

UJI KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS SMAW PADA BAJA ASTM A36 DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN AIR, OLI SAE 10W-40 DAN UDARA

Tiara Amandita Putri *¹
Akmal Indra ²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri
Bengkalis, Indonesia

*e-mail: tiaraputri12092002@gmail.com ¹

Abstrak

Pengelasan merupakan salah satu proses penting dalam industri manufaktur. Salah satu faktor yang memengaruhi kualitas hasil pengelasan adalah media pendingin yang digunakan setelah proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan media pendingin terhadap kekuatan tarik sambungan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) pada baja ASTM A36. Tiga jenis media pendingin yang digunakan adalah udara, air dengan pH 6,5–8,5, dan oli SAE 10W-40. Proses pengelasan dilakukan menggunakan kampuh I dengan sambungan butt joint pada posisi 1G, menggunakan elektroda E7018 berdiameter 3,2 mm dan arus 100 A. Pengujian tarik dilakukan sesuai dengan standar ASTM E8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen yang didinginkan menggunakan oli SAE 10W-40 menghasilkan rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 574,9974 mega pascal dan rata-rata pertambahan panjang (elongation) tertinggi sebesar 38,73%. Pendinginan menggunakan air menghasilkan rata-rata kekuatan tarik sebesar 566,5932 megapascal dan pertambahan panjang maksimum sebesar 28,27%. Sementara itu, pendinginan menggunakan udara menghasilkan rata-rata kekuatan tarik terendah sebesar 545,5592 megapascal dan pertambahan panjang sebesar 30%. Modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada pendinginan menggunakan air sebesar 2051,55 megapascal, diikuti oleh udara sebesar 2048,60 megapascal, dan terendah pada oli sebesar 1493,83 megapascal. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa variasi media pendingin memengaruhi kekuatan tarik sambungan las. Pendinginan dengan oli SAE 10W-40 memberikan hasil paling optimal, menghasilkan kekuatan tarik tertinggi dan keuletan yang baik. Oleh karena itu, oli SAE 10W-40 direkomendasikan sebagai media pendingin terbaik untuk proses pengelasan SMAW pada baja ASTM A36, khususnya pada aplikasi lambung kapal.

Kata kunci: SMAW, Baja ASTM A36, media pendingin, kekuatan tarik, kampuh I, butt joint, lambung kapal.

Abstract

Welding is one of the essential processes in the manufacturing industry. One of the factors that affects the quality of welding results is the cooling medium used after the welding process. This study aims to determine the effect of different cooling media on the tensile strength of SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) welded joints on ASTM A36 steel. Three types of cooling media were used air, water with a pH of 6.5–8.5 and SAE 10W-40 oil. The welding process was carried out using an I-groove with a butt joint in the 1G position, using an E7018 electrode with a diameter of 3.2 mm and a current of 100 A. The tensile tests were conducted according to the ASTM E8 standard. The results showed that the specimens cooled with SAE 10W-40 oil produced the highest average tensile strength of 574.9974 Mega pascal and the highest average elongation of 38.73%. Cooling with water resulted in an average tensile strength of 566.5932 Mega pascal and a maximum elongation of 28.27%. Meanwhile, cooling with air resulted in the lowest average tensile strength of 545.5592 Mega pascal and an elongation of 30%. The highest modulus of elasticity was obtained from water cooling at 2051.55 Mega pascal, followed by air at 2048.60 Mega pascal, and the lowest was from oil at 1493.83 Mega pascal. Based on these results, it can be concluded that the variation of cooling media affects the tensile strength of welded joints. Cooling with SAE 10W-40 oil provided the most optimal results, producing the highest tensile strength and good ductility. Therefore, SAE 10W-40 oil is recommended as the best cooling medium for the SMAW welding process on ASTM A36 steel, especially in ship hull applications.

Keywords: SMAW, ASTM A36 Steel, cooling media, tensile strength, I-groove, butt joint, ship hull.

PENDAHULUAN

Pengelasan memiliki peran penting dalam industri manufaktur sebagai salah satu teknik utama untuk menyambung logam. Terdapat berbagai metode salah satunya adalah pengelasan busur listrik (*electric arc welding*). Metode ini memanfaatkan energi listrik sebagai sumber panas untuk melelehkan dan menyatukan logam. Salah satu jenis pengelasan yang menggunakan teknik ini adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Pada proses SMAW, busur listrik terbentuk antara ujung elektroda dan permukaan material, menyebabkan logam induk (*base metal*) meleleh. Elektroda yang digunakan terbuat dari kawat yang dilapisi *flux* pelindung. Saat elektroda meleleh, materialnya bercampur dengan logam induk dan mengeras membentuk jalur las yang solid. Pengelasan merupakan proses penting dalam rekayasa manufaktur dan banyak diterapkan di berbagai sektor industri, seperti konstruksi bangunan, pembuatan mesin, galangan kapal, konstruksi jembatan, rangka kendaraan rel, dan sabuk konveyor.

Dengan penerapannya yang luas di berbagai sektor tersebut, pengelasan menjadi metode utama dalam penyambungan logam. Dalam industri perkapalan, proses penyambungan pelat logam merupakan tahap yang sangat krusial dalam perawatan kapal, terutama pada bagian lambung. Lambung kapal adalah komponen vital yang berhubungan langsung dengan air laut dan sangat rentan terhadap tekanan eksternal seperti gelombang dan beban muatan. Oleh karena itu, kualitas sambungan las pada lambung kapal sangat memengaruhi keselamatan navigasi dan ketahanan jangka panjang kapal. Kerusakan atau kegagalan pada sambungan las dapat menimbulkan konsekuensi fatal terhadap struktur kapal, sebagaimana dibuktikan pada peristiwa tenggelamnya kapal feri KMP Darma Rucitra III di Pelabuhan Padang Bai, Bali, pada 12 Juni 2020. Kapal tersebut mengangkut 35 kendaraan dan 62 penumpang, dan dilaporkan mengalami kebocoran lambung saat bersandar (Tempo.com, 2020). Selain itu, ditemukan ratusan tabung LPG yang tidak terdaftar di kapal tersebut, yang jumlahnya jauh melebihi kapasitas muatan. Kelebihan beban ini meningkatkan tekanan pada sambungan pelat lambung, yang akhirnya menyebabkan kebocoran dan kerusakan lebih lanjut. Peristiwa ini menegaskan betapa pentingnya kualitas pengelasan, khususnya di lingkungan laut yang dinamis dan bertekanan tinggi.

Salah satu faktor penting yang memengaruhi kualitas sambungan las adalah proses pendinginan setelah pengelasan. Laju pendinginan, baik terlalu cepat maupun terlalu lambat, dapat memengaruhi sifat mekanik logam, khususnya kekuatan tariknya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan tarik sambungan las pada baja ASTM A36 yang dilas dengan metode SMAW. Fokus utama penelitian ini adalah menentukan pengaruh perbedaan media pendingin terhadap kekuatan tarik hasil las. Tiga jenis media pendingin akan digunakan dalam pengujian, yaitu udara, air dengan pH 6,5 hingga 8,5 dan oli SAE 10W-40. Setelah proses pengelasan, sambungan akan didinginkan menggunakan masing-masing media tersebut. Ketiga media pendingin ini memiliki laju pendinginan yang berbeda, yang berpotensi memengaruhi kualitas hasil las. Penelitian yang dilakukan oleh Gumelang, D., Kurniawati, D., & Supriyanto, H. (2023) pada baja ST-41 dengan metode SMAW menggunakan standar uji tarik ASTM E8 menunjukkan bahwa sambungan las dengan kampuh V pada posisi 1G (*Down Hand*) mencapai beban tarik tertinggi pada spesimen yang didinginkan dengan oli, yaitu 50,43 MPa, sedangkan spesimen yang didinginkan dengan udara memiliki kekuatan tarik terendah, yaitu 42,36 MPa.

Berdasarkan temuan tersebut, peneliti tertarik untuk menganalisis uji kekuatan tarik pada sambungan las SMAW dengan media pendingin air, oli, dan udara. Penelitian ini akan melakukan pengujian tarik pada sambungan las baja ASTM A36 dengan kampuh I tipe sambungan *butt joint* pada posisi 1G, yang diterapkan pada bagian lambung kapal. Tantangan utama dalam proses ini adalah pendinginan pasca-las. Penggunaan media pendingin yang tidak

tepat dapat menurunkan kualitas sambungan, yang berpotensi menurunkan kekuatan tarik. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk menentukan media pendingin yang paling efektif air, oli, atau udara dalam menjaga sambungan las. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan kualitas pengelasan pada baja ASTM A36, khususnya untuk aplikasi lambung kapal. Hal ini menjadi semakin penting mengingat masih terbatasnya penelitian tentang pengaruh media pendingin terhadap sambungan las *butt joint* baja ASTM A36 dengan kampuh I.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh media pendingin, yaitu air dengan pH 6,5–8,5, oli SAE 10W-40, dan udara, terhadap kekuatan tarik sambungan las pada baja ASTM A36 melalui pengujian tarik. Proses penelitian terdiri dari beberapa tahap, termasuk pembuatan spesimen dan persiapan media pendingin. Setelah proses pengelasan selesai, spesimen akan didinginkan menggunakan masing-masing media pendingin yang telah ditentukan. Selanjutnya, pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik yang dihasilkan oleh setiap metode pendinginan.

Bahan dan Peralatan Pengujian

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini meliputi:

1. Plat baja ASTM A36 dengan ketebalan 8 mm.
2. Elektroda E7018 (diameter 3,2 mm).
3. Oli SAE 10W-40.
4. Air dengan pH 6,5–8,5.
5. Udara.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini meliputi:

1. Mesin las SMAW Miller Gold Star 402.
2. Mesin uji tarik universal.
3. Sarung tangan.
4. Palu slag, penggaris, dan jangka sorong.
5. Mesin gerinda dengan alat potong.
6. Telepon genggam.
7. pH meter air.
8. Mesin frais.

Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Spesimen yang digunakan untuk uji tarik memiliki panjang total 300 mm dan ketebalan 8 mm. Pada kedua ujung spesimen terdapat bagian penjepit (*grip section*) dengan panjang masing-masing 100 mm dan lebar 20 mm. Di antara bagian penjepit dan area pengujian terdapat radius fillet sebesar 12,5 mm yang berfungsi untuk mengurangi konsentrasi tegangan. Sementara itu, bagian tengah spesimen yang menerima beban utama, yang disebut panjang ukur (*gauge length*), memiliki panjang 57 mm.



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik Standar Menurut ASTM E8

HASIL PERHITUNGAN REGANGAN, TEGANGAN, MODUL ELASTISITAS, DAN KEKUATAN TARIK MEDIA PENDINGIN

Pada bagian ini disajikan hasil pengujian tarik yang dilakukan pada sambungan las SMAW yang didinginkan menggunakan air, oli, dan udara. Parameter yang diukur dalam penelitian ini meliputi regangan, tegangan tarik, modulus elastisitas, dan kekuatan tarik maksimum. Perhitungan dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, menggunakan rumus

standar yang mempertimbangkan beban maksimum, perubahan panjang, dan luas penampang awal spesimen.

Perhitungan Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas Media Pendingin Air

A. Sampel 1 air

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{60102,23 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 601,0223 \text{ N/mm}^2 = 601,0223 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 63,34 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 13,4 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{13,4 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,268 \times 100 \% = 26,8 \%$$

4. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{601,0223}{0,268} = 2243,423 \text{ Mpa}$$

5. Kekuatan Tarik

$$\text{UTS} = \frac{P_{\text{Max}}}{A_0} = \frac{60102,23 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 601,0223 \text{ N/mm}^2 = 601,0223 \text{ Mpa}$$

B. Sampel 2 Air

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{53918,70 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 539,187 \text{ N/mm}^2 = 539,187 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 61,8 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 11,8 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{11,8 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,236 \times 100 \% = 23,6\%$$

4. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{539,187}{0,236} = 2284,59 \text{ Mpa}$$

5. Kekuatan Tarik

$$\text{UTS} = \frac{P_{\text{Max}}}{A_0} = \frac{53918,70 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 539,187 \text{ N/mm}^2 = 539,187 \text{ Mpa}$$

C. Sampel 3 Air

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{55957,03 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 559,5703 \text{ N/mm}^2 = 559,5703 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 67,2 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 17,2 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{17,2 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,344 \times 100 \% = 34,4 \%$$

4. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{559,5703}{0,344} = 1.626,65 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas Media Pendingin Udara

A. Sample 1 udara

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{51345,28 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 513.4528 \text{ N/mm}^2 = 513.4528 \text{ Mpa}$$

3. regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 71,75 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 21,75 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{21,75 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,435 \times 100 \% = 43,5 \%$$

4. Modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{513.4528}{0,435} = 1180,35 \text{ Mpa}$$

5. Kekuatan Tarik

$$\text{UTS} = \frac{P_{\text{Max}}}{A_0} = \frac{51345,28 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 513.4528 \text{ N/mm}^2 = 513.4528 \text{ Mpa}$$

B. Sample 2 Udara

1. Luas penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{55823,08 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 558.2308 \text{ N/mm}^2 = 558.2308 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 63,5 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 13,5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{13,5 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,27 \times 100 \% = 27 \%$$

4. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{558.2308}{0,27} = 2067,52 \text{ Mpa}$$

5. Kekuatan Tarik

$$UTS = \frac{P_{Max}}{A_0} = \frac{55823.08N}{100 \text{ mm}^2} = 558.2308 \text{ N/mm}^2 = 558.2308 \text{ Mpa}$$

C. Sample 3 Udara

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{56499.40 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 564,994 \text{ N/mm}^2 = 564,994 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 59,75 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 9,75 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{9,75 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,195 \times 100 \% = 19,5 \%$$

4. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{564,994}{0,195} = 2897.92 \text{ Mpa}$$

5. Kekuatan Tarik

$$UTS = \frac{P_{Max}}{A_0} = \frac{56499.40 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 564,994 \text{ N/mm}^2 = 564,994 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas Media Pendingin Oli SAE 10 W - 40 W

A. Sample 1 Oli SAE 10W-40 W

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{59628.27 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 596.2827 \text{ N/mm}^2 = 596.2827 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 67,75 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 17,75 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{17,75 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,355 \times 100 \% = 35,5 \%$$

4. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{596.2827}{0,355} = 1680,8 \text{ Mpa}$$

5. Kekuatan Tarik

$$UTS = \frac{P_{Max}}{A_0} = \frac{59628.27 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 596.2827 \text{ N/mm}^2 = 596.2827 \text{ Mpa}$$

B. Sample 2 SAE 10W-40 Oil

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{58812.02 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 588.1202 \text{ N/mm}^2 = 588.1202 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 69,75 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 19,75 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{19,75 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,395 \times 100 \% = 39,5 \%$$

4. Modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{588.1202}{0,395} = 1488,11 \text{ Mpa}$$

5. Kekutan Tarik

$$UTS = \frac{P_{Max}}{A_0} = \frac{58812.02 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 588.1202 \text{ N/mm}^2 =$$

588.1202 Mpa

C. Sample 3 Oli SAE 10W-40

1. Luas Penampang

$$A_0 = b \times t = 12,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}^2$$

2. Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{54058.92 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 540.5892 \text{ N/mm}^2 = 540.5892 \text{ Mpa}$$

3. Regangan

$$\Delta L = L_f - L_0 = 70,6 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 20,6 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{20,6 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 100 \% = 0,412 \times 100 \% = 41,2 \%$$

4. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{540.5892}{0,412} = 1312,57 \text{ Mpa}$$

5. Kekuatan Tarik

$$UTS = \frac{P_{Max}}{A_0} = \frac{54058.92 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} = 540.5892 \text{ N/mm}^2 = 540.5892$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

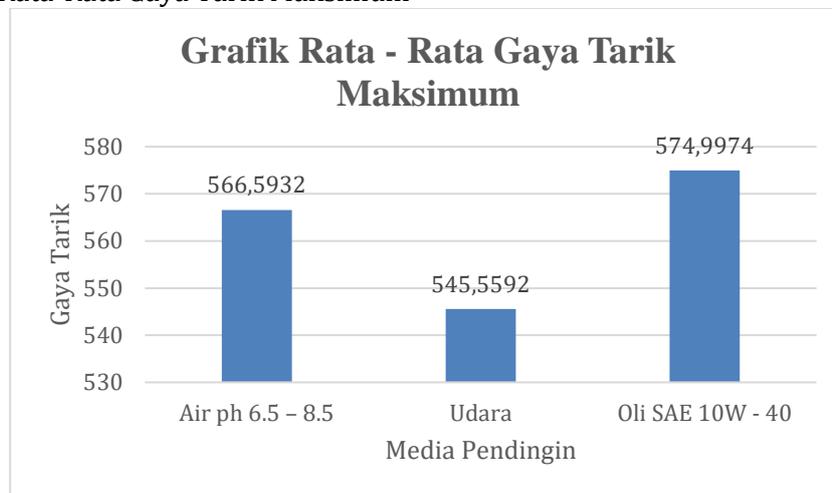
Pengujian tarik dilakukan sesuai dengan standar ASTM E8, yang digunakan untuk menentukan sifat mekanik material, khususnya baja ASTM A36. Melalui proses pengujian ini, diperoleh data mengenai kekuatan tarik spesimen yang telah mengalami proses pendinginan dengan berbagai media. Hasil pengujian tersebut disajikan pada tabel berikut.

Media	Spesimen	Luas Penampang	Panjang Awal	Panjang Akhir	Tegangan Tarik	Regangan
-------	----------	----------------	--------------	---------------	----------------	----------

Pendingin		(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(%)
Air 26,8 % 34,4 % 28,27 %	1	100 mm ²	50 mm	63,34 mm	601,0223 Mpa	
	2	100 mm ²	50 mm	61,8 mm	539,187 Mpa	23,6%
	3	100 mm ²	50 mm	67,2 mm	559,5703 Mpa	
	Rata - Rata					566,5932 Mpa
Udara 43,5 %	1	100 mm ²	50 mm	71,75 mm	513.4528 Mpa	
	2	100 mm ²	50 mm	63,5 mm	558.2308 Mpa	27 %
	3	100 mm ²	50 mm	59,75 mm	564,994 Mpa	19,5 %
	Average					545.5592 MPa
Oli SAE 10 40W 39,5 %	1	100 mm ²	50 mm	67,75 mm	596.2827 Mpa	35,5 %
	2	100 mm ²	50 mm	69,75 mm	588.1202 Mpa	
	3	100 mm ²	50 mm	70,6 mm	540.5892 Mpa	41,2 %
	Average					574,9974 Mpa

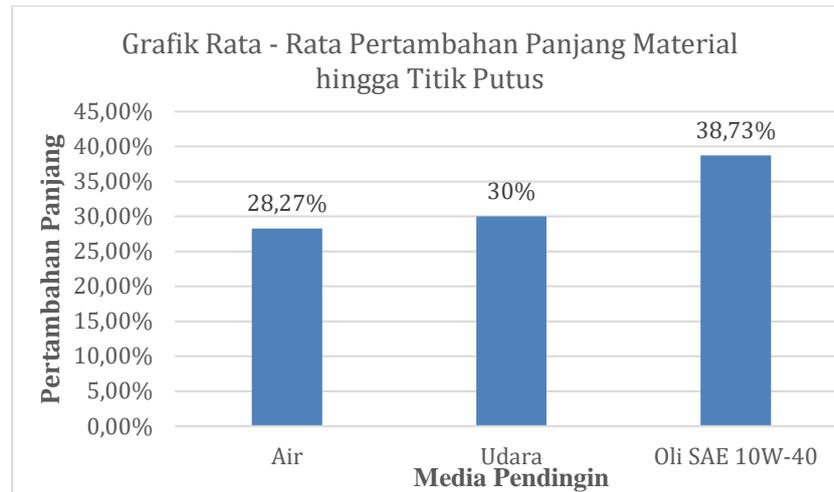
Setelah uji tarik dilakukan, data yang diperoleh akan dianalisis secara mendalam untuk menghitung nilai rata-rata dari setiap parameter yang diukur. Nilai rata-rata ini kemudian akan digunakan sebagai acuan untuk membuat grafik perbandingan di antara berbagai media pendingin.

Gbr. 1. Grafik Rata-Rata Gaya Tarik Maksimum



Grafik yang disajikan menunjukkan bahwa rata-rata kekuatan tarik maksimum untuk oli SAE 10W-40 mencapai nilai tertinggi yaitu 574,9974 MPa. Selanjutnya diikuti oleh pendinginan menggunakan air, yang menunjukkan nilai sebesar 566,5932 MPa, sedangkan pendinginan menggunakan udara mencatat nilai terendah yaitu 545,5592 MPa. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa setiap spesimen memiliki perbedaan dalam kemampuan menahan gaya tarik. Perbedaan ini sangat erat kaitannya dengan jenis media pendingin yang digunakan selama proses pengelasan. Variasi jenis pendingin memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan baja yang dihasilkan.

Gambar 2. Grafik Rata-rata Pertambahan Panjang Material Hingga Putus



Analisis menunjukkan bahwa spesimen yang didinginkan dengan oli SAE 10W-40 memiliki rata-rata pertambahan panjang tertinggi, yaitu sebesar 38,73%. Pendinginan dengan udara berada di urutan kedua dengan nilai 30%, sedangkan air menempati posisi terendah sebesar 28,27%. Nilai regangan yang rendah pada spesimen yang didinginkan menggunakan air dikaitkan dengan laju pendinginan yang sangat cepat setelah pengelasan, sehingga menyebabkan material menjadi lebih getas dan kehilangan beberapa sifat mekaniknya. Temuan ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Tarigan et al. (2023) berjudul "*Analisis Kekuatan Tarik pada Material ST.37 dengan Pengelasan SMAW Variasi Pendinginan Oli SAE 10 dan Air*". Penelitian tersebut menemukan bahwa penggunaan oli sebagai media pendingin menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 365,15 N/mm², melampaui pendinginan udara sebesar 347,75 N/mm² dan kondisi tanpa pendinginan sebesar 343,35 N/mm². Hasil ini memperkuat hipotesis bahwa media pendingin, khususnya oli, memiliki peran penting dalam meningkatkan kekuatan tarik.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul "*Uji Kekuatan Tarik Sambungan Las SMAW pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Media Pendingin Air, Oli SAE 10W-40, dan Udara*", dapat disimpulkan bahwa jenis media pendingin berpengaruh terhadap kekuatan tarik sambungan las. Pendinginan menggunakan oli SAE 10W-40 menghasilkan rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 574,9974 megapascal, diikuti oleh air sebesar 566,5932 megapascal, dan udara sebesar 545,5592 megapascal. Beban tarik maksimum (F_{las}) juga tertinggi pada spesimen yang didinginkan dengan oli sebesar 57.499,74 N, diikuti oleh air 56.659,32 N, dan udara 54.555,92 N. Perbedaan ini disebabkan oleh pengaruh laju pendinginan terhadap pembentukan struktur mikro. Oli, dengan laju pendinginan sedang, membentuk struktur ferit-perlit halus yang kuat dan seimbang. Air, dengan laju pendinginan cepat, menghasilkan struktur martensit yang keras namun getas. Sementara itu, udara, dengan laju pendinginan lambat, membentuk struktur ferit-perlit kasar yang lebih lunak dan lemah. Selain itu, media pendingin juga memengaruhi keuletan sambungan las. Rata-rata pertambahan panjang (*elongation*) tertinggi diperoleh pada spesimen yang didinginkan dengan oli SAE 10W-40 sebesar 38,73%, diikuti oleh udara 30% dan air 28,27%. Modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada pendinginan menggunakan air sebesar 2051,55 megapascal, diikuti oleh udara 2048,60 megapascal, dan terendah pada oli sebesar 1493,83 megapascal. Hal ini menunjukkan bahwa pendinginan dengan air dan udara menghasilkan material yang lebih kaku, sedangkan oli menghasilkan sifat yang lebih elastis. Sifat elastis ini mendukung terjadinya deformasi plastis yang lebih besar sebelum patah, sehingga oli SAE 10W-40 direkomendasikan sebagai media pendingin terbaik untuk meningkatkan kekuatan tarik dan keuletan sambungan las SMAW pada baja ASTM A36. Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa rekomendasi dapat diberikan. Pertama, pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menyertakan proses *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) guna memberikan perbandingan yang

lebih jelas mengenai sifat material antara spesimen yang mendapatkan perlakuan panas pasca-las dan yang tidak. Kedua, disarankan agar pengujian tarik dilakukan setelah melalui pengujian uji ultrasonik dan uji penetrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Didit yantony, S.S.T.,M.Pd dan Simon parekke,S.T.,M.T(2023) Buku Ajar Teknologi pengelasan logam PT Nasya Expanding Managemen,Jl.Raya Pakalongan,Jawa Tengah 51158.
- Gumelang, D., Kurniawati, D., & Supriyanto, H. (2023). Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekutan Tarik Pengelasan Smaw Baja St41. *TURBINE Journal Technology Urgency Breaktrugh in Engineering*, 2(1), 22-27.
- Kurniawan, H., Santosa, A. W. B., & Budiarto, U. (2020). Pengaruh Media Pendingin Air Tawar, Air Coolant, dan Udara Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Sambungan Las MIG (Metal Inert Gas) dan MAG (Metal Active Gas) Aluminium 6061. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(4), 579-587.
- Kurniawan Susanta,Khusni Syauqi.(2023) Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Pusat Perbukuan Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan.
- Munawar, H. M., Gusniar, I. N., & Anjani, R. D. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Media Pendingin Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(22), 481-488.
- Niam, M. S., Mashudi, M., & Dika, J. W. (2021). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Oli Bekas dan Coolant Engine Terhadap Uji Tarik Pada Sambungan Las Baja ST37. *Journal of Science Nusantara*, 1(1), 65-76.
- Tarigan, E., Sebayang, A., Tarigan, L., Surbakti, B., & Tarigan, P. (2023). Analysis of tensile strength on ST. 37 material with SMAW welding variations of SAE 10 oil and water cooling. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 2(4), 20-24.
- ZULKIFLI, Z., Dahlan, B., & Fatimah, N. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Mekanik Pada Hasil Pengelasan Metode Smaw Material Baja St 52. *Journal of Welding Technology*, 1(2), 48-51.