ampere	110 Ampere	120 Ampere
Base Metal	Spesimen 1	54.1	54.8	55.1
	Spesimen 2	54	54.9	54.8
	Spesimen 3	53.9	55.3	55.1
Rata-rata		54	54	55
HAZ	Spesimen 1	59.8	61.8	63.2
	Spesimen 2	60	62.1	63.1
	Spesimen 3	60.2	62.1	62.7
Rata-rata		60	62	63
Weld Metal	Spesimen 1	78.8	86.3	86.8
	Spesimen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

AIR

Titik indentasi		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
Rata-rata		59	59	61
Weld Metal	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

Berdasarkan hasil uji kekerasan Rockwell dengan nilai rata-rata pada material baja ASTM A36 dengan media pendingin Air, Coolant, dan Oli SAE 10W 30 dengan variasi kuat arus 100A, 110A, dan 120A, maka

didapatkan hasil keseluruhan pada diagram berikut :



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

Berdasarkan diagram nilai rata-rata kekerasan pada media pendingin air, coolant, dan oli SAE 10W 30 dengan variasi kuat arus 100A, 110A, dan 120A, Dari data tersebut terjadi peningkatan pada daerah weld metal dibandingkan dengan daerah base metal atau logam induk sehingga penggunaan media pendingin dan kuat arus las SMAW berpengaruh terhadap nilai kekerasan material. Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan pada media pendingin coolant dengan kuat arus 120A menunjukkan nilai kekerasan paling tinggi sebesar 87 HRB, berpengaruh pada nilai kekerasan di daerah weld metal dan perlahan menurun nilai kekerasannya pada daerah HAZ sampai daerah base metal. Penyebab nilai kekerasan weld metal paling tinggi adalah daerah weld metal langsung menerima panas secara maksimal dibandingkan daerah HAZ maupun induk serta proses peleburan elektroda karena penetrasi dari kuat arus berdampak pada daerah isian logam yang akan dilas, semakin besar arus maka meningkatkan kekerasan pada daerah weld metal. Sedangkan untuk media pendingin coolant memiliki kekerasan yang lebih baik karena mengandung zat antibeku atau etilen glikol yang berfungsi untuk menaikkan titik didih dan titik beku yang lebih rendah sehingga membuat efek pendinginan cepat dan mempercepat perubahan terbentuknya fasa pada proses ini. Semakin cepat laju pendingin maka kekerasan meningkat.

Hasil Uji Tarik (Tensile Test)

Pada pengujian tarik ini menggunakan 28 spesimen berdasarkan variasi suhu media pendingin dan variasi kuat arus pengelasan. Pengujian tarik bertujuan mendapatkan sifat mekanis dari bahan uji baja ASTM A36. Hasil pengujian tarik ini didapatkan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) serta kekuatan luluh (*Yield Strength*). Keuletan bahan diperoleh dengan persentase perpanjangan dari persentase kontraksi atau reduksi penampang (*Reduction Of Area*). Data hasil pengujian tarik pada sambungan las adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Spesifikasi Material

Material	Perlakuan	Tebal	Panjang	Lebar
Plat ASTMA36	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, L ₀ (mm)	83	83
2	Panjang Akhir, L _f (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 (A₀)

$$A_0 = x \times t$$

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

- Tegangan dan Regangan Teknik

$$L_{yield} = L_0 + \Delta L_{yield}$$

$$= 83 + 12,5 = 95,5 \text{ mm}$$

$$L_{max} = L_0 + \Delta L_{max}$$

$$= 83 + 26,5 = 109,5 \text{ mm}$$

$$L_{putus} = L_0 + \Delta L_{putus}$$

$$= 83 + 36 = 119 \text{ mm}$$

- Tegangan

$$\sigma_{(y)} = \frac{P_y}{A_0} = \frac{4844,5 \text{ kg}}{125 \text{ mm}^2} = 38,75 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{(u)} = \frac{P_{(max)}}{A_0} = \frac{5300 \text{ kg}}{125 \text{ mm}^2} = 42,4 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{(pts)} = \frac{P_{(pts)}}{A_0} = \frac{4920,5 \text{ kg}}{125 \text{ mm}^2} = 39,36 \text{ Kg/mm}^2$$

- Regangan

$$\epsilon_{yield} = \frac{L_y - L_0}{L_0} \times 100\%$$

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

$$\epsilon_{max} = \frac{L_{max} - L_0}{L_0} \times 100\%$$

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

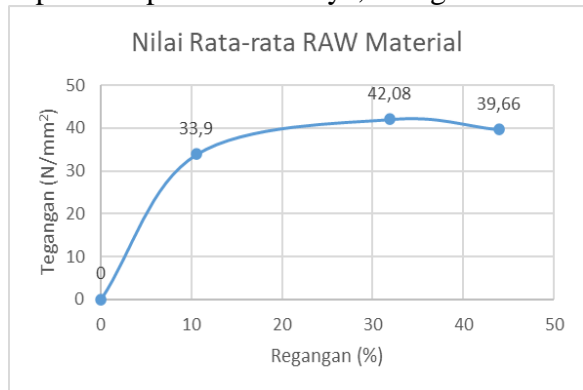
$$\epsilon_{putus} = \frac{L_{pts} - L_0}{L_0} \times 100\%$$

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

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 :

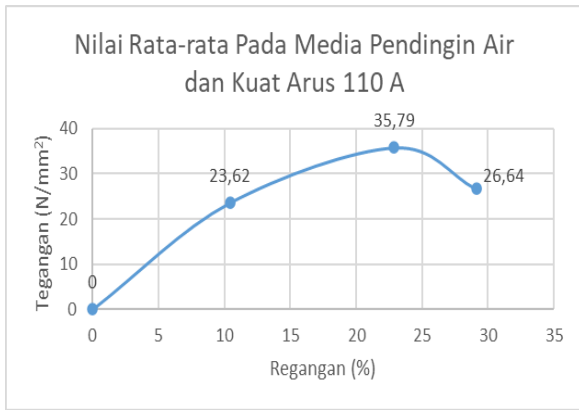


Gambar 11. Grafik Hasil Uji Tarik Raw Material Baja ASTM A36

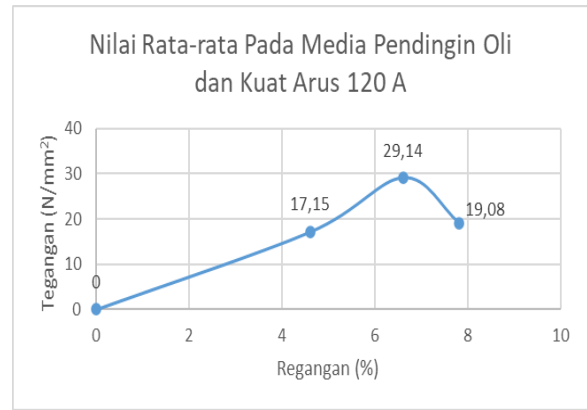
Dari grafik tegangan (kg/mm²) dan regangan (%) diketahui uji tarik raw material memiliki tegangan maksimum 42,4 kg/mm² dan regangan teknik maksimum 31,1 %.



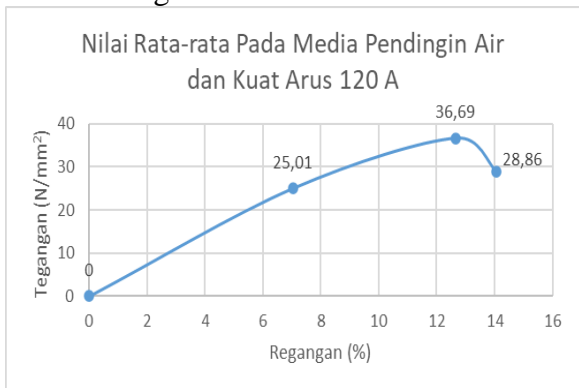
Gambar 12. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Air dan Kuat Arus 100 A



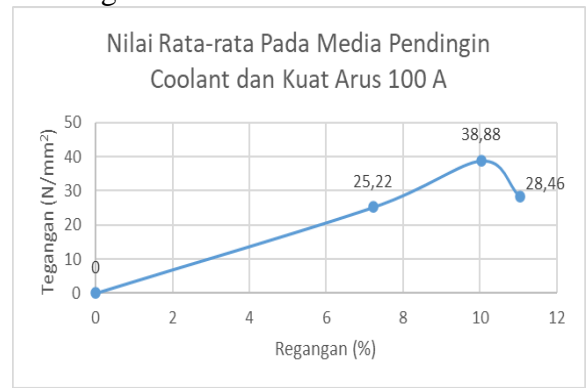
Gambar 13. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Air dan Kuat Arus 110 A



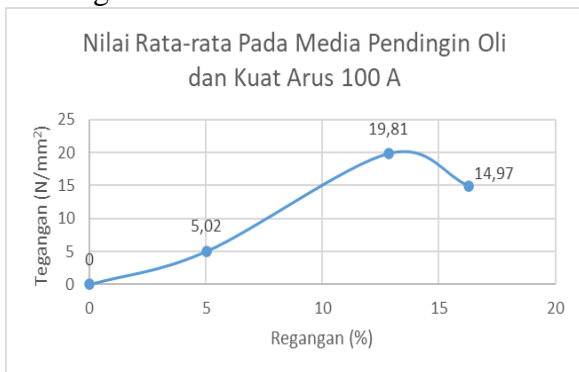
Gambar 17. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Oli dan Kuat Arus 120 A



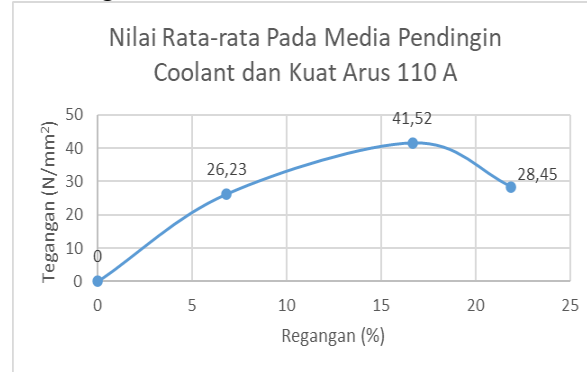
Gambar 14. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Air dan Kuat Arus 120 A



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



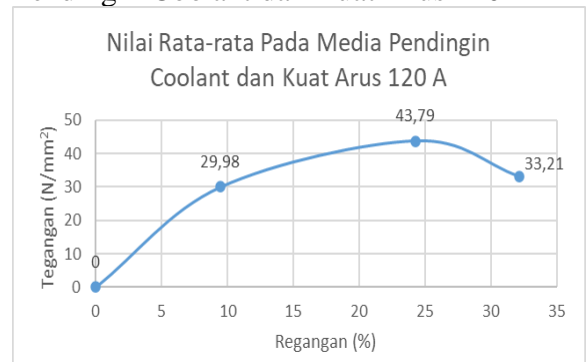
Gambar 15. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Oli dan Kuat Arus 100 A



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



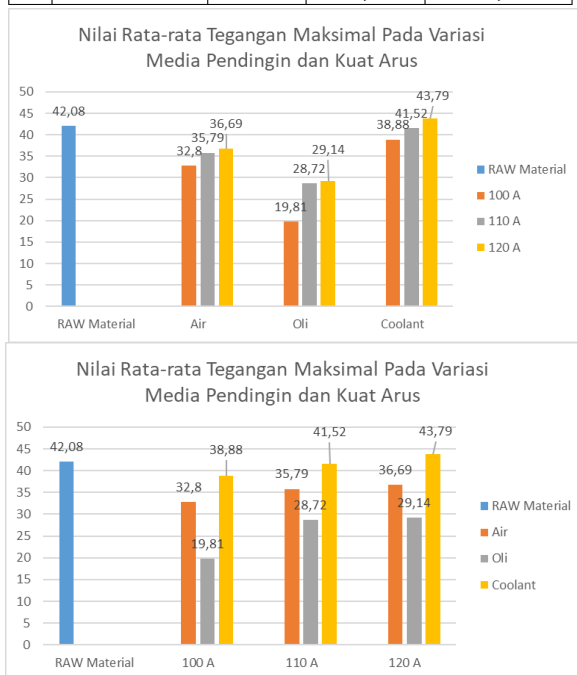
Gambar 16. Grafik Tegangan Pada Media Pendingin Oli dan Kuat Arus 110 A



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

Tabel 6. Data Hasil Perhitungan Keseluruhan Nilai Rata-rata Tegangan dan Regangan

No	Perlakuan	Keterangan	Nilai Rata - rata	
			Tegangan (kg/mm ²)	Regangan (%)
1	Raw Material	Luluh	33,9	10,54
		Maksimum	42,08	31,91
		Putus	39,66	43,97
2	Media Pendingin : Air Kuat Arus : 100 A	Luluh	24,62	5,82
		Maksimum	32,8	13,05
		Putus	26,64	14,26
3	Media Pendingin : Air Kuat Arus : 110 A	Luluh	23,62	10,44
		Maksimum	35,79	22,89
		Putus	26,64	29,12
4	Media Pendingin : Air Kuat Arus : 120 A	Luluh	25,01	7,03
		Maksimum	36,69	12,65
		Putus	28,86	14,06
5	Media Pendingin : Oli 10W 30 Kuat Arus : 100 A	Luluh	13,52	5,02
		Maksimum	19,81	12,85
		Putus	14,97	16,27
6	Media Pendingin : Oli 10W 30 Kuat Arus : 110 A	Luluh	15,44	4,52
		Maksimum	28,72	5,42
		Putus	18,16	6,63
7	Media Pendingin : Oli 10W 30 Kuat Arus : 120 A	Luluh	17,15	4,61
		Maksimum	29,14	6,61
		Putus	19,08	7,82
8	Media Pendingin : Coolant Kuat Arus : 100 A	Luluh	25,22	7,22
		Maksimum	38,88	10,03
		Putus	28,46	11,04
9	Media Pendingin : Coolant Kuat Arus : 110 A	Luluh	26,23	6,83
		Maksimum	41,52	16,67
		Putus	28,45	21,89
10	Media Pendingin : Coolant Kuat Arus : 120 A	Luluh	29,98	9,48
		Maksimum	43,79	24,3
		Putus	33,21	32,13



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

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa penggunaan media pendingin dan kuat arus berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada material. Pada data tersebut diketahui nilai kekuatan tarik tertinggi didapat oleh spesimen baja ASTM A36 menggunakan media pendingin coolant dengan kuat arus 120A yang menghasilkan nilai rata-rata

tegangan maksimum 43,37 kg/mm² dan mempunyai nilai regangan 24,7%. sedangkan nilai terendah didapatkan pada spesimen baja ASTM A36 menggunakan media pendingin oli dengan kuat arus 100A yang menghasilkan nilai rata-rata tegangan maksimum 19,81 kg/mm² dan mempunyai nilai regangan 12,85%. Hal ini menunjukkan bahwa coolant cukup berperan sebagai media pendingin yang dapat meningkatkan kekuatan tarik walaupun pada arus pengelasan yang tinggi. Semakin kecil arus pengelasan maka semakin kecil juga nilai kekuatan tariknya, hal tersebut dikarenakan selama proses pengelasan arus yang dihasilkan terlalu kecil untuk logam cair keluar dari elektroda, pada level arus lebih rendah, butir logam cair yang terbawa arus listrik lebih banyak, sehingga terjadi penurunan kekuatan ikatan.

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 menggunakan media pendingin Coolant pada kuat arus 120A didapatkan hasil dimana hanya terdapat sedikit cacat undercut yang 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, sehingga penggunaan media pendingin dan kuat arus las SMAW berpengaruh terhadap nilai kekerasan material. 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 yang maksimal dibandingkan daerah HAZ dan Base metal 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 sehingga efek pendinginan dan perubahan fasa yang terbentuk akan cepat sehingga dapat memperbaiki tingkat kekerasan.

3. Dari hasil uji tarik dapat disimpulkan bahwa penggunaan media pendingin dan kuat arus las sangat berpengaruh pada kekuatan 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 yang menyebabkan peningkatan 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 sehingga efek pendinginan dan perubahan fasa yang terbentuk akan cepat sehingga dapat memperbaiki tingkat kekerasan.

Dari kesimpulan diatas terdapat beberapa saran yang disampaikan sebagai berikut:

1. Diperoleh pengaruh variasi media pendingin dan kuat arus untuk kekerasan dan kekuatan tarik pada logam maka disarankan mengadakan penelitian dengan variasi media pendingin dengan bahan yang berbeda dan variasi kuat arus dengan arus yang berbeda.
2. Dari hasil penelitian ini maka pengelasan khususnya dengan material baja ASTM A36 ini sebaiknya menggunakan arus 110-120 A dengan media pendingin coolant karena sangat membantu dalam

menambah kekerasan dan kekuatan tarik dari material ini.

REFERENSI

- Aditia, Nurdin, & Adi, S. I. (2019). Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan Variasi Arus pada Proses Pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 1–4.
- Agus Firmansyah, V., Edy Purwanto, R., Teknik Mesin, J., Negeri Malang, P., & Timur, J. (2018). Pengaruh Variasi Arus Listrik dan Temperatur Reheating Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja ASTM A36 Terhadap Kekuatan T. *Seminar Nasional Teknologi Terapan (Mesin)*, 4(1), 65–68. <https://prosiding.polinema.ac.id/sngbr/index.php/sntt/article/view/127>
- Arifin, J., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2017). Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan. *Momentum*, 13(1), 27–31.
- Deni Setiawan, Holili, & Supardi. (2020). *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945*. 3(1), 1–5.
- Duniawan, A. (2015). Pengaruh Gerak Elektroda dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja SSC 41. *Jurnal Teknologi*, Volume 8 Nomor 2, Desember 2015, 128–134.
- Hamdani, Jufriadi, Ariefin, Saputra, E., & Ghiffari, M. (1967). Pengaruh Pengelasan dan Media Quenching Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Material ASTM A 36. *Jurnal Teknologi*, 21(69), 5–24. <http://e-jurnal.pnl.ac.id/teknologi/article/view/2430>
- Haryadi, G. D. (2007). Analisa Kerusakan Hasil Pengelasan Bawah Air Pada Lambung Kapal Dengan Bahan Elektroda Rb 26 Terseloti. *Analisa Kerusakan Hasil Pengelasan Bawah Air Pada Lambung Kapal Dengan Bahan Elektroda Rb 26 Terseloti*, 9(1), 31–41.
- Laksono, W. A. S., Solichin, S., & Yoto, Y. (2017). Analisis Kekuatan Tarik

- Aluminium 5083 Hasil Pengelasan Gmaw Posisi 1G Dengan Variasi Kuat Arus Dan Debit Aliran Gas Pelindung. *Teknologi Dan Kejuruan: Jurnal Teknologi, Kejuruan, Dan Pengajarannya*, 40(1), 21–30. <https://doi.org/10.17977/um031v40i12017p021>
- Prabowo, S., & Sunyoto. (2021). Analisis Kekuatan Tarik Baja St 41 Pengelasan Gesek. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(6), 18–25.
- Soleh, A. A., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2017). Analisa pengaruh kuat arus terhadap struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik pada baja karbon rendah dengan las smaw menggunakan jenis elektroda e7016. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 1(2), 29–35.
- Submitted, T., Id, S., Count, W., & Count, C. (2020). by Ainur Rofiq, Septi Angga Wahyu S.,
- Surdia, T., & Saito, S. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik*.
- Syaripuddin, S., Basori, I., & Putra, Y. M. (2014). Pengaruh Jenis Kampuh Las Terhadap Kekuatan Tarik Baja Paduan Rendah (Astm a36) Menggunakan Las Smaw. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 1(2), 94–97. <https://doi.org/10.21009/jkem.1.2.5>
- Wiriyosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*, 8.