

Pengaruh Media Pendingin Terhadap Uji Tarik Dan Uji Tekan Hasil Pengelasan SMAW Dengan Baja ST41

Iqbal Fathur Rahman^{1*}, Mokh. Hairul Bahri², Asroful Abidin³

1 Universitas Muhammadiyah Jember; email : iqbaliqbalfathurrahman@gmail.com

2 Universitas Muhammadiyah Jember; email : mhairulbahri@unmuhjember.ac.id

3 Universitas Muhammadiyah Jember; email : asrofulabidin@unmuhjember.ac.id

* Penulis Korespondensi : Iqbal Fathur Rahman

Abstract: *Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is widely used in manufacturing and construction, but the quality of the weld joint is affected by the post-welding cooling process. This study aims to analyze the effect of varying coolant media on the tensile and compressive strength of ST 41 steel welds. The experimental method used three coolant media: ice water, coolant (radiator water), and coconut water, using E6013 electrodes, 110 A current, 1G position, and a 60° V-bevel. The test results showed that the coolant produced the best mechanical properties, with a maximum tensile strength of 83.481 MPa and a compressive strength of 56.722 MPa, compared to ice water and coconut water. Therefore, the coolant is recommended as the most effective coolant for improving the quality of ST 41 steel weld joints.*

Keywords: SMAW; ST 41 Steel; Coolant Media; Tensile Test; Compressive Test; Mechanical Properties.

Abstrak: Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) banyak digunakan pada bidang manufaktur dan konstruksi, namun kualitas sambungan las dipengaruhi oleh proses pendinginan setelah pengelasan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik dan tekan hasil pengelasan baja ST 41. Metode eksperimen dilakukan menggunakan tiga media pendingin, yaitu air es, coolant (air radiator), dan air kelapa, dengan elektroda E6013, arus 110 A, posisi 1G, dan kampuh V 60°. Hasil pengujian menunjukkan bahwa coolant menghasilkan sifat mekanik terbaik dengan kekuatan tarik maksimum 83,481 MPa dan kekuatan tekan 56,722 MPa, dibandingkan air es dan air kelapa. Oleh karena itu, coolant direkomendasikan sebagai media pendingin paling efektif untuk meningkatkan kualitas sambungan las baja ST 41.

Kata kunci: SMAW; Baja ST 41; Media Pendingin; Uji Tarik; Uji Tekan; Sifat Mekanik.

1. Pendahuluan

Kemajuan pesat dalam industri manufaktur dan konstruksi secara berkelanjutan menuntut peningkatan mutu sambungan logam, terutama dalam hal kekuatan, keandalan, dan daya tahan. Pengelasan merupakan salah satu teknologi penyambungan utama yang memegang peranan krusial dalam memenuhi tuntutan tersebut. Di antara berbagai metode yang ada, pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) atau las busur manual tetap menjadi pilihan yang dominan dalam banyak aplikasi, baik di bengkel kecil maupun proyek skala besar. Kepopuleran metode ini ditunjang oleh peralatan yang relatif sederhana, fleksibilitas pengoperasian di berbagai posisi, serta kemampuannya untuk menyambung berbagai jenis logam ferrous. Baja karbon rendah ST 41, dengan karakteristik kemampuan las yang baik, kekuatan tarik yang memadai, dan biaya yang ekonomis, seringkali menjadi material pilihan dalam aplikasi struktur seperti rangka bangunan, badan kendaraan, dan komponen mesin.

Namun, pencapaian kualitas sambungan las yang optimal tidak hanya berhenti pada pemilihan metode dan material. Proses pengelasan melibatkan siklus termal ekstrem, di mana logam dasar dan logam las mengalami pemanasan hingga titik lebur diikuti dengan pendinginan. Fase pendinginan inilah yang menjadi faktor penentu kritis, karena secara langsung mempengaruhi transformasi fasa dan struktur mikro pada daerah lasan (HAZ). Pendinginan yang terlalu cepat, misalnya, dapat menghasilkan struktur martensit yang keras tetapi getas, sehingga rentan terhadap retak. Sebaliknya, pendinginan yang terlalu lambat menyebabkan pertumbuhan butir (grain growth) yang berlebihan, yang dapat melemahkan kekuatan dan ketangguhan sambungan. Oleh karena itu, kontrol terhadap laju pendinginan melalui pemilihan media pendingin yang tepat menjadi parameter esensial untuk merekayasa

Diterima: February 04, 2026

Direvisi: February 22, 2026

Diterima: February 24, 2026

Diterbitkan: March 2, 2026

Versi sekarang: March 3, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

sifat mekanik yang diinginkan, menyeimbangkan antara kekuatan (strength) dan keuletan (ductility).

Penelitian-penelitian terdahulu telah membuktikan signifikansi pengaruh media pendingin terhadap integritas sambungan las. Sebuah studi pada baja ST 37 menunjukkan bahwa variasi media pendingin seperti air es dan air garam menghasilkan nilai kekuatan tarik dan pola patahan yang berbeda secara nyata, mengindikasikan perubahan sifat material. Temuan ini menggarisbawahi bahwa sifat mekanik hasil las merupakan produk dari interaksi kompleks antara komposisi material, parameter pengelasan, dan perlakuan termal pasca-las. Pengetahuan ini membuka ruang eksplorasi lebih lanjut, khususnya untuk material ST 41 yang banyak digunakan, dengan media pendingin alternatif yang mungkin memiliki karakteristik pendinginan dan reaksi kimia permukaan yang unik, yang belum banyak diteliti.

Bertolak dari tantangan dan peluang tersebut, penelitian ini dirancang untuk menyelidiki secara empiris pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik sambungan las SMAW pada baja ST 41. Media yang dipilih adalah air dingin (sebagai pembanding umum), air radiator atau coolant (yang dirancang memiliki panas jenis tinggi dan titik didih tinggi), serta air kelapa (sebagai media alami dengan komposisi elektrolit yang potensial mempengaruhi proses quenching). Fokus penelitian difokuskan pada evaluasi melalui uji tarik dan uji tekan, yang merupakan indikator fundamental dari kemampuan sambungan menahan beban struktural. Dengan membatasi variabel lain seperti jenis elektroda (E6013), arus pengelasan (130 A), dan geometri sambungan, penelitian ini bertujuan mengisolasi efek murni dari media pendingin terhadap performa mekanik hasil las.

Secara lebih luas, temuan dari penelitian ini diharapkan tidak hanya berkontribusi pada khazanah ilmu pengetahuan material dan teknologi pengelasan, tetapi juga memberikan nilai praktis yang aplikatif. Bagi industri manufaktur dan jasa konstruksi, rekomendasi mengenai media pendingin yang optimal dapat diadopsi untuk menyusun prosedur operasi standar (SOP) pasca-pengelasan. Implementasinya berpotensi meningkatkan kualitas produk, keandalan struktur, efisiensi produksi dengan mengurangi cacat las, serta pada akhirnya mendukung pembangunan infrastruktur dan industri yang lebih aman dan berkelanjutan.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau las busur manual merupakan teknik penyambungan logam yang banyak digunakan dalam industri, terutama untuk konstruksi dan fabrikasi. Proses ini memanfaatkan busur listrik yang terjadi antara elektroda berpelapis (terumpun) dan material dasar (benda kerja) untuk menghasilkan panas yang mencairkan keduanya (Hadiyatma et al., 2020; Pratama et al., 2020). Kelebihan utama SMAW terletak pada peralatannya yang portabel, sederhana, dan dapat diaplikasikan pada berbagai posisi pengelasan serta kondisi lapangan, meskipun memiliki kecepatan produksi yang relatif lebih rendah dibandingkan metode seperti GMAW atau SAW (Sarifudin & Tjahjanti, 2024). Inti dari proses ini adalah elektroda yang selain berfungsi sebagai penghantar arus dan logam pengisi, juga memiliki pelapis (fluks) yang menghasilkan gas pelindung dan terak saat terbakar. Gas dan terak ini melindungi logam cair (weld pool) dari kontaminasi udara sekitarnya, mencegah oksidasi dan mempengaruhi sifat metalurgi hasil las (Fenoria Putri, 2012).

2.2 Baja ST 41 sebagai Material Dasar

Baja ST 41 diklasifikasikan sebagai baja karbon rendah struktural dengan kekuatan tarik minimum 410 MPa. Material ini populer dalam aplikasi konstruksi dan fabrikasi karena memiliki daya las (weldability) yang baik, kemudahan pembentukan, dan harga yang ekonomis (Ayu V & Sumiati, 2020). Komposisi kimianya didominasi oleh besi (Fe) dengan kandungan karbon (C) yang relatif rendah (maksimal 0,50%), mangan (Mn), silikon (Si), serta unsur fosfor (P) dan sulfur (S) dalam jumlah terbatas (Mustofa et al., 2018). Karakteristik komposisi ini membuat baja ST 41 cukup lunak dan mudah dilas, namun sifat mekanik akhir dari sambungan las sangat dipengaruhi oleh siklus termal selama dan setelah proses pengelasan.

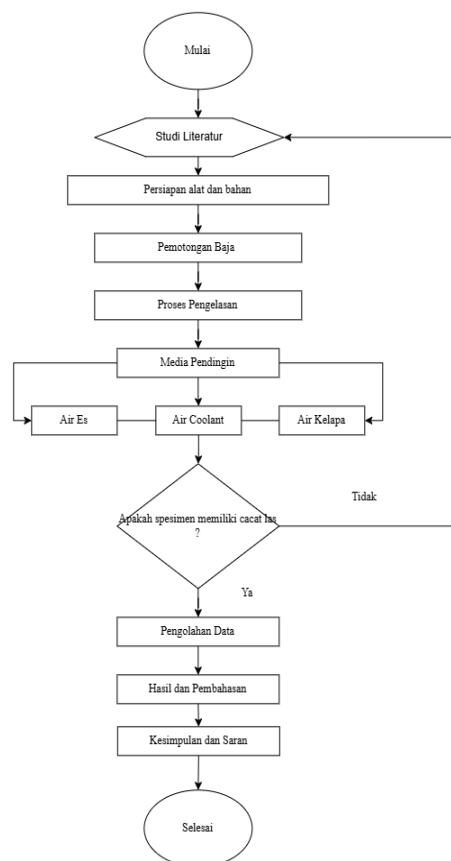
2.3 Siklus Termal dan Zona Pengaruh Panas (HAZ)

Proses pengelasan menghasilkan siklus termal ekstrem berupa pemanasan lokal yang sangat cepat diikuti oleh pendinginan. Daerah di sekitar logam las yang terkena pengaruh panas ini

disebut Heat Affected Zone (HAZ). Pada zona HAZ, logam tidak mencair tetapi mengalami pemanasan hingga suhu tertentu yang mengakibatkan perubahan struktur mikro, seperti pertumbuhan butir, perubahan fasa, dan pembentukan struktur baru (misalnya martensit) (Julianto, 2022). Perubahan struktur mikro inilah yang secara langsung menentukan sifat mekanik (seperti kekuatan, kekerasan, dan keuletan) dari sambungan las secara keseluruhan.

3. Metode

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik hasil pengelasan SMAW pada baja ST 41. Metode yang digunakan adalah **metode** eksperimen perbandingan dengan tiga variasi perlakuan pendinginan. Secara keseluruhan, prosedur penelitian mengikuti alur yang disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 1. Diagram Alir

3.1. Variabel Penelitian

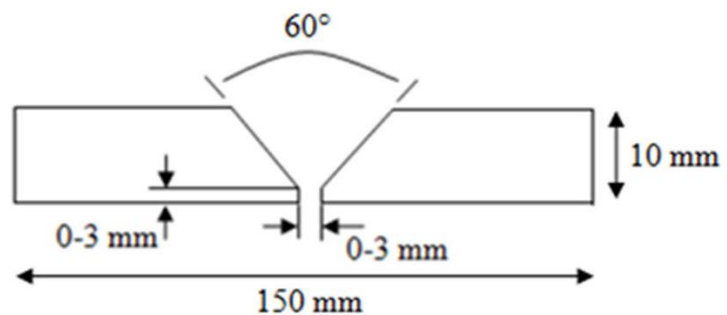
Variabel dalam penelitian ini dikelompokkan sebagai berikut:

- a. **Variabel Bebas (*Independent Variable*):** Jenis media pendingin, yaitu:
 - 1) Air Es
 - 2) *Air Coolant* (Cairan Pendingin Mesin)
 - 3) Air Kelapa
- b. **Variabel Terikat (*Dependent Variable*):** Hasil pengujian mekanik, yaitu:
 - 1) Nilai Kekuatan Tarik (dari Uji Tarik)
 - 2) Nilai Kekuatan Tekan (dari Uji Tekan)
- c. **Variabel Terkendali (*Controlled Variable*):** Parameter yang dijaga konstan selama proses pengelasan:
 - 1) Metode Pengelasan: SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)
 - 2) Material Dasar: Plat Baja ST 41, ketebalan 10 mm
 - 3) Jenis Elektroda: E6013
 - 4) Arus Pengelasan: 130 Ampere
 - 5) Bentuk dan Sudut Kampuh: V-Groove 60° (Gambar 3.2)

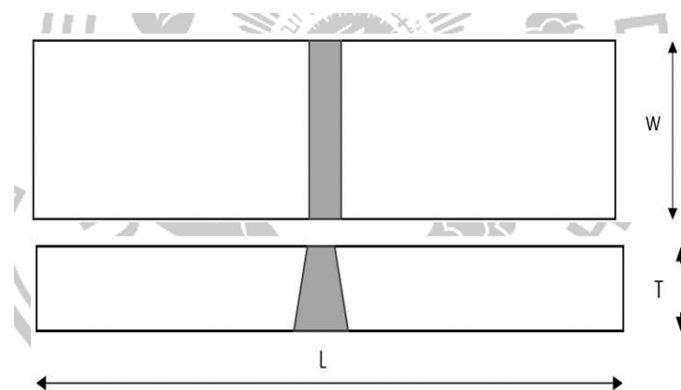
- 6) Posisi Pengelasan: Posisi datar/down-hand (1G)
- 7) Kecepatan Pengelasan: Kecepatan tangan (manual)
- 8) Lingkungan Pengelasan: Luar ruangan

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

- a. **Alat:** Mesin las SMAW, elektroda E6013, gerinda tangan dan duduk, ragum, penggaris, jangka sorong, dan Alat Pelindung Diri (APD) lengkap.
- b. **Bahan:** Plat baja ST 41 sebagai material uji (Gambar 3.3), dan tiga jenis media pendingin: air es, *coolant engine*, dan air kelapa.



Gambar 2. Gambar Kampuh V 60°



Gambar 3. Gambar Spisimen Uji

3.3. Prosedur dan Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui tahapan sistematis berikut:

- a. **Persiapan Spesimen:** Plat baja ST 41 dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji sesuai standar. Sambungan disiapkan dengan kampuh V 60°.
- b. **Proses Pengelasan:** Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW menggunakan parameter tetap yang telah ditetapkan.
- c. **Perlakuan Pendinginan:** Setelah proses pengelasan selesai, setiap sampel segera direndam ke dalam salah satu dari tiga media pendingin yang telah disiapkan (air es, *coolant*, atau air kelapa) untuk proses pendinginan cepat (*quenching*).
- d. **Pemeriksaan Visual:** Spesimen yang telah didinginkan diperiksa secara visual untuk mendeteksi adanya cacat las makro seperti retak, porositas, atau *undercut*.
- e. **Pengujian Mekanik:** Spesimen yang lolos pemeriksaan kemudian diuji untuk mengetahui sifat mekaniknya:
 - 1) Uji Tarik: Dilakukan sesuai standar (misalnya ASTM E8) untuk memperoleh nilai kekuatan tarik maksimum (σ_t).
 - 2) Uji Tekan: Dilakukan untuk memperoleh nilai kekuatan tekan (σ_c).
- f. **Pengolahan dan Analisis Data:** Data hasil uji tarik dan uji tekan dari ketiga kelompok perlakuan dikumpulkan. Analisis dilakukan untuk membandingkan pengaruh masing-masing media pendingin terhadap sifat mekanik tersebut. Analisis statistik deskriptif (rata-rata, standar deviasi) akan digunakan, dan jika memungkinkan, diikuti dengan uji ANOVA untuk melihat signifikansi perbedaan antar perlakuan.

3.4 Rumusan dan Analisis Data

Data utama yang dianalisis adalah nilai kekuatan tarik dan kekuatan tekan. Kekuatan tarik (σ_t) dihitung dengan rumus:

$$\sigma_t = F_{\max} / A_0$$

Keterangan:

σ_t = Kekuatan Tarik (MPa atau N/mm²)

$F_{\max}$ = Beban Maksimum yang ditahan sebelum patah (N)

A_0 = Luas Penampang Awal Spesimen (mm²)

Kekuatan tekan (σ_c) dihitung dengan rumus serupa:

$$\sigma_c = F_{\max} / A_0$$

Keterangan:

σ_c = Kekuatan Tekan (MPa atau N/mm²)

$F_{\max}$ = Beban Maksimum yang ditahan saat uji tekan (N)

A_0 = Luas Penampang yang menerima beban tekan (mm²)

Hasil pengukuran dari setiap kelompok perlakuan akan dirangkum dalam tabel perbandingan untuk memudahkan analisis.

Tabel 1. Rencana Perlakuan dan Pengujian

Kelompok Perlakuan	Media Pendingin	Jumlah Spesimen Uji Tarik	Jumlah Spesimen Uji Tekan	Parameter Pengelasan (Tetap)
A	Air Es	n	n	Material: Baja ST 41 (10 mm) Elektroda: E6013 Arus: 130 A Kampuh: V 60°
B	Air Coolant	n	n	Material: Baja ST 41 (10 mm) Elektroda: E6013 Arus: 130 A Kampuh: V 60°
C	Air Kelapa	n	n	Material: Baja ST 41 (10 mm) Elektroda: E6013 Arus: 130 A Kampuh: V 60°

Analisis akan difokuskan pada perbandingan performa dari ketiga media pendingin berdasarkan data yang terkumpul pada tabel di atas, untuk menentukan media pendingin mana yang menghasilkan sifat mekanik (kekuatan tarik dan tekan) terbaik pada sambungan las SMAW baja ST 41.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Inspeksi Visual dan Suhu Pasca Pendinginan

Inspeksi visual dan pengukuran suhu permukaan dilakukan pada spesimen setelah proses pendinginan dengan media yang berbeda. Hasilnya menunjukkan variasi suhu yang menjadi indikator awal laju pendinginan (quenching rate) masing-masing media.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu Spesimen Pasca Pendinginan dengan Berbagai Media

Media Pendingin	Gambar Spesimen	Gambar Pengukuran Suhu	Suhu Tercatat (°C)	Kriteria Berdasarkan ASME Sec. VIII Div.1
Air Es			51.5	<i>Rejected / Not Acceptable</i>
Air Coolant			50.6	<i>Acceptable</i>
Air Kelapa			62.2	<i>Acceptable</i>

Berdasarkan standar ASME, pendinginan dengan air es menghasilkan suhu permukaan terendah (51.5°C) tetapi justru dinyatakan not acceptable. Hal ini diduga karena laju pendinginan yang sangat cepat menimbulkan tegangan termal tinggi dan berpotensi menyebabkan cacat mikro seperti retak, yang terdeteksi dalam inspeksi lebih lanjut. Air coolant dan air kelapa menghasilkan suhu yang lebih tinggi dan masih dalam batas penerimaan, menunjukkan laju pendinginan yang lebih terkendali.

4.2 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur respons sambungan las terhadap beban tarik. Hasil uji tarik dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Pengujian Tarik pada Baja ST 41 dengan Variasi Media Pendingin

Media Pendingin	<i>Yield Strength (YP)</i> (MPa)	<i>Ultimate Tensile Strength (MAX)</i> (MPa)	<i>Fracture Strength (BREAK)</i> (MPa)	Regangan pada Maksimum
Air Es	29.708	70.790	39.275	0.69
Air Degan*	52.157	76.676	2.794	1.38

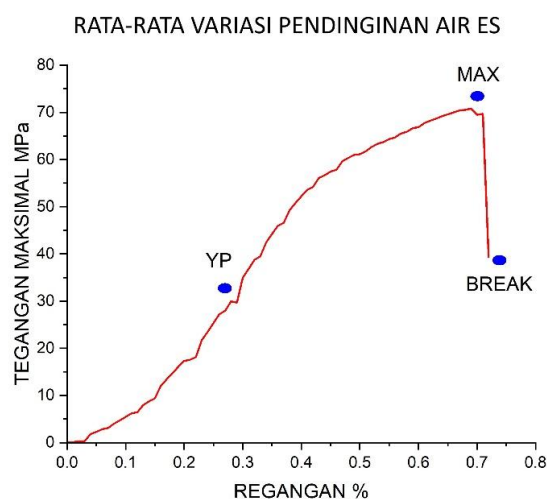
Media Pendingin	<i>Yield Strength</i> (YP) (MPa)	<i>Ultimate Tensile Strength</i> (MAX) (MPa)	<i>Fracture Strength</i> (BREAK) (MPa)	Regangan pada Maksimum
Air Radiator (Coolant)	55.130	83.481	38.436	1.57

Catatan: 'Air Degan' pada data diasumsikan merujuk pada 'Air Kelapa' berdasarkan konteks penelitian.

4.3. Hasil Uji Tarik Baja ST 41

Pengujian dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang pada tanggal 15 Januari 2026, pada pengujian tarik ini peneliti menggunakan material baja ST 41 yang dilas dengan tipe elektroda E-6013 diameter 2,6mm menggunakan metode pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding). Proses pengelasan ini diawali dengan pemotongan spesimen lalu pembuatan kampuh V dengan sudut kemiringan 60° dan posisi pengelasan 1G (posisi datar).

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketahanan sebuah material baja ST 41 dengan pengaruh variasi arus pengelasan 110A, Berdasarkan nilai dari hasil pengujian impak yang didapat yakni, pada arus 110A mendapatkan nilai rata-rata 1.91 Joule/mm2. Berikut adalah gambar grafik dari pengujian tarik:



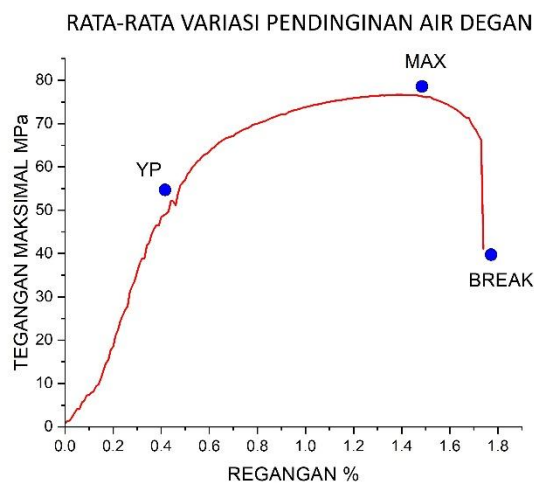
Gambar 4. Grafik rata-rata pengujian spesimen variasi air es

Tabel 3. Rata-rata pengujian spesimen variasi air es

No	Variasi	Rata-rata MPa	Regangan
Kampuh Air ES			
1.	(YP)	29,708MPa	0,29
2.	(MAX)	70,790MPa	0,69
3.	(BREAK)	39,275 MPa	0,72

Dari gambar grafik rata-rata pengujian uji tarik dengan variasi air es menunjukkan bahwasannya material dilakukan penarikan mengalami perpanjangan sampai batas elastis mengarah ke plastis atau bisa disebut Yield stress (YP) diangka 29,708 Mpa, mengalami

perpanjangan pada tegangan maksimum atau bisa disebut ultimate strength (MAX) pada angka 70,790 Mpa dan pada grafik mengalami titik putus atau bisa disebut frac-ture (BREAK) pada angka 39,275 Mpa.

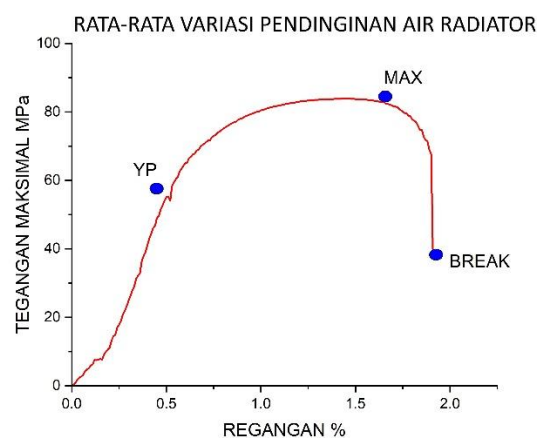


Gambar 5. Grafik rata-rata pengujian spisemen variasi degan

Tabel 4. Rata-rata pengujian spesimen variasi air degan

No	Variasi	Rata-rata MPa	Regangan
Air Degan			
1.	(YP)	52,157 MPa	0.44
2.	(MAX)	76,676 MPa	1,38
3.	(BREAK)	2,794 MPa	2,08

Dari gambar grafik rata-rata pengujian uji tarik dengan variasi air degan menunjukan bahwasannya material dilakukan penarikan mengalami perpanjangan sampai batas elastis mengarah ke plastis atau bisa disebut Yield stress (YP) diangka 52,157 MPa , mengalami perpanjangan pada tegangan maksimum atau bisa disebut dengan ultimate strength (MAX) pada angka 76,676 MPa dan grafik mengalami titik putus atau bisa disebut frac-ture (BREAK) pada angka 2,794 Mpa.



Gambar 6. Grafik Rata-rata pengujian spesimen variasi air radiator

Tabel 5. Rata-rata pengujian spesimen variasi air radiator

No	Variasi	Rata-rata MPa	Regangan
Air Radiator			
1.	(YP)	55,130 MPa	0.5
2.	(MAX)	83,481 MPa	1,57
3.	(BREAK)	38,436 MPa	1,91

Dari gambar grafik rata-rata pengujian uji tarik dengan variasi air radiator menunjukkan bahwasannya material dilakukan penarikan mengalami perpanjangan sampai batas elastis mengarah ke plastis atau bisa disebut Yield stress (YP) diangka 55,130 MPa , mengalami perpanjangan pada tegangan maksimum atau bisa disebut dengan ultimate strength (MAX) pada angka 83,481 MPa dan grafik mengalami titik putus atau bisa disebut frac-ture (BREAK) pada angka 38,436 Mpa.

Grafik memperlihatkan nilai kekuatan tarik dengan hasil terbaik diperoleh pada material baja ST 41 dengan variasi air radiator, yaitu sebesar Yp 55,130 Mpa, kekuatan maksimum 83,481 Mpa, dan kekuatan patah 38,436 Mpa. Kerusakan terjadi pada bagian logam dasar. Sebaliknya, kekuatan tarik material baja ST 41 dengan variasi pendingin air degan menunjukkan performa yang kurang optimal, dengan Yp sebesar 52,157 Mpa, kekuatan maksimum 76,676 Mpa, dan kekuatan patah 2,794 Mpa, dimana kerusakan terjadi pada area logam las.

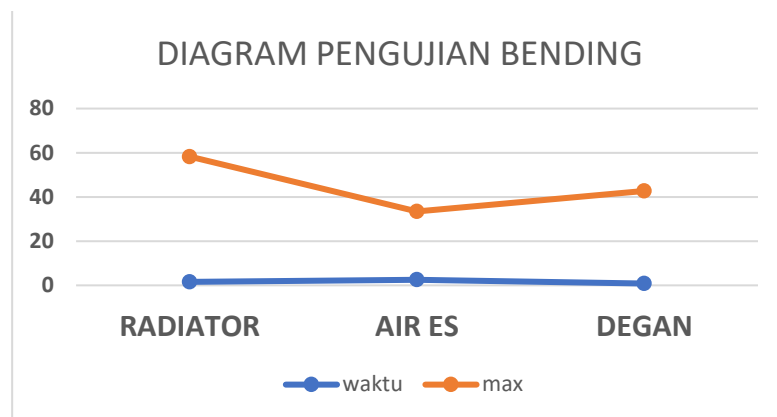
4.4. Hasil Uji Tekan Baja ST 41

Pengujian dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang pada tanggal 15 desember , pada pengujian bending ini peneliti menggunakan material baja ST 41 yang dilas dengan tipe elektroda E-6013 diameter 3,2mm menggunakan metode pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Proses pengelasan ini diawali dengan pemotongan spesimen lalu pembuatan kampuh V dengan sudut kemiringan 60° dan posisi pengelasan 1G (posisi datar). Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekuk sebuah material baja ST 41 dengan arus pengelasan 110A. Berikut yakni hasil analisis dan penghitungan menggunakan Microsoft Excel dari pengujian bending yang didapat yakni :

Tabel 6. Data Hasil Uji Tarik Variasi Pendingin Air Radiator,Air ES,Air Degan

No	Variasi	Tebal	Waktu	Mpa
1	Air Radiator	10mm	1,54	56,722
2	Air Es	10mm	2,52	30,920
3	Air Degan	10mm	0,83	41,863

Berdasarkan nilai dari hasil uji tekan yang didapat yakni, pada variasi air radiator mendapatkan nilai 56,722 Mpa, air es mendapatkan nilai 30,920 Mpa, dan pada air degan mendapatkan nilai 41,863 Mpa. Maka dapat disimpulkan dari masing-masing perbedaan variasi uji tekan tersebut nilai yang tertinggi terdapat pada air radiator



Gambar 7. Hasil Uji Tekan Pada Spesimen Baja St 41

Pada gambar grafik diatas menunjukkan sebuah nilai rata rata dari hasil pengujian bending, variasi pending yang layak digunakan pada material baja st 41 dengan ketebalan plat 10mm menggunakan elektroda tipe E0613 diameter 2,6mm yaitu air radiator, sedangkan pada variasi air degan menunjukkan nilai yang mendekati kategori layak akan tetapi pada arus tersebut daerah lasan yang dihasilkan kurang baik dikarenakan arus yang terlalu kecil yang mengakibatkan hasil lasan menjadi mentah.



Gambar 8. Gambar Spesimen Setelah Uji Impak

4.5. Pembahasan

Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa media pendingin air radiator (coolant) merupakan pilihan terbaik untuk perlakuan pasca-pengelasan SMAW pada baja ST 41. Kinerja unggul coolant diduga disebabkan oleh:

- Laju Pendinginan yang Optimal: Coolant dirancang memiliki panas jenis tinggi dan titik didih yang lebih tinggi daripada air, sehingga mampu menyerap panas lebih banyak tanpa mendidih terlalu cepat. Ini menghasilkan laju pendinginan (quenching rate) yang lebih terkendali dibandingkan air es, menghindari pembentukan struktur martensit yang berlebihan dan getas, serta lebih efektif daripada pendinginan udara lambat (yang diwakili oleh kinerja air kelapa yang kurang konsisten).
- Minimasi Tegangan Sisa dan Cacat: Laju pendinginan yang terkendali meminimalkan terjadinya tegangan termal residual yang tinggi, sehingga mengurangi risiko retak dan cacat, sebagaimana terindikasi dari status acceptable pada inspeksi.

- c. Struktur Mikro yang Seimbang: Kombinasi kekuatan tarik dan tekan yang tinggi, disertai dengan lokasi patah di logam dasar (bukan di lasan) pada uji tarik, mengindikasikan bahwa sambungan las yang didinginkan dengan coolant memiliki struktur mikro di daerah HAZ (Heat Affected Zone) dan logam las yang lebih homogen, kuat, dan memiliki keuletan yang memadai.

Sebaliknya, air es menghasilkan sifat mekanik yang buruk karena quenching rate-nya terlalu ekstrem, sementara air kelapa menunjukkan ketidakkonsistenan, terutama pada kekuatan patah yang sangat rendah, yang mungkin dipengaruhi oleh komposisi kimia atau ketidakstabilan sifat termalnya.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemilihan media pendingin pasca-pengelasan merupakan faktor kritis. Untuk aplikasi yang memerlukan sambungan las dengan kekuatan tarik dan tekan optimal pada baja karbon rendah ST 41, penggunaan coolant engine direkomendasikan dibandingkan air es atau air kelapa.

5. Perbandingan

Penelitian ini merepresentasikan kemajuan terkini (*state of the art*) dalam kajian pengaruh media pendingin pasca-las dengan pendekatan yang komprehensif dan inovatif. Pertama, penelitian ini mengisi celah literatur dengan melakukan eksplorasi sistematis terhadap media pendingin non konvensional, yaitu air radiator (coolant) dan air kelapa, yang belum banyak dibandingkan secara langsung dengan media konvensional seperti air es dalam konteks pengelasan SMAW baja struktural. Kedua, penelitian ini mengadopsi metodologi yang kokoh dengan konvergensi uji mekanik ganda (tarik dan tekan) dan verifikasi kualitas melalui inspeksi suhu berdasarkan standar ASME, memberikan validasi yang holistik dan berlapis terhadap performa sambungan. Ketiga, fokus pada penerapan praktis di industri ditunjukkan melalui pemilihan material baja ST 41 yang sangat umum, parameter pengelasan SMAW yang realistis, dan evaluasi berdasarkan kriteria kelayakan (*acceptable/rejected*) yang langsung dapat diadopsi oleh praktisi. Temuan kunci yang memposisikan penelitian ini di garis depan adalah identifikasi air radiator (coolant) sebagai media pendingin optimal yang menghasilkan sifat mekanik terbaik, menawarkan solusi praktis yang unggul dari media konvensional maupun alternatif alami. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada ilmu material las, tetapi juga memberikan rekomendasi berbasis bukti yang langsung aplikatif untuk peningkatan kualitas dan keandalan sambungan dalam industri fabrikasi dan konstruksi.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemilihan media pendingin pasca-pengelasan SMAW secara signifikan mempengaruhi sifat mekanik sambungan baja ST 41. Dari ketiga media yang diuji, air radiator (coolant) terbukti sebagai pilihan paling optimal, menghasilkan kekuatan tarik maksimum tertinggi sebesar 83,481 MPa dan kekuatan tekan tertinggi sebesar 56,722 MPa. Kinerja unggul ini diduga berasal dari laju pendinginannya yang lebih terkendali, sehingga menghasilkan struktur mikro yang seimbang antara kekuatan dan keuletan, serta meminimalkan tegangan sisa dan cacat. Sebaliknya, pendinginan dengan air es cenderung menghasilkan sifat yang getas dengan kekuatan tekan terendah (30,920 MPa), sementara air kelapa menunjukkan konsistensi yang kurang baik. Dengan demikian, untuk aplikasi praktis dalam industri, penggunaan coolant direkomendasikan guna memperoleh sambungan las dengan integritas dan performa mekanik yang unggul pada material baja karbon rendah ST 41.

Kontribusi Penulis: Penulis memberikan kontribusi nyata dalam bidang metalurgi las dan teknologi manufaktur melalui penelitian ini. Kontribusi utama terletak pada eksperimen sistematis untuk membandingkan kinerja media pendingin non-konvensional (air kelapa dan coolant mesin) dengan media konvensional (air es) pada pengelasan SMAW baja ST 41. Penulis berhasil mengidentifikasi air radiator (coolant) sebagai media pendingin terbaik yang belum banyak dieksplorasi dalam konteks ini, memberikan solusi praktis berbasis bukti empiris untuk meningkatkan kekuatan tarik dan tekan sambungan las. Temuan ini melengkapi khazanah ilmu pengetahuan sekaligus menawarkan rekomendasi aplikatif yang langsung dapat diadopsi oleh industri untuk optimalisasi prosedur pasca-pengelasan, peningkatan kualitas produk, dan efisiensi produksi.

Pendanaan: Studi ini dilaksanakan tanpa melibatkan pendanaan dari pihak eksternal atau institusi mana pun. Segala kebutuhan pendanaan terkait pengadaan bahan, proses anodizing, serta kegiatan karakterisasi, seluruhnya ditanggung secara pribadi oleh peneliti. Tidak ditemukan adanya konflik kepentingan finansial yang dapat memengaruhi temuan maupun interpretasi data dalam penelitian ini.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang menjadi dasar temuan dalam studi ini dapat diberikan oleh penulis terkait melalui permintaan yang sesuai. Seluruh data primer, termasuk hasil uji kekerasan dan pengukuran ketebalan lapisan, telah terdokumentasi dengan terstruktur dan tersedia untuk keperluan verifikasi maupun kajian lanjutan.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember dan Politeknik Negeri Malang atas fasilitas, akses pengujian, serta bimbingan teknisnya. Terima kasih juga kepada staf pengajar, teknisi, dan rekan sejawat atas dukungan serta masukan yang berharga selama pelaksanaan penelitian ini.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan dengan sepenuhnya bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait apa pun yang dapat mengganggu keabsahan dan objektivitas temuan yang diuraikan dalam publikasi ini. Seluruh aspek penelitian, baik dalam pelaksanaan maupun pelaporannya, bebas dari pengaruh hubungan finansial, profesional, maupun pribadi dengan pihak manapun yang dapat memicu bias.

Referensi

- Aldo, J. (2023). PENGARUH TEMPERATUR MEDIA PENDINGIN TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG. 26(2), 718–724. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.2081>
- Ayu V, F. D., & Sumiati, S. (2020). Desain Eksperimen Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Bahan St 41 Pada Proses Heat Treatment. *Juminten*, 1(3), 104–115. <https://doi.org/10.33005/juminten.v1i3.125>
- Fachrudin, A. R., Andika, F., Astuti, F., Martawati, M. E., Hanif, A., & Malang, I. N. (2021). Kelurahan Temas Kecamatan Batu Kota Batu. 02(01), 14–19.
- Fadhillah, D. F., Riswanda, & Widianoro, H. (2024). Pengaruh Inovasi Alat Bantu pada Efisiensi dan Kualitas Pengelasan Sambungan Pipa Longitudinal dengan GMAW. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 15(1), 1–5. <https://doi.org/10.35313/irwns.v15i1.6196>
- Fahmi, F. R., & Wayahdi, M. R. (2024). Implementation of SAW Method in Website-Based Application (Case Study: New Employee Recruitment at PT. Technology Laboratories Indonesia). *Jurnal Minfo Polgan*, 13(1), 1220–1227. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i1.13998>
- Fenoria Putri. (2012). Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Jarak Pengelasan Terhadap Nilai Kekerasan Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda 6013 Metode Anava. *Jurnal Austenit*, 4(1), 23–31.
- Hadiyatma, A. P., Yusmartato, Y., Armansyah, A., & Ramayulis, R. (2020). Pemanfaatan Kembali Limbah Trafo Yang Sudah Tidak Terpakai Menjadi Trafo Las. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 68–74.
- Januar, A., & Suwito, D. (2016). Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG Dan SMAW Pada Material ST41 Dengan Variasi Media Pendingin (Air, Coolant, dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 37–42.
- Julianto, F. (2022). 17525065. Pengaruh Variasi, 1–41.
- Junaid, A., Irawati, I. S., & Awaludin, A. (n.d.). Analisis Sifat Mekanis dan Fisis Bambu Menggunakan Metode Destruktif. 7(1), 41–49.
- Kajian, J., Mesin, T., Artikel, J., Hanifi, R., Dirja, I., Karawang, U. S., Karawang, U. S., Pendinginan, V. M., Abstract, A., & Variation, C. M. (n.d.). Analisa Pengaruh Variasi Tipe Media Pendinginan Pada Pengcoran Piston.
- Khairullah, M. R., Program, M., Teknologi, S., Manufaktur, R., Teknik, J., Politeknik, M., Lhokseumawe, N., Jurusan, D., Mesin, T., & Negeri, P. (2023). Impact Charpy. 7(1).
- Malik, F. F., & Fathier, A. (2023). KAJIAN CACAT LAS PADA FABRIKASI PIPA STEEL PENSTOCK (Studi Kasus Pada PLTA Aceh Tengah) Pendahuluan Dalam memeriksa hasil pengelasan ada beberapa jenis pengujian yang dilakukan dalam kajian ini yaitu uji visual dan uji tidak merusak (uji radiografi). . 7(1), 35–39.
- Mustofa, A., Jokosisworo, S., & S., A. W. B. (2018). Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar Dan Kekuatan Puntir Baja St 41 Sebagai Bahan Poros Baling-Baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses Quenching. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), 199–206.
- Pebrianto, W., & Wayan Dika, J. (2021). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Air Es Dan Air Garam Terhadap Uji Tarik Pada Sambungan Las Baja ST 37 Analysis Of The Effect Of Variations Of Cooling Media, Ice Water And Brine On Tensess Test On ST 37 Steel Welding Joint. *JSNu : Journal of Science Nusantara*, 1(2), 1–11.
- Pengaruh, A., Pendingin, M., Sifat, T., Of, A., Effect, T., Cooling, O., On, M., & Mechanical, T. (2023). *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*. 11(2), 46–57.
- Pratama, Y., Basuki, M., Erifve Pranatal, D., & Teknik Perkapalan FTMK-ITATS Jl Arief Rachman Hakim, J. (2020). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Smaw Untuk Posisi Pengelasan 1G Pada Material Baja Kapal Ss 400 Terhadap Cacat Pengelasan. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITSAN)*, 2(1), 1–7.
- Putra, R. E. (2021). ANALISIS KEKUATAN TARIK PENGARUH PERLAKUAN PANAS HASIL PENGELASAN KAMPUH V BAJA 42 DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI. 16(April), 6–10.

- Rachman Ali, Mohammad Munib Rosadi, Basuki, & Fajar Satriya Hadi. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST-37 Menggunakan Pengelasan SMAW. *Jurnal MOTION (Manufaktur, Otomasi, Otomotif, Dan Energi Terbarukan)*, 2(1), 26–32. <https://doi.org/10.33752/motion.v2i1.5352>
- Rahman, H. A., & Imran. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Hasil Pengelasan SMAW Pada Stainless Steel 304 Menggunakan Pengujian Ultrasonic Dan Kekuatan Tarik. *Jurnal Polimesin*, 18(1), 30–38. <http://ejurnal.pnl.ac.id/index.php/polimesin/article/view/1057>
- Saputra, R. S., Khoirudin, K., Karyadi, K., Hidayat, S. T., Cahyo, T. D., & Ramadan, T. (2024). Optimasi Uji Tegangan Tarik Pengelasan Tungsten Inert Gas pada Penggabungan Beda Material Baja Galvanish (SGCC) dengan Baja Karbon Rendah (SPCC-SD). *Jurnal Rekayasa Energi Dan Mekanika*, 4(1), 36. <https://doi.org/10.26760/jrem.v4i1.36>
- Saputro, A. E., Situmorang, H. G., Nasrullah, H., Amiruddin, M., Piksi, P., Indonesia, G., Vokasional, P., & Otomotif, T. (2025). *Jurnal jasatec*. 10–18.
- Sarifudin, M., & Tjahjanti, P. H. (2024). Karakteristik Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) dan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) pada Plat Stainless Steel 201 di Tabung Air Minum. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.47134/innovative.v3i1.98>
- Semnasti, P. I., Semnasti, A. Y. P., Semnasti, D. R., & Semnasti, M. I. F. (2023). Analisis Beban Kerja Mental Pada Dosen dengan Perbedaan Jenjang Jabatan dalam Suatu Organisasi. *Waluyo Jatmiko Proceeding*, 16(1), 191–200. <https://doi.org/10.33005/wj.v16i1.5>
- Setiawan, A., Triandika, T., & Probawati, D. (2024). Analisis Pengujian Cladding Aluminium Alloy 2024 Dengan Metode Eddy Current di PT Garuda Maintenance Facility AeroAsia. 3(2), 170–176.
- Siswanto, S., Hakim, L., & Dyah, A. I. (2022). PERBANDINGAN JENIS ELEKTRODA LAS TERHADAP UJI TARIK MATERIAL PLAT ST 37 Universitas Islam Majapahit , Mojokerto Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dengan cara melebur sebagian logam dasar dan logam pengisi . Pengelasan SMAW adalah proses pe. 4, 24–33.
- Sudiman, Z., Kamaruddin, K., & Arfah Ahmad, M. (2022). Pengaruh Media Pendingin Pasca Pengelasan Baja ST 37 Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 20(1), 28–33. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v20i1.3404>
- Sunar Baskoro, A., Ubaszti Putra, D., & Dominggus Benhur Rumbiak, D. (2019). The Effect of Welding Parameters on Microstructure in Dissimilar Welding of Stainless Steel 316L and Structural Steel on Gas Metal Arc Welding (GMAW). 9, 3.
- Syska, K., Studi, P., Pangan, T., Nahdlatul, U., Purwokerto, U., Studi, P., Pertanian, T., Soedirman, U. J., & Korespondensi, P. (2020). *www.agroteknika.id*. 3(1), 1–15.
- Wartono, W., & Aprianto, A. (2021). Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Butt-Joint Las TIG Aluminium. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 5(1), 24. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i1.848>