

Pengaruh *Quenching* Menggunakan Air Mineral dan Air Cucian Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37

Yahya Zakaria¹, Prasasti Pambayun Anjarwati^{2*}, Yayi Febdia Pradani³, Dwi Damara Agasta⁴

^{1,2,3,4}Universitas Negeri Malang, Malang

*Penulis Korespondensi, email: prasasti.pambayun.2205116@students.um.ac.id

Received: 31/07/2025

Revised: 15/08/2025

Accepted: 15/08/2025

Abstract. *This study aims to analyze the effect of mineral water and detergent wash water as cooling media on the tensile strength of ST 37 steel welded using the SMAW process. An experimental method was employed, with the cooling medium as the independent variable and tensile strength as the dependent variable. Welding was performed using LB-52U electrodes at 90 A, followed by cooling with either mineral water or detergent wash water at room temperature. Tensile tests using a Universal Testing Machine showed maximum tensile strengths of 234.2 MPa for mineral water quenching and 110.0 MPa for detergent wash water quenching. These results indicate that rapid cooling with mineral water is more effective in increasing tensile strength, whereas the chemical content of detergent wash water may reduce mechanical performance through slower cooling rates and early corrosion potential. This research contributes to the selection of appropriate quenching media and the prudent utilization of liquid waste.*

Keywords: *SMAW welding, Quenching, Mineral water, Detergent wash water, ST 37 steel*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh media pendingin air mineral dan air cucian detergen terhadap kekuatan tarik baja ST 37 hasil pengelasan SMAW. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan variabel bebas berupa jenis media pendingin, sedangkan variabel terikatnya adalah kekuatan tarik. Proses pengelasan dilakukan menggunakan elektroda LB-52U pada arus 90 A, kemudian spesimen didinginkan dengan air mineral atau air cucian detergen pada suhu ruang. Uji tarik menggunakan Universal Testing Machine menghasilkan tegangan tarik maksimum sebesar 234,2 MPa untuk pendinginan air mineral dan 110,0 MPa untuk pendinginan air cucian detergen. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pendinginan cepat dengan air mineral lebih efektif meningkatkan kekuatan tarik, sedangkan kandungan kimia pada air cucian detergen berpotensi menurunkan performa mekanik melalui laju pendinginan yang lebih lambat dan potensi korosi awal. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemilihan media quenching yang tepat serta pemanfaatan limbah cair secara bijak.

Kata Kunci: Pengelasan SMAW, *Quenching*, Air mineral, Air cucian detergen, Baja ST 37

I. PENDAHULUAN

Baja karbon merupakan material logam yang umum digunakan di sektor industri berkat kombinasi sifat mekanik unggul, kemudahan dalam proses fabrikasi, dan biaya produksi yang terjangkau. Aplikasinya meliputi pembuatan komponen mesin, konstruksi bangunan, peralatan pertanian, hingga industri otomotif. Salah satu jenis baja karbon rendah yang umum digunakan adalah baja ST 37, dengan kandungan karbon sekitar 0,16% dan kekuatan tarik minimum 37 kg/mm². Walaupun baja ST 37 memiliki keuletan tinggi, pada kondisi kerja tertentu diperlukan peningkatan kekerasan dan kekuatan tarik melalui proses perlakuan panas.

Salah satu metode perlakuan panas yang efektif adalah quenching, dimana proses pendinginan cepat setelah pemanasan pada temperatur tertentu, dengan tujuan memperoleh struktur mikro yang lebih keras dan kuat [1][2]. Efektivitas quenching sangat dipengaruhi oleh media pendingin yang digunakan. Penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh variasi media pendingin seperti air, air garam, oli, dan coolant terhadap sifat mekanik baja [3][4][5]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut menggunakan media pendingin yang relatif bersih dan homogen.

Berbeda dengan media pendingin bersih, air cucian detergen memiliki kandungan kimia yang dapat memengaruhi proses quenching [6], [7].

Sampai saat ini, penggunaannya sebagai media quenching belum banyak dilaporkan [8]. Air cucian detergen mengandung surfaktan, fosfat, dan zat kimia lainnya yang dapat memengaruhi proses perpindahan panas serta potensi terjadinya korosi pada baja. Karakteristik kimia ini berpotensi memberikan efek berbeda terhadap hasil quenching dibandingkan media air mineral yang netral [9], [10]. Oleh karena itu, penting untuk meneliti potensi pemanfaatan limbah rumah tangga ini sebagai media pendingin pada proses industri skala kecil atau bengkel, sekaligus mengidentifikasi risiko penurunan sifat mekanik yang mungkin terjadi.

Perkembangan teknologi yang mendorong peningkatan penggunaan logam di berbagai sektor industri membuat kebutuhan akan metode perbaikan sifat mekanik, termasuk melalui proses quenching dengan media alternatif, menjadi semakin relevan [11], [12]. Penggunaan baja karbon banyak dijumpai pada pembuatan alat perkakas, perangkat pertanian, komponen kendaraan bermotor, hingga kebutuhan rumah tangga, karena sifat mekaniknya yang serbaguna. Struktur logam dalam penggunaannya akan mengalami tegangan geser akibat pengaruh gaya luar, yang dapat memicu deformasi. Salah satu komponen logam yaitu baja, merupakan paduan logam yang terdiri atas besi dan karbon sebagai komponen utama, dengan tambahan unsur lain dalam jumlah terbatas. Umumnya, baja mengandung karbon antara 0,1% hingga 1,7%, di mana kandungan ini memengaruhi secara langsung sifat mekanik dan karakteristiknya [3]. Baja karbon diklasifikasikan menjadi 3 yaitu baja karbon rendah, karbon tinggi dan karbon sedang.

Standar ASTM mengelompokkan baja karbon untuk aplikasi pembuatan komponen mesin dengan mempertimbangkan kisaran kekuatan tariknya, sehingga setiap kelas baja memiliki karakteristik mekanik yang sesuai dengan kebutuhan penggunaan [4]. Salah satu jenis baja yang termasuk dalam klasifikasi tersebut adalah ST-37, yang memiliki kekuatan tarik minimum sebesar 37 kg/mm² dan maksimum 45 kg/mm². Persentase kandungan karbon pada baja ini berada di kisaran 0,16% berat. Adapun nilai perpanjangannya berada

pada kisaran 23–26%, dengan kekuatan luluh sebesar 21 kg/mm². Baja ST 37 ini tergolong kedalam baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0.16% [3]. Baja ST 37 untuk kandungan karbonnya masih bisa ditambah agar tingkat kekerasannya juga meningkat.

Baja ST 37 juga dapat ditingkatkan kekerasannya tidak hanya melalui penambahan kadar karbon, tetapi juga dengan menerapkan metode perlakuan panas yang tepat [7]. Salah satu metode tersebut adalah *heat treatment*, yakni proses pemanasan, penahanan, serta pendinginan material pada suhu tertentu untuk mengubah sifat mekaniknya [5]. Tujuan dari perlakuan panas yakni meningkatkan keuletan, menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam.

Proses perlakuan panas dipengaruhi oleh beberapa parameter utama, antara lain suhu pemanasan, waktu tahan pada suhu tersebut, laju pendinginan, serta atmosfer selama proses berlangsung. Secara teknis, perlakuan panas merupakan kombinasi proses pemanasan dan/atau pendinginan yang diterapkan pada logam atau paduannya dalam fase padat, dengan tujuan untuk memperoleh karakteristik mekanik dan struktural yang diinginkan.

Supardi tahun 1999 berpendapat bahwa pengujian kekerasan pada baja merupakan proses pemanasan dan pendinginan untuk mendapatkan struktur *martensit*. *Martensit* adalah fase hasil transformasi dari austenit yang terbentuk melalui pendinginan cepat, ditandai dengan struktur kristal tetragonal berpusat badan *Body-Centered Tetragonal* (BCT) akibat larutan padat lewat jenuh karbon dalam besi.

Semakin besar perbandingan satuan sumbu sel maka semakin tinggi juga derajat kelewatan jenuh karbon dan *martensit* semakin keras namun getas. Semua unsur paduan yang larut dalam keadaan padat dapat menyebabkan fase stabil yang terbentuk dengan laju pendinginan cepat disebut *martensit*. Tahap pemanasan harus dilakukan dengan berurutan yaitu *preheating* kemudian perlahan – lahan memperkecil deformasi atau resiko retak.

Setelah itu, jika temperatur pengerasan sudah tercapai maka akan ditahan dalam beberapa waktu tertentu dan dilakukan pendinginan dengan cepat. Proses pendinginan yang lambat dapat mengakibatkan suatu keadaan relatif lunak dan plastis. Tujuan dari *quenching* yaitu mendinginkan atau melindungi perubahan *austenitic* dari pendinginan yang lain dengan capaian temperatur mencapai 790°C. Waktu penahanan (*holding time*) dalam proses *hardening* bertujuan untuk memperoleh kekerasan maksimum material dengan menahan logam pada temperatur pengerasan tertentu. Penahanan ini memungkinkan tercapainya pemanasan yang homogen, pembentukan struktur austenit yang seragam, serta pelarutan karbida ke dalam austenit melalui difusi karbon dan unsur-unsur paduan lainnya.

Air adalah senyawa yang mengandung unsur H₂O. Air memiliki densitas yang relatif tinggi, meskipun lebih rendah dibandingkan larutan air garam, serta viskositas yang rendah, serupa dengan air garam [13]. Meskipun laju pendinginan air lebih lambat daripada larutan garam, media ini tetap mampu memberikan pendinginan yang cukup cepat untuk mengontrol struktur mikro dan sifat mekanik baja [14]. Keunggulan air sebagai media pendingin yaitu murah, mudah didapat, mudah dibuang dengan dampak minimal.

Air cucian detergen umumnya mengandung residu dari bahan-bahan kimia seperti surfaktan (misalnya *alkil benzena sulfonat*), *fosfat*, *enzim*, dan zat pemutih. Senyawa-senyawa ini bersifat korosif, terutama jika air tersebut memiliki pH rendah (asam) atau tinggi (basa) [15]. Ketika baja ST 37 terpapar oleh air cucian detergen, senyawa-senyawa ini dapat merusak lapisan pelindung alami pada permukaan baja, mempercepat proses oksidasi, dan menyebabkan korosi. Korosi ini mengakibatkan penurunan ketebalan material dan pembentukan retakan mikro, yang pada akhirnya menurunkan kekuatan tarik baja [16].

Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban secara bertahap, yang menyebabkan spesimen mengalami pemanjangan sebanding dengan gaya yang diterapkan. Proses ini

berlangsung hingga material mencapai batas proporsionalitas, yaitu titik di mana hubungan antara gaya dan pertambahan panjang tidak lagi linier. Setelah melewati titik ini, setiap penambahan beban tidak menghasilkan pertambahan panjang yang sebanding lagi. Seiring dengan penambahan beban yang konstan, spesimen uji mengalami deformasi plastis yang semakin besar. Pada titik tertentu, terjadi pemanjangan tanpa penambahan beban lebih lanjut, menandakan bahwa material telah memasuki fase luluh (*yielding*). Pada fase ini, material mengalami deformasi plastis permanen tanpa peningkatan gaya eksternal. Fenomena ini bersifat sementara dan diikuti oleh kenaikan beban kembali hingga mencapai titik maksimum.

Setelah mencapai beban maksimum, material ulet akan menunjukkan penurunan gaya hingga kegagalan akhir terjadi [17]. Penurunan ini disebabkan oleh terjadinya penyempitan penampang secara lokal (*local necking*), di mana deformasi selanjutnya terkonsentrasi. Pada material getas, mekanisme necking umumnya tidak terjadi, dan kegagalan terjadi langsung pada beban maksimum tanpa deformasi lokal yang signifikan.

Parameter utama yang dievaluasi dalam uji tarik adalah kemampuan maksimum material dalam menahan gaya tarik, yang dikenal sebagai *Ultimate Tensile Strength* (UTS) atau dalam istilah teknis bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum. Nilai ini merepresentasikan ketahanan puncak material sebelum mengalami kerusakan permanen atau kegagalan struktural.

Menurut Achmadi (2017), penggunaan air garam dapat meningkatkan kekerasan baja ST 37 dibanding pendinginan udara [3]. Sementara itu, Prabowo & Sunyoto (2020) melaporkan bahwa pendinginan dengan oli menghasilkan kekuatan bending yang lebih rendah dibanding pendinginan air [4]. Hingga kini, belum ada penelitian yang secara khusus membandingkan efektivitas air cucian detergen dan air mineral sebagai media *quenching* pada baja ST 37, sehingga penelitian ini diharapkan dapat mengisi kekosongan tersebut [18].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan air cucian detergen dan air

mineral sebagai media quenching terhadap kekuatan tarik baja ST 37 hasil pengelasan SMAW [9]. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi ilmiah terkait potensi pemanfaatan media pendingin alternatif yang murah dan mudah didapat, sekaligus menilai dampak negatif yang mungkin muncul terhadap kualitas mekanik baja.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan material baja karbon rendah tipe ST 37 berbentuk pelat dengan ketebalan 5 mm, panjang 120 mm, dan lebar 25 mm. Baja ini memiliki kandungan karbon sekitar 0,16% serta unsur pendukung seperti mangan, silikon, fosfor, dan sulfur dalam jumlah terbatas. Komposisi kimia ini menjadikan ST 37 memiliki sifat ulet namun masih dapat ditingkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya melalui proses perlakuan panas.

Dua jenis media pendingin dipilih sebagai variabel bebas penelitian. Media pertama adalah air mineral kemasan botol merk AQUA berkapasitas 1,5 liter dengan suhu ruang $\pm 27^{\circ}\text{C}$. Media kedua adalah air cucian detergen yang dibuat dari campuran 75% air sumur dan 25% larutan detergen bubuk merk Rinso, juga dalam volume 1,5 liter dan suhu yang sama. Pemilihan air cucian detergen bukan hanya sebagai pembanding terhadap air mineral, tetapi juga untuk menilai potensi pemanfaatan limbah rumah tangga pada proses industri sederhana.

Proses pengelasan dilakukan di bengkel praktik menggunakan mesin las SMAW merk Rilon ARC 200E dengan arus keluaran DC. Elektroda yang digunakan adalah tipe LB-52U berdiameter 2,6 mm produksi Kobelco, yang memiliki sifat mampu las yang baik untuk baja karbon rendah. Sebelum dilas, ujung pelat dibentuk kampuh V dengan sudut 60° menggunakan gerinda tangan Makita tipe GA4030, kedalaman 2,5 mm, dan *root face* 1 mm. Proses pengelasan dilakukan pada posisi datar (1F) dengan polaritas DC+, arus 90 ampere, dan tegangan rata-rata 22–25 volt. Panjang busur dijaga antara 2–3 mm untuk mendapatkan penetrasi yang konsisten. Suhu media pendingin dipantau menggunakan termometer digital Benetech GM1312 agar tetap berada pada kisaran suhu ruang.

Pengujian tarik dilakukan di laboratorium menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) Instron 3382 berkapasitas 100 kN, dilengkapi perangkat lunak *Bluehill* untuk perekaman data. Sebelum pengujian, panjang awal, lebar, dan tebal spesimen diukur dengan jangka sorong digital dan mikrometer Mitutoyo untuk memastikan keakuratan dimensi. Spesimen kemudian dijepit pada rahang mesin secara sejajar, dan beban tarik diberikan secara bertahap dengan kecepatan *crosshead* 2 mm/menit hingga spesimen patah. Selama proses, data kekuatan luluh, kekuatan tarik maksimum, serta regangan patah direkam dan disimpan untuk dianalisis lebih lanjut.

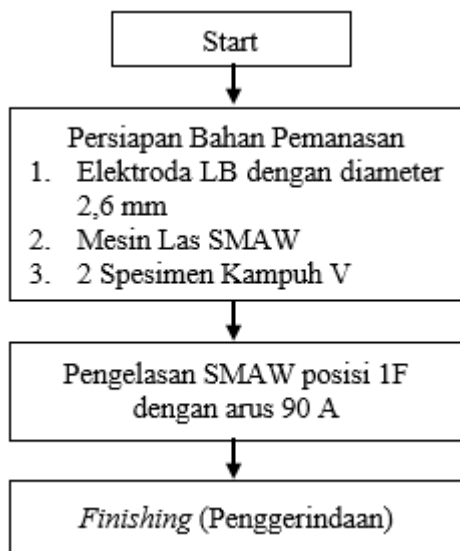
Metode ini dirancang untuk tidak hanya membandingkan hasil akhir kekuatan tarik pada kedua media pendingin, tetapi juga untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana interaksi antara sifat kimia media pendingin dan logam dapat memengaruhi performa akhir baja ST 37 pasca-pengelasan.

Pembuatan Spesimen

1. Menyiapkan pelat baja ST 37 dengan jumlah 2 buah
2. Menyiapkan gerinda untuk membuat kampuh V pada plat tersebut
3. Kemudian pembuatan kampuh V dengan menggunakan gerinda
4. Jika sudah selesai spesimen siap diberikan pemanasan berupa pengelasan SMAW



Gambar 1. Spesimen kampuh V



Gambar 2. Proses pemanasan spesimen



Gambar 3. Pemanasan kampuh V dengan las SMAW

Proses Pendinginan Spesimen

Tahapan untuk pendinginan spesimen antara lain:

1. Setelah dilakukan proses pemanasan maka dilakukan quenching berupa air mineral dan air campuran detergen dengan kapasitas 1,5 liter
2. Pendinginan yang pertama dilakukan pada spesimen 1 dengan ketentuan komposisi air 75% dan detergen 15% dan waktu 10 menit

3. Pendinginan kedua dilakukan pada spesimen kedua dengan ketentuan 100% air mineral dan waktu 10 menit



Gambar 4. Proses *quenching* spesimen menggunakan media air mineral

Langkah Pengujian Tarik

Langkah – langkah dari pengujian tarik diantaranya:

1. Catat luas penampang spesimen terlebih dahulu dengan rumus panjang x lebar dan tebal spesimen
2. Kemudian siapkan mesin uji tarik
3. Setelah dicatat masukkan pada komputer untuk membaca hasil kekuatan tarik dari luas penampang
4. Selanjutnya memasang spesimen uji tarik pada posisi yang pas hingga terjepit dengan kuat
5. Jika sudah selesai, mesin uji tarik bisa dijalankan
6. Kemudian setelah patah, hentikan proses penarikan dan simpan hasil datanya dalam komputer

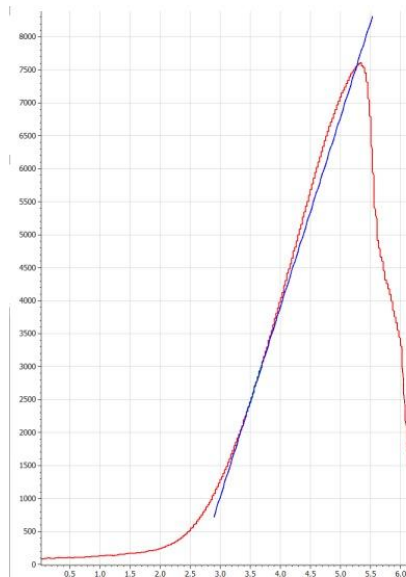
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian tarik dengan menggunakan media pendingin air mineral dan air cucian dapat dilihat dari uraian di bawah ini:

Spesimen 1

Panjang spesimen	: 120 mm
Lebar spesimen	: 4.8 mm
Pertambahan panjang	: 5.32 mm
Regangan	: 4.44%
Gaya tarik <i>yield</i>	: 7323.7 kgf

Gaya tarik maks : 7605.3 kgf
Tegangan tarik *yield* : 225.5 kgf
Tegangan tarik maks : 234.2 kgf



Gambar 5. Diagram uji tarik spesimen 1

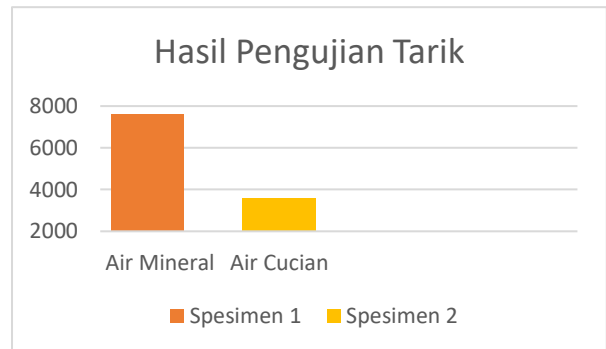
Spesimen 2

Panjang spesimen : 120 mm
Lebar spesimen : 4.8 mm
Pertambahan panjang : 4.11 mm
Regangan : 3.45%
Gaya tarik *yield* : 3268.1 kgf
Gaya tarik maks : 3572.2 kgf
Tegangan tarik *yield* : 100.06 kgf
Tegangan tarik maks : 110 kgf



Gambar 6. Diagram uji tarik spesimen 2

Grafik perbandingan hasil uji tarik dari media pendingin air mineral dan air cucian dapat dilihat dari gambar di bawah ini:



Gambar 7. Hasil pengujian tarik

Proses pendinginan dilakukan terhadap hasil pengelasan SMAW baja ST 37 dengan menggunakan media pendingin berupa air mineral dan air cucian detergen. Proses tersebut sangat berdampak terhadap perbaikan kekuatan tarik dari hasil pengelasan SMAW ST 37 dengan tidak mengubah komposisi kimia secara menyeluruh.

Berdasarkan data yang sudah dipaparkan dari 2 media pendingin dapat disimpulkan bahwa media pendingin yang bagus yakni air mineral dengan hasil gaya tariknya 7603.2 kgf. Sedangkan untuk media pendingin air cucian menghasilkan gaya tarik 3572.2 kgf.

Kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu pada air mineral dengan nilai uji tarik 7603.2 kgf. Penggunaan air mineral sebagai media pendingin menyebabkan pada baja ST 37 setelah proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas hasil lasan [11]. Pendinginan yang terjadi secara cepat akibat perendaman atau penyiraman air mineral menyebabkan perubahan struktur mikro pada daerah las dan sekitarnya, terutama pada zona yang terkena pengaruh panas (*Heat Affected Zone/HAZ*). Pada baja karbon rendah seperti ST 37, pendinginan cepat (*quenching*) memicu pembentukan struktur *martensit*. *Martensit* terbentuk secara difusi-nol (*diffusionless*), dengan struktur *lath* yang sangat keras dan memiliki dislokasi tinggi, sehingga meningkatkan risiko kekakuan (*brittleness*) dan retak akibat tegangan

internal dan perubahan volumetrik selama transformasi fase [10].

Tabel 1. Ringkasan hasil pengujian

Spesimen	Gaya yield (kgf)	Gaya yield (N)	Tegangan yield (MPa)	Gaya max (kgf)	Gaya max (N)	Tegangan max (MPa)
Air mineral	7.323,7	71.820,96	574,57	7.605,3	74.582,52	596,66
Air cucian	3.268,1	32.049,11	256,39	3.572,2	3.572,2	280,25

Meski demikian, hasil numerik yang lebih tinggi pada air mineral tidak otomatis meniadakan potensi *efek sumping* yang lebih halus namun penting seperti peningkatan kerapuhan lokal, tegangan sisa, atau risiko retak termal pada HAZ. Fenomena itu konsisten dengan literatur yang menjelaskan bahwa laju pendinginan yang sangat cepat (*cooling rate tinggi*) mendorong pembentukan martensit pada baja karbon rendah; martensit meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik, tetapi pada saat bersamaan dapat menurunkan keuletan dan meningkatkan risiko retak (*martensite* = kuat tapi lebih getas).

Adapun mengapa air cucian detergen menghasilkan nilai tarik yang jauh lebih rendah, dapat dijelaskan hal ini karena terhubung langsung dengan komponen kimia air cucian:

1. Perbedaan laju perpindahan panas (*cooling behavior*). Komposisi detergen mengubah tegangan permukaan, membentuk busa dan lapisan insulasi mikro saat kontak dengan logam panas [19]. Lapisan ini dapat mengurangi efektifitas perpindahan panas dibandingkan air murni, sehingga laju pendinginan lebih lambat; pendinginan lambat cenderung menghasilkan fasa yang lebih lunak (*ferrit/pearlit*) daripada martensit, sehingga kekuatan tarik menurun.
2. Kontaminasi permukaan & korosi awal. Air cucian mengandung surfaktan, sisa bahan aktif, dan ion yang dapat menyerang lapisan oksida pasif pada baja.

3. Pengaruh kimia (hidrogen & produk samping). Detergen dan bahan pencuci dapat mengandung sumber hidrogen atau memfasilitasi adsorpsi ion tertentu; hidrogen yang teradsorpsi/termasuk ke dalam matriks dapat menyebabkan *embrittlement* (kerapuhan hidrogen) yang menurunkan kapasitas regangan dan kekuatan tarik.

4. Inhomogenitas pendinginan. Kehadiran bahan organik/deterjen mungkin menghasilkan pendinginan tidak seragam (pola pendinginan berbeda di sepanjang sambungan), meningkatkan tegangan sisa lokal, porositas mikro, atau retak mikro yang mengurangi performa mekanik.

Selain itu, perbedaan suhu yang drastis antara logam las yang masih panas dan air mineral yang dingin dapat menimbulkan tegangan sisa yang tinggi. Tegangan ini, jika tidak dikontrol, dapat menyebabkan deformasi, distorsi, bahkan kegagalan sambungan las secara prematur. Dalam beberapa kasus, pendinginan mendadak juga bisa memicu retak mikro yang sulit terdeteksi secara visual namun berdampak besar terhadap ketahanan struktur dalam jangka panjang.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini membandingkan pengaruh penggunaan air mineral dan air cucian detergen sebagai media *quenching* terhadap kekuatan tarik baja ST 37 hasil pengelasan SMAW. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen yang didinginkan dengan air mineral memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 7.605,3 kgf ($\approx 234,2$ MPa), sedangkan spesimen yang didinginkan dengan air cucian detergen hanya mencapai 3.572,2 kgf ($\approx 110,0$ MPa). Perbedaan ini menunjukkan bahwa pendinginan menggunakan air mineral menghasilkan kekuatan tarik yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan air cucian detergen.

Penurunan kekuatan tarik pada media air cucian detergen diduga dipengaruhi oleh kandungan kimia detergen yang dapat menurunkan efisiensi pendinginan dan memicu korosi awal pada permukaan baja. Namun, faktor-faktor seperti pembentukan martensit, tegangan sisa, atau retak

mikro tidak diuji secara langsung dalam penelitian ini, sehingga memerlukan kajian lanjutan untuk dikonfirmasi.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media pendingin berperan penting dalam menentukan sifat mekanik baja pasca-pengelasan. Air mineral, dalam kondisi penelitian ini, terbukti lebih efektif meningkatkan kekuatan tarik baja ST 37 dibandingkan air cucian detergen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih untuk laboran Lab Pengujian Logam Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang atas bantuannya dalam melakukan pengujian di penelitian ini.

REFERENSI

- [1] H. Bisri and Y. Yunus, "Pengaruh Media Pendinginan Pada Proses Pengelasan SMAW Material Baja SS400 Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro," *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 03, pp. 55–60, 2022.
- [2] Y. Handoyo, "Pengaruh quenching dan tempering pada baja jis grade S45C terhadap sifat mekanis dan struktur mikro crankshaft," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 102–115, 2015.
- [3] A. Achmadi, "Studi Eksperimen Pengaruh Perlakuan Quenching Dengan Variasi Pendingin Konsentrasi Air Garam Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Pada Baja ST 37," *Simetris*, vol. 11, no. 2, pp. 34–42, 2017.
- [4] A. A. Prabowo and S. Sunyoto, "Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Kekuatan Bending Baja AISI 1010," *JMEL J. Mech. Eng. Learn.*, vol. 9, no. 1, 2020, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/jmel/article/view/40310>
- [5] M. A. Sholikhin, A. Suprihanto, and Y. Umardani, "Analisis Pengaruh Perlakuan Panas (*Heat treatment*) Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja Karbon Menengah AISI 1045 Pada Air Laut," *J. Tek. MESIN*, vol. 9, no. 1, 2021.
- [6] A. Januar, "Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG dan SMAW pada Material ST41 dengan Variasi Media Pendingin (Air, Collent, dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 02, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/14811>
- [7] K. B. S. Darma, G. Widayana, and I. N. P. Nugraha, "Pengaruh Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Material ST 37," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 5, no. 1, 2017, doi: 10.23887/jjtm.v5i1.9770.
- [8] Y. Zhang, J. Yang, D. Xiao, D. Luo, C. Tuo, and H. Wu, "Effect of Quenching and Tempering on Mechanical Properties and Impact Fracture Behavior of Low-Carbon Low-Alloy Steel," *Metals (Basel)*, vol. 12, no. 7, p. 1087, 2022.
- [9] I. Saefuloh, H. Haryadi, A. Zahrawani, and B. Adjiantoro, "Pengaruh proses quenching dan tempering terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah dengan paduan laterit," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, pp. 56–64, 2018.
- [10] D. Setiadi and A. K. Samlawi, "Pengaruh Quenching Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Mechanical Propertis Baja S45C," *JTAM ROTARY*, vol. 1, no. 2, pp. 183–192, 2019.
- [11] M. Jordi, H. Yudo, and S. Jokosisworo, "Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 1, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/16295>
- [12] A. Murtiono, "Pengaruh quenching dan tempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja karbon sedang untuk mata pisau pemanen sawit," *J. E-Din.*, vol. 2, no. 2, pp. 57–70, 2012.
- [13] A. Mersilia, P. K. Karo, and Y. I. Supriyatna, "Pengaruh *heat treatment* dengan variasi media quenching air garam dan oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun aisi 6135," *J. Teor. Dan Apl. Fis.*, vol. 4, no. 2, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/jtaf/article/view/1334/1154>
- [14] M. Mulyadi, D. Tafrant, H. Hendradinata, and Z. Zainuddin, "The effect of quenching media on the hardness of AISI 1045 steel," in *5th FIRST T1 T2 2021 International Conference (FIRST-T1-T2 2021)*, 2022, pp. 66–71.

[Online]. Available: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/first-t1-t2-21/125970292>

- [15] D. Satria and others, “Pengaruh waktu tahan proses pack carburizing baja AISI 3115 dengan menggunakan calcium carbonat dan batubara sub bituminous dan mendapatkan perlakuan panas quenching media pendingin air,” *Rotasi*, vol. 21, no. 2, pp. 88–95, 2019.
- [16] Y. Maulana, “Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan SMAW,” *Al Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/article/view/545>
- [17] E. Wahyudi, “Penurunan Kekuatan Impact Baja ST 37 Akibat Pengelasan SMAW,” *Otopro*, pp. 64–70, 2019, doi: 10.26740/otopro.v14n2.p64-70.
- [18] A. T. Wibowo and A. K. Samlawi, “Pengaruh proses quenching dengan media pendingin air dan oli terhadap kekerasan baja dan struktur mikro baja S45C,” *JTAM ROTARY*, vol. 2, no. 2, pp. 137–148, 2020.
- [19] S. Kirono and A. Amri, “Pengaruh Tempering Pada Baja St 37 Yang Mengalami Karburasi Dengan Bahan Padat Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro,” *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, 2011, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/116>