



Pengaruh Variasi Arus Las 100 A, 110 A, Dan 120 A Terhadap Kekuatan Tarik Baja St 37 Setelah Quenching

(The effect of welding current variation at 100 A, 110 A, and 120 A on the tensile strength of quenched St 37 steel)

Dicky Hermawan¹, Ridwan², Purnomo Herlambang³

^{1,2,3} Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: dickyhan723@gmail.com, rdw2296@gmail.com, purnomoharlambang@gmail.com

Abstract— Steel is one of the irreplaceable materials in various industrial, construction, and manufacturing applications. One important aspect in the use of steel is its mechanical properties, particularly tensile strength. One of the methods used to improve the tensile strength of steel is the rapid cooling (quenching) process. However, in addition to quenching, welding is also an important process in steel processing, and welding current strength can significantly affect the mechanical properties of steel. This study aims to determine the effect of variations in welding current strength (100 A, 110 A, and 120 A) on the tensile strength of ST 37 steel that has undergone a rapid quenching process and provide recommendations regarding the use of optimal welding current strength in combination with a rapid quenching process to achieve the desired tensile strength of ST 37 steel. The tensile test data shows significant variations between the three variations of welding current strength of 100 A, 110 A and 120 A on ST 37 steel that has undergone a rapid cooling process (quenching). The 110 A variation showed the highest average stress of 199.485 N/mm², followed by 100 A (172.734 N/mm²) and 120 A (161.182 N/mm²). The largest modulus of elasticity occurred in the 100 A variation with an average value reaching 25788.033 N/mm², while the lowest value occurred in the 110 A variation (12563.533 N/mm²). The highest average strain occurred in the 120 A variation (0.022), followed by 110 A (0.018) and 100 A (0.008). It is concluded that the use of a welding current strength of 100 A is the most optimal choice to achieve the desired tensile strength in ST 37 steel that has undergone a rapid cooling process (quenching).

Keywords— Welding, Quenching, Current Strength, Tensile Strength, ST 37 Steel.

Abstrak— Baja merupakan salah satu material yang tak tergantikan dalam berbagai aplikasi industri, konstruksi, dan manufaktur. Salah satu aspek penting dalam penggunaan baja adalah sifat mekaniknya, khususnya kekuatan tarik. Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan tarik baja adalah dengan proses pendinginan cepat (quenching). Namun, selain quenching, pengelasan juga merupakan proses penting dalam pengolahan baja, dan kuat arus pengelasan dapat memengaruhi sifat mekanik baja secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengaruh variasi kuat arus pengelasan (100 A, 110 A, dan 120 A) terhadap kekuatan tarik las pada baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (quenching) dan memberikan rekomendasi mengenai penggunaan kuat arus pengelasan yang optimal dalam kombinasi proses pendinginan cepat (quenching) untuk mencapai kekuatan tarik yang diinginkan pada baja ST 37. Data hasil pengujian tarik menunjukkan variasi yang signifikan antara ketiga variasi kuat arus pengelasan 100 A, 110 A dan 120 A terhadap baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (quenching). Variasi 110 A menunjukkan tegangan rata-rata tertinggi sebesar 199,485 N/mm², diikuti oleh 100 A (172,734 N/mm²) dan 120 A (161,182 N/mm²). Modulus elastisitas terbesar terjadi pada variasi 100 A dengan nilai rata-rata mencapai 25788,033 N/mm², sementara nilai terendah terjadi pada

*variasi 110 A (12563,533 N/mm²). Regangan rata-rata tertinggi terjadi pada variasi 120 A (0,022), diikuti oleh 110 A (0,018) dan 100 A (0,008). Disimpulkan bahwa penggunaan kuat arus pengelasan 100 A merupakan pilihan yang paling optimal untuk mencapai kekuatan tarik yang diinginkan pada baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*).*

Kata Kunci— Pengelasan, *Quenching*, Kuat Arus, Kekuatan Tarik, Baja ST 37.

I. PENDAHULUAN

Baja adalah paduan logam yang komponen utamanya adalah besi, dengan karbon sebagai bahan paduan utama. Karbon bekerja sebagai agen pengerasan, mencegah atom besi, yang secara alami menyatu dalam kisi, agar tidak saling meluncur. Memvariasikan jumlah karbon dan distribusi paduan dapat mengontrol kualitas baja. Baja dengan jumlah karbon yang lebih banyak dapat mengeraskan dan memperkuat besi, tetapi juga lebih rapuh. Baja merupakan salah satu material yang tak tergantikan dalam berbagai aplikasi industri, konstruksi, dan manufaktur. Salah satu aspek penting dalam penggunaan baja adalah sifat mekaniknya, khususnya kekuatan tarik. Kekuatan tarik adalah kemampuan baja untuk menahan beban tegangan sebelum mengalami deformasi atau kerusakan struktural. Meningkatkan kekuatan tarik baja adalah tujuan utama dalam mengoptimalkan performa dan keamanan suatu struktur atau produk yang terbuat dari baja.

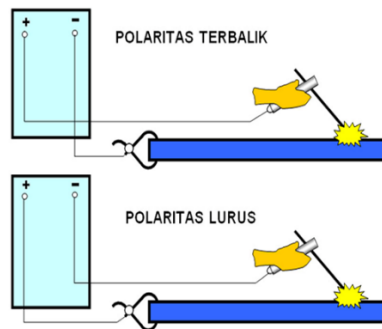
Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan tarik baja adalah dengan proses pendinginan cepat (*quenching*). Proses pendinginan cepat (*quenching*) adalah proses *heat transfer* (perpindahan panas) dengan laju yang sangat cepat. Pada perlakuan *quenching* yang akan terjadi adalah percepatan pendinginan terdiri dari temperatur diakhir perlakuan dan mengalami perubahan dari *austenite* menjadi *bainite* dan *martensite* untuk dapat menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Proses pendinginan cepat (*quenching*) melibatkan pemanasan baja ke suhu tinggi dan kemudian pendinginan tiba-tiba dengan menggunakan media pendingin seperti air atau minyak. Hasil dari proses ini adalah perubahan mikrostruktur dalam baja yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya.

Pada penelitian ini, peneliti akan memfokuskan perhatian pada baja jenis ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*), dan peneliti akan mengeksplorasi pengaruh kuat arus pengelasan (dalam variasi 100 A, 110 A, dan 120 A) terhadap kekuatan tarik dari baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*). Apabila arus yang dihasilkan terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan dapat menghasilkan permukaan las yang lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan. Sehingga Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi mengenai penggunaan kuat arus pengelasan yang optimal dalam kombinasi proses pendinginan cepat (*quenching*). Penentuan sifat mekanik baja setelah proses pendinginan cepat (*quenching*) dengan alat uji tarik UTM (*Universal Testing Machine*) untuk penentuan kuat tarik dengan menggunakan ASTM (*American Society for Testing and Material*) A370.

II. LANDASAN TEORI

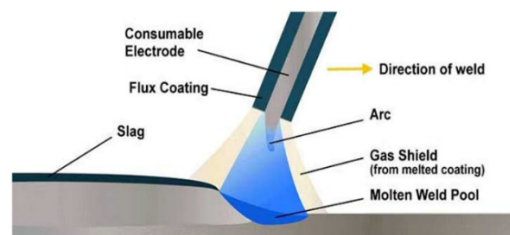
Teknologi pengelasan modern menggunakan alat yang canggih dan mudah dioperasikan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengelasan adalah kuat arus yang dipakai, jenis logam yang akan dilas, serta jenis *Heat Treatment*. Pengaruh variasi kuat arus pengelasan 100 A, 110 A, dan 120 A terhadap kekuatan tarik *Steel* (Baja) atau biasa di sebut ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*). ST 37 adalah baja karbon rendah, yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja ini sering di pakai untuk konstruksi bangunan, pembuatan pipa, mesin, roda gigi, dan lain-lain.

A. Shielded Metal Arc Welding (SMAW)



Gambar 1. Polaritas terbalik dan lurus

SMAW (Shielded Metal Arc Welding) adalah salah satu jenis pengelasan yang menggunakan loncatan elektron (busur listrik) sebagai sumber panas untuk mencairkan logam. Temperatur busur dapat mencapai 3300°C, jauh di atas titik lebur baja, sehingga dapat mencairkan baja dengan seketika/cepat (instant). *SMAW* dapat menggunakan arus bolak-balik (AC = *alternating current*) atau arus searah (DC = *direct current*). Adapun secara skematis *SMAW* dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2. Skematis SMAW

B. Baja ST 37

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. *Deutsches Institut fur Normung* atau DIN 17-100 mengatur jenis baja karbon untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan tarik. Baja AISI 1037, juga dikenal sebagai baja ST 37, adalah baja karbon rendah yang tidak diklasifikasikan sebagai Baja dengan kandungan karbon rendah adalah baja keras. Baja ringan, juga dikenal sebagai baja perkakas, adalah baja yang mengandung kurang dari 0,3% karbon. Setiap ton baja karbon rendah mengandung antara 10 dan 30 kilogram karbon. Baja karbon rendah kuat dan mudah dibentuk, serta dapat diproses baik dalam keadaan panas maupun dingin. "St" adalah singkatan dari "*steel*". Namun, nilai 37 menunjukkan batas kekuatan tarik minimum 37 km/mm². Setara dengan AISI (*The American iron & Steel Institute*) untuk baja ST 37 dengan komposisi kekerasan 0,5% karbon, 0,8% mangan, dan 0,3% silikon adalah ± 170 HB dengan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm².

C. Elektroda

Elektroda pada las *SMAW* biasanya dilapisi dengan lapisan fluks, yang menghasilkan gas pelindung yang melindungi cairan logam dari kontaminasi udara. Lapisan fluks juga membantu membentuk terak las, yang melindungi cairan las dari udara sekitar. Lapisan elektroda ini terdiri

dari campuran kimia yang dimodifikasi untuk memenuhi kebutuhan pengelasan. *AWS (American Welding Society)* menyatakan bahwa elektroda diklasifikasikan dengan huruf E yang diikuti oleh empat atau lima digit, misalnya E xxxx (x). Tiga digit atau dua digit pertama dari kode menunjukkan kekuatan tarik hasil las; tiga digit pertama menunjukkan kekuatan tarik lebih dari 100.000 psi, dan dua digit pertama menunjukkan kekuatan tarik kurang dari 100.000 psi.

Tabel 1. Kode Elektroda

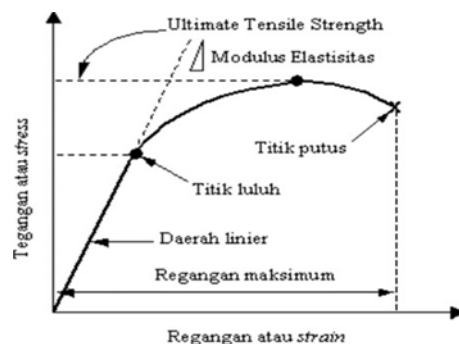
Angka Keempat	Jenis Selaput (Fluks)	Arus Pengelasan
0	Natrium selulosa, Oksida besi tinggi	DC+
1	Kalium – Selulosa tinggi	AC,DC+
2	Natrium – Titania tinggi	AC,DC-
3	Kalium – Titania tinggi	AC,DC+
4	Serbuk besi, Titania	AC,DC+/-
5	Natrium – Hydrogen rendah	DC+
6	Kalium – Hydrogen rendah	AC,DC+
7	Serbuk besi, Oksida besi	AC,DC+
8	Serbuk besi, Hydrogen rendah	AC,DC+

D. Quenching

Pendinginan adalah proses pendinginan logam dengan cepat setelah spesimen dipanaskan hingga suhu tertentu dan kemudian didinginkan dengan cepat dalam media tertentu, seperti air, minyak, atau larutan garam. Prosesnya *quenching* dapat dilakukan pada berbagai jenis logam, seperti baja, aluminium, dan tembaga. Tingkat kekentalan media pendingin juga mempengaruhi hasil pendinginan. Semakin cepat logam didinginkan, maka akan semakin keras logam tersebut. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan cepat lebih banyak dibandingkan dengan pendinginan lambat. Ini karena atom karbon tidak punya waktu untuk berdifusi keluar, terperangkap dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal dengan ruang antar atom. Struktur tetragonal dengan ruang antar atom yang kecil, sehingga kekerasannya meningkat. Salah satu media pendingin yang sering digunakan adalah oli.

E. Uji Tarik

Pengujian kekuatan tarik adalah pembebanan pada material dengan memberikan gaya yang berlawanan pada material dengan arah menjauhi titik pusat, pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik suatu material. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar untuk menguji dan mempelajari kekuatan bahan. Hasil dari pengujian kekuatan tarik material adalah perubahan bentuk (deformasi) material, yaitu pergeseran butiran kristal material hingga terlepasnya ikatan kristal akibat gaya maksimum. Proses deformasi material hingga patah, dapat diketahui melalui tahapan pengujian tarik. Hasil pengukuran dari pengujian tarik berupa kurva yang memberikan hubungan antara gaya yang digunakan dengan deformasi material.

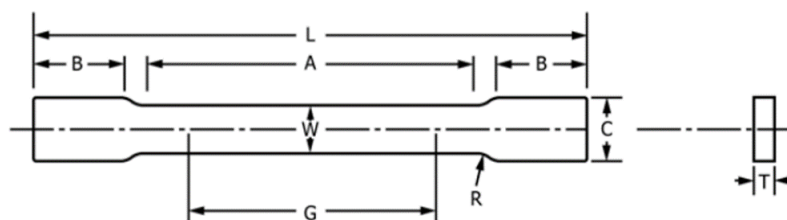
Gambar 3. Dimensi spesimen *ASTM A370*.

Sifat mekanik pertama yang dapat diketahui dari kurva pengujian tarik yang dihasilkan adalah kekuatan tarik maksimum yang diberi simbol U. Simbol U diperoleh dari kata ultimate yang berarti puncak. Jadi besarnya kekuatan tarik ditentukan oleh tegangan maksimum yang diperoleh dari kurva tarik.

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

A. *American Society for Testing and Material (ASTM)*

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST 37 yang telah dipotong sesuai dengan spesifikasi *American Society for Testing and Material (ASTM)*, spesifikasi yang digunakan adalah *ASTM A370*. Setiap sampel memiliki dimensi yang sama yaitu panjang 200mm, lebar 20mm, dan tebal 3mm. Sebelum proses pengelasan, sampel-sampel ini dibersihkan dari kontaminan seperti minyak dan debu yang menempel pada sampel yang di uji.

Gambar 4. Dimensi Spesimen *ASTM A370*

Gambar 3.1 menunjukkan dimensi spesimen berdasarkan spesifikasi *ASTM A370*. Dimensi yang tertera pada gambar ini sangat penting untuk memastikan bahwa setiap spesimen yang diuji memiliki ukuran yang sesuai dengan standar, yang memungkinkan hasil pengujian yang konsisten dan dapat diandalkan.

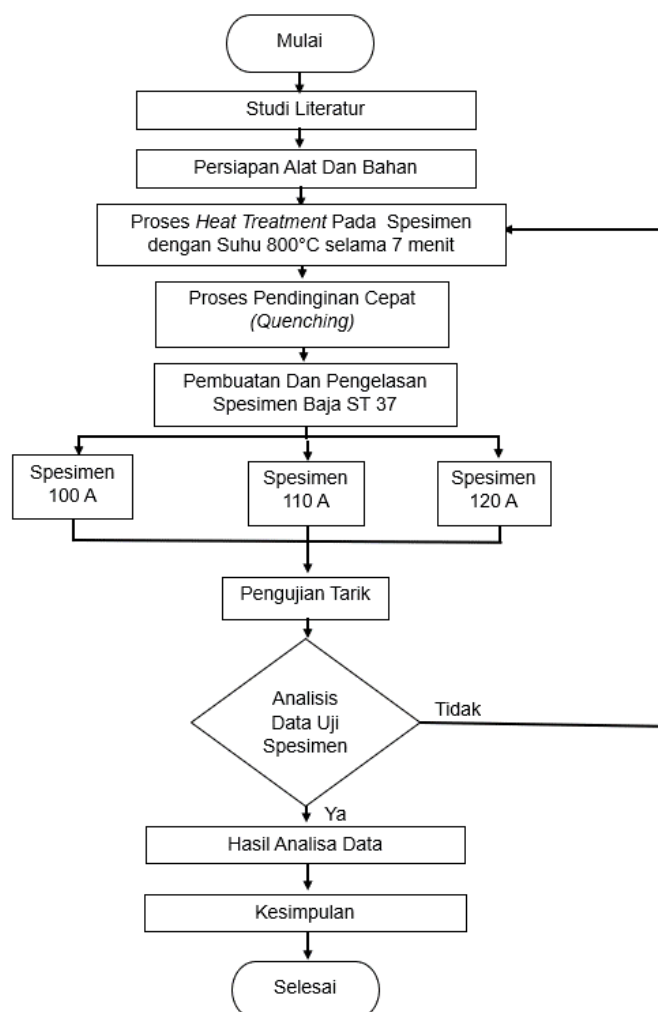
Tabel 2. Dimensi Spesimen *ASTM A370*

Keterangan Dimensi Spesimen	mm
G—Gauge length	50
W—Width	12,5
T—Thickness	3
R—Radius of fillet	13

L—Overall length	200
A—Length of reduced section	60
B—Length of grip section	50
C—Width of grip section	20

B. Flow Chart Sistem

Desain penelitian yang digunakan adalah desain eksperimen dengan tiga kelompok perlakuan berdasarkan variasi kuat arus pengelasan, yaitu kelompok 100 A, 110 A, dan 120 A. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*). Setiap kelompok perlakuan akan menjalani prosedur pengelasan dan pengujian tarik yang sama untuk memastikan konsistensi hasil. Dengan menggunakan desain ini, diharapkan dapat ditemukan kuat arus pengelasan yang terbaik pada baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*).



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Model

Penelitian yang dilaksanakan pada logam baja ST 37 dengan variasi kuat arus pengelasan yang berbeda dengan baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*). Di awal penelitian melalui proses pendinginan cepat (*quenching*) dan pengelasan pada benda uji. Proses pemotongan plat baja ST 37 dengan bantuan alat potong. Pemotongan baja tersebut dilakukan di laboratorium Proses Produksi yang berada di Departemen Aeronautika AAU, proses pemotongan dilakukan dengan menggunakan alat bantu yang sudah tersedia dan dilakukan pada waktu perancangan tugas akhir.



Gambar 6. Proses Pemotongan Baja

Pada tahap proses pengelasan dilakukan setelah baja mendapat perlakuan proses pendinginan cepat (*quenching*) dan baja dipotong sesuai dengan ukuran yang ditentukan yaitu *ASTM A370*. Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik (SMAW). Proses pengujian kekuaran tarik dilakukan di Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto (ITDA), bagian dari Laboratorium Pengujian Bahan, Laboratorium Terpadu. Pengujian tarik dilakukan pada baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*), terhadap masing-masing spesimen yang memiliki variasi kuat arus pengelasan yang berbeda-beda.



Gambar 7. Pengujian Kekuatan Tarik

Proses pembentukan spesimen sesuai ukuran *ASTM A370*. Spesimen dibentuk menggunakan alat potong baja dan setelah terbentuk kemudian spesimen melewati proses pendinginan cepat

(*quenching*), selanjutnya akan melaksanakan proses pengelasan dengan variasi Amper yang berbeda beda dengan pengelasan *SMAW*.



Gambar 8. Pembentukan Spesimen

Hasil dari pengukuran kekuatan tarik pada spesimen uji dengan variasi kuat arus pengelasan 100 A, 110 A, dan 120 A adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Kuat Uji Tarik Baja ST 37

No	Tebal (mm)	Lebar (mm)	A (mm ²)	L ₀ (mm)	L ₁ (mm)	ΔL (mm)	F (N)
L100(1)	5,00	13,00	65,00	200	201	1,00	9200,4715
L100(2)	5,00	13,00	65,00	200	201	1,00	11672,944
L100(3)	5,00	13,00	65,00	200	203	3,00	12809,721
L110(1)	5,00	13,00	65,00	200	202	2,00	10588,269
L110(2)	5,00	12,00	60,00	200	206	6,00	13745,314
L110(3)	5,00	12,00	60,00	200	203	3,00	12388,27
L120(1)	6,00	16,00	96,00	200	201	1,00	12555,415
L120(2)	6,00	13,00	78,00	200	210	10,00	15406,953
L120(3)	6,00	13,00	78,00	200	202	2,00	12108,33

Keterangan :

F = Beban yang diberikan terhadap spesimen (N)

A = Luas spesimen (mm²)

L₀ = Panjang mula-mula (mm)

L₁ = Panjang akhir (mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

B. Pembahasan

Berdasarkan data perhitungan di bawah, dapat dilihat nilai Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas dari hasil percobaan uji tarik pada pengelasan dengan variasi kuat arus pengelasan 100 A, 110 A, dan 120 A. Dari perbandingan pada tabel dapat diketahui nilai Tegangan dan Modulus Elastisitas pada spesimen dengan kuat arus pengelasan pada baja ST 37 yang telah mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*). Modulus elastisitas terbesar adalah pada spesimen dengan kuat arus pengelasan 100 A sebesar 25788,033 N/mm². Hal ini terjadi dikarenakan pengelasan dengan kuat arus pengelasan 100 A memiliki kuat tarik yang lebih besar dibanding variasi kuat arus pengelasan lainnya.

Tabel 4. Data Hasil Analisis Uji Tarik

Spesimen	Tegangan (N/mm ²)	Regangan	Modulus Elastisitas (N/mm ²)
L100(1)	141,546	0,005	28309,100
L100(2)	179,584	0,005	35916,800
L100(3)	197,073	0,015	13138,200
Rata-rata	172,734	0,008	25788,033
L110(1)	162,896	0,010	16289,600
L110(2)	229,089	0,030	7636,300
L110(3)	206,471	0,015	13764,700
Rata-rata	199,485	0,018	12563,533
L120(1)	130,786	0,005	26157,100
L120(2)	197,525	0,050	3950,500
L120(3)	155,235	0,010	15523,500
Rata-rata	161,182	0,022	15210,367

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data pengujian, dapat disimpulkan bahwa variasi arus pengelasan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanis baja ST 37 setelah mengalami proses pendinginan cepat. Arus pengelasan 110 A menghasilkan tegangan tarik tertinggi, menunjukkan bahwa arus ini memberikan kekuatan maksimum pada spesimen. Namun, modulus elastisitas tertinggi ditemukan pada arus 100 A, menunjukkan kekakuan yang lebih tinggi pada arus ini. Sebaliknya, arus 120 A menunjukkan regangan tertinggi, yang berarti spesimen lebih mampu meregang sebelum patah, tetapi dengan kekuatan tarik yang lebih rendah. Dengan demikian, pemilihan arus pengelasan harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik terkait kekuatan, kekakuan, atau regangan material.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar variasi arus pengelasan diperluas, misalnya dengan meneliti arus di luar kisaran yang telah diuji, seperti 90 A atau 130 A, untuk menemukan batas optimal yang menghasilkan sifat mekanis terbaik. Selain itu, penggunaan elektroda yang berbeda, seperti E7018, dapat memberikan wawasan tambahan tentang pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanis baja ST 37. Pengujian lanjutan seperti uji kekerasan, uji dampak, dan analisis mikrostruktur juga disarankan untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai perubahan sifat material akibat variasi arus pengelasan dan proses pendinginan cepat. Penelitian ini akan memperluas pengetahuan dan aplikasi hasil pengujian pada berbagai kondisi material.

REFERENSI

- [1] Daryanto. 2012. Teknik Las, Bandung: Cv. Alfabeta.
 - [2] Fatih, B., dan Kurniawan, A. 2023. Analisa Hasil Sambungan Pengelasan SMAW Pada Material Baja ST 37 Dengan Variasi Arus Dan Jarak Kampuh Las Terhadap Pengujian Bending Dan Magnetic Test (MT), Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang, Jurnal Mesin Material Manufaktur Dan Energi (Jmmme), Vol 3 (1), 01-09.
 - [3] Handoyo, Y. 2015. Pengaruh Quenching dan Tempering pada Baja JIS Grade S45C terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Crankshaft, Universitas Islam 45 Bekasi, Jurnal Imiah Teknik Mesin, Vol. 3, No.2 dari <http://ejournal.unismabekasi.ac.id/>.
 - [4] Helmi Purwanto. 2011. Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang, Momentum, Vol. 7, No. 1.
 - [5] Jenis—Jenis Pengelasan—SLV. (n.d.). Diakses 8 November 2023, dari <https://slv.co.id/jenis-jenis-pengelasan/>.
 - [6] Kupas Tuntas Kawat Las Listrik (Elektroda): Jenis, Penggunaan, dan Keunggulannya—Enjintuls.com. (n.d.). Diakses 20 September 2023, dari <https://enjintuls.com/kawat-las/>.
 - [7] Laboratuar Metode Standar ASTM A370 untuk Pengujian Mekanis Produk Baja. Diakses 24 Juni 2024, dari <https://www.laboratuar.com/id/>.
 - [8] Nugroho dan Setiawan. 2018. Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Sambungan Las Plate Carbon Steel Astm 36, Jurnal Rekayasa Sistem Industri, Volume 3. No.2.
 - [9] Zaki, M., Harlin, H. And Syofii, I. 2021. Pengaruh Perlakuan Panas Quenching Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja St 37, Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, 8(2), pp. 151–160. dari: <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/ptm/index>.
-