

Pengaruh Kuat Arus Las SMAW Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Makro Bahan ST 37

Rizky Aditya Berlianto^a, Hendri Suryanto^{a*}

^aSekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1 Mentul Cepu, Blora

*E-mail: hendrie.s72@gmail.com

Tentang naskah:

-diterima 00 Des 2024
-direview 00 Des 2024
-diterbitkan, 00 Des 2024

Kata kunci:

Emisi gas buang, Metanol,
Akselerasi, Konsumsi bahan
bakar, Motor empat langkah

Intisari

Pemilihan parameter arus las yang tepat mempengaruhi kekuatan dan sifat mekanis logam pada proses pengelasan. Pengelasan SMAW adalah teknik yang sering digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus 70, 85, dan 100A terhadap kekuatan tarik dan struktur makro pada baja ST 37 saat menggunakan elektroda E6013 dengan metode pengelasan SMAW. Berdasarkan hasil pengujian tarik, kuat arus 85A lebih dominan memiliki kekuatan tegangan tertinggi daripada kuat arus yang lain, tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 448,16 N/mm², regangan maksimum 9,3%, dan modulus elastisitas sebesar 4924,8 Mpa. Terlihat pada pengamatan pengujian struktur makro, dimana kuat arus 85A tidak memiliki cacat las dan memiliki penetrasi yang baik.

Abstract

Proper selection of weld current parameters affects the strength and mechanical properties of the metal in the welding process. SMAW welding is a technique that is often used. This study aims to determine the effect of variations in current strength of 70, 85, and 100A on the tensile strength and macro structure of ST 37 steel when using E6013 electrodes with the SMAW welding method. Based on the tensile testing results, the 85A current strength is more dominant in having the highest stress strength than other current strengths, the maximum stress obtained is 448.16 N/mm², the maximum strain is 9.3%, and the elastic modulus is 4924.8 Mpa. It can be seen in the observation of macro structure testing, where the 85A current strength has no weld defects and has good penetration.

Keywords:

Tensile Strength, Macro
Structure, SMAW, Current
Strength, ST 37 Steel

1. Pendahuluan

Penggunaan logam, termasuk pelat baja karbon, telah meluas dalam berbagai aspek kehidupan. Baja karbon sendiri dikelompokkan menjadi tiga jenis utama, yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi (Hari dkk., 2023). Dalam pengelasan, kualitas hasil las dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah besarnya arus listrik yang digunakan. Oleh karena itu, pemilihan parameter arus las yang tepat sangat penting karena memengaruhi kekuatan dan perubahan sifat mekanis logam yang dilas. (Boangmanalu dkk, 2023)

Kuat yang digunakan pada saat pengelasan sangat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Semakin besar arus yang digunakan, proses peleburan logam akan lebih cepat. Penggunaan arus yang kuat dapat melebarkan rigi-rigi las dan menimbulkan lubang pada bahan kerja tipis. Arus yang tinggi juga mempengaruhi struktur atom pada daerah pengelasan, dengan efek rekristalisasi pada HAZ (*Heat Affected Zone*) yang menimbulkan butiran dan mengurangi kualitas kekuatan las. Arus

yang terlalu kecil dapat mempengaruhi lelehnya logam dan menghasilkan penyatuan yang tidak baik. Lonjakan arus kecil juga dapat menyebabkan elektroda menempel pada benda kerja (Iwan dkk. 2021).

Pengelasan diterapkan di berbagai sektor industri, termasuk pembuatan boiler, perkapalan, dan pipa bertekanan. Selain itu, pengelasan juga berguna untuk perbaikan, misalnya menambal lubang pada besi cor, melapisi perkakas agar lebih keras, dan mempertebal bagian yang aus. Pengelasan bukanlah tujuan akhir dalam konstruksi, melainkan sebuah cara untuk menghasilkan proses pembuatan yang lebih baik. Oleh karena itu, desain pengelasan harus benar-benar mempertimbangkan kesesuaian antara sifat las, yaitu kekuatan sambungan, dan memperhatikan detail sambungan las agar hasil pengelasan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Proses pengujian hasil pengelasan, sesuai dengan Permenakertrans No. 2 Tahun 1982 mengenai klasifikasi juru las, mencakup beberapa metode pengujian, yaitu pengujian visual, radiografi, makropis, dan sifat

mekanik. Pengujian ini penting untuk memastikan kekuatan dan keselamatan sambungan las agar memenuhi standar kualitas yang dibutuhkan di tempat kerja (Rienaldy dkk. 2020).

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini penulis meneliti pengaruh penggunaan kuat arus pengelasan yang berbeda – beda pada pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda E6013 terhadap kekuatan tarik dan struktur makro bahan baja ST 37.

2. Kerangka Teori

2.1 Shielded Metal Arc Welding

Shielded Metal Arc Welding (SMAW), atau sering disebut las busur listrik dengan elektroda terlindung, menggunakan panas dari busur listrik (dengan pengaturan kuat arus tertentu) untuk melelehkan logam. Pengelasan SMAW menggunakan energi listrik (AC atau DC) yang diubah menjadi panas melalui busur listrik yang dihasilkan oleh elektroda. Busur listrik muncul saat ujung elektroda las didekatkan ke logam yang akan dilas dengan jarak sangat dekat (beberapa milimeter). Perbedaan tegangan antara elektroda dan logam tersebut menyebabkan arus listrik mengalir dan menghasilkan busur listrik.

2.2 Baja ST 37

Baja ST37 menggunakan standarisasi dari Jerman (DIN), yang artinya kode ST 37 memiliki kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm². Secara umum, baja dengan nilai karbon kurang dari 0,45% dianggap memiliki kemampuan las yang baik, dan logam pengisi yang digunakan dalam proses pengelasan pada dasarnya harus serupa dengan logam dasar (Okumura., Wiryosumarto. 2008). Komposisi kimia baja ST 37 terlihat pada tabel 2.1.

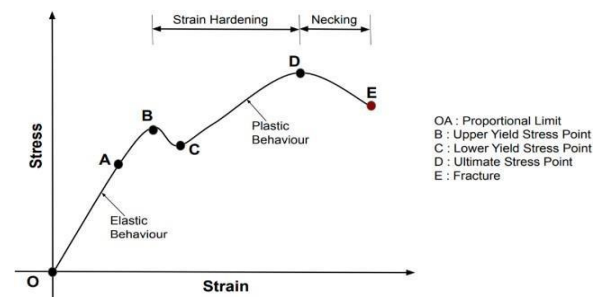
Tabel 1 Komposisi Baja ST 37

Inspection Items		Chemical Composition (wt. %)				
		C	SI	MN	P	S
		× 100	×100	×100	×100	×100
Spec.	Min.	10	15	3		
	Max.	25	25	6	3	35
	Result	25	25	4	MAX	MAX
Inspection Items		Product Hardness (HB)				
		SURFACE			100 HB	

2.3 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah proses memberikan gaya tarik atau tegangan pada suatu material untuk mengukur dan mengetahui kekuatannya. Dalam uji tarik, tegangan

yang diukur adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sepanjang sumbu benda uji. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan gaya tarik secara berkelanjutan pada benda uji, menyebabkan perpanjangannya meningkat secara teratur hingga benda tersebut patah. Tujuan dari uji tarik ini adalah untuk menentukan nilai kekuatan tarik material. Untuk mengukur kekuatan tarik suatu material saat diberi beban tarik, gaya yang diberikan harus searah dengan sumbu material sehingga menghasilkan beban tarik lurus. Jika gaya tarik membentuk sudut terhadap sumbu material, maka akan timbul gaya lentur. Dalam uji tarik, benda uji diberi beban tarik satu sumbu yang terus meningkat, sambil diamati perpanjangan yang terjadi pada benda uji tersebut (<https://belajarmetalurgi.blogspot.com>).



Gambar 1 Kurva Stress dan Strain pada Uji Tarik (Boangmanalu dkk, 2023)

Kurva tegangan-regangan tersebut menggambarkan kekuatan suatu material yang diuji dengan uji tarik. Dari kurva ini, dapat dianalisis dan diketahui beberapa karakteristik penting material, antara lain: titik luluh, batas elastisitas, batas plastisitas, posisi necking dan kekuatan tarik maksimum suatu bahan.

Untuk mencari nilai kekuatan tarik dapat dinyatakan dalam persamaan (1) berikut ini.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

dimana:

σ = Tegangan normal (N/mm²)

F = Gaya yang bekerja/beban maksimal (N)

A_0 = Luas penampang awal (mm²).

Besarnya regangan adalah perubahan panjang benda uji dibagi dengan panjang awalnya. Dinyatakan dalam persamaan (2) berikut ini.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

ε = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang daerah ukur atau panjang awal (mm).

Pada daerah proporsional, yaitu area di mana tegangan dan regangan berbanding lurus, defleksi (perubahan bentuk) yang terjadi masih bersifat elastis dan Hukum Hooke masih berlaku. Harga modulus elastisitas adalah harga perbandingan tegangan dibanding dengan regangan dinyatakan dalam persamaan (3) berikut ini.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

dimana:

E = modulus elastisitas (N/mm²)

2.4 Pengamatan Struktur Makro

Struktur makro mengacu pada tampilan dan karakteristik material pada skala yang lebih besar, di mana fitur-fitur strukturalnya dapat diamati tanpa perlu menggunakan perbesaran tinggi. Ini melibatkan pengamatan visual dari sifat-sifat material seperti tekstur, pola, bentuk, dan ukuran pada ukuran yang cukup besar. Pada skala makro, struktur material dapat terdiri dari berbagai elemen seperti butir-butir, serat-serat, pori-pori, lapisan-lapisan, atau pola deformasi. Struktur makro dapat berkaitan dengan keadaan fisik material, seperti bentuk permukaan, tampilan permukaan, atau pola permukaan.

Pengamatan struktur makro dapat dilakukan dengan menggunakan mata telanjang, atau dengan alat bantu seperti mikroskop makro atau stereo mikroskop. Dalam pengamatan struktur makro, fokus utama adalah pada fitur-fitur yang dapat terlihat secara langsung tanpa perlu perbesaran yang signifikan. Pemahaman struktur makro material penting dalam berbagai bidang, termasuk ilmu material, metalurgi, rekayasa, dan industri manufaktur. Informasi tentang struktur makro dapat memberikan wawasan tentang sifat mekanik material, kualitas pengolahan, pola deformasi, kekuatan, ketangguhan, dan karakteristik lainnya yang berpengaruh terhadap performa material dalam berbagai aplikasi.

Pengamatan struktur makro mengacu pada pengamatan visual dari struktur material pada skala yang lebih besar, biasanya dengan menggunakan alat bantu seperti mikroskop makro atau mata telanjang. Metode ini berguna untuk

mempelajari karakteristik dan pola struktural material yang dapat diamati dengan mudah tanpa perlu memperbesar sampel secara signifikan (Ahmad, 2023).

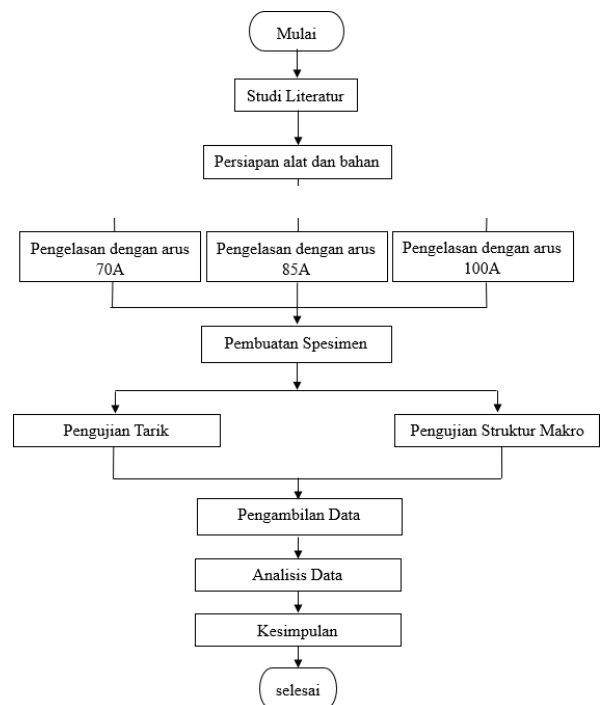
2.5 Cairan Etsa

Menurut Hasbi, (2016) bahwa pengetsaan menggunakan cairan *aquaregia* yang mengandung asam nitrat (HNO₃), asam klorida (HCl) dicampur dengan perbandingan 1:1. Fungsi *aquaregia* adalah menghilangkan lapisan pengoksidasi pada permukaan sampel dengan cara membiarkannya mengalir di permukaan dan menunggu beberapa detik hingga bereaksi sesaat sebelum reaksi kavitas tidak terjadi, kemudian sampel disemprot dengan air bersih. Sampel yang dipersiapkan untuk proses etsa harus memenuhi kriteria permukaan yang dipoles secara presisi dan bebas dari deformasi plastis, mengingat deformasi plastis berpotensi memodifikasi struktur mikro spesimen.

3. Metodologi

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini secara garis besar digambarkan dalam diagram alir berikut ini.

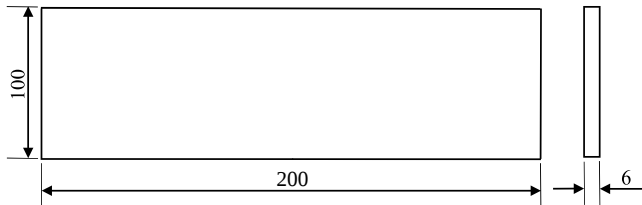


Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pembuatan Spesimen Las

Tahapan persiapan material meliputi proses pemotongan spesimen uji yang digunakan untuk proses pengelasan,

Pembuatan spesimen untuk uji tarik sesuai standart ASTM (*American Standart for Tension Testing Of Metallic Materials*) No. E8/E8 M : 2015 *Standard Speciment Sheet Type 12,5 mm*.



Gambar 3 Pemotongan Pelat Baja ST 37

3.3 Proses Pengelasan Spesimen

Proses pengelasan dilakukan menggunakan Las SMAW dengan jenis arus AC. Berikut adalah tahapan dalam proses pengelasan pada material:

1. Mempersiapkan mesin las SMAW dengan tipe arus AC
2. Mempersiapkan elektroda E6013 diameter 3,2 mm
3. Mempersiapkan benda kerja yang akan di las
4. Melakukan proses pengelasan menggunakan arus 70, 85, 100A dengan cara bergantian pada setiap 3 spesimen. menggunakan arus 70, 85, 100A dengan cara bergantian pada setiap 3 spesimen.

Dibuang	1,5
Spesimen 1 Uji Tarik	2
Spesimen 2 Uji Tarik	2
Spesimen 3 Uji Tarik	2
Spesimen Uji Makro	2
Dibuang	1,5
20	

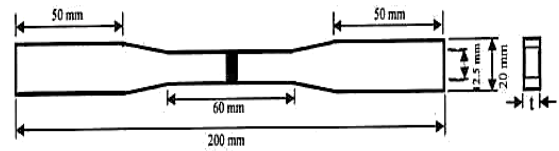
Gambar 4 Pengelasan Pelat Uji Tarik & Makro

5. Dalam proses pengelasan spesimen diperbolehkan menggunakan kampuh V, menurut (Wiryosumarto & Okumura, 2008).
6. Jumlah Spesimen uji yang digunakan pada tugas akhir ini ditampilkan pada tabel 3.1 Jumlah spesimen uji tarik keseluruhan adalah 9 spesimen dan uji foto makro adalah 3 spesimen.

3.4 Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Setelah proses pengelasan selesai dilakukan, selanjutnya adalah pembuatan

spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM E-8 seperti pada gambar 3.4.



Gambar 5 Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E-8

3.5 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan pada material yang telah di las. Berikut ini adalah prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian tarik:

1. Menyiapkan dan memposisikan kertas blok milimeter pada plotter.
2. Menyetel beban dan pencatat grafik pada mesin.
3. Memulai pengujian dengan tanpa beban awal (0 kg), kemudian gaya tarik diberikan secara bertahap menggunakan sistem hidrolik hingga benda uji akhirnya patah saat mencapai batas kekuatan tariknya yang maksimum.
4. Setelah benda uji patah atau putus, kemudian mengukur penampang dan panjangnya.
5. Patahnya benda uji menunjukkan gaya atau beban maksimal, kemudian ditunjukkan pada layar digital dan catat nilai tersebut sebagai hasil uji tarik.
6. Mencetak hasil diagram pada kertas blok milimeter di atas meja plotter.
7. Dari data hasil pengujian, dihitunglah kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan, dan pengurangan penampang menggunakan rumus-rumus yang relevan.



Gambar 6 Proses Pengujian Tarik

3.6 Pengamatan Struktur Makro

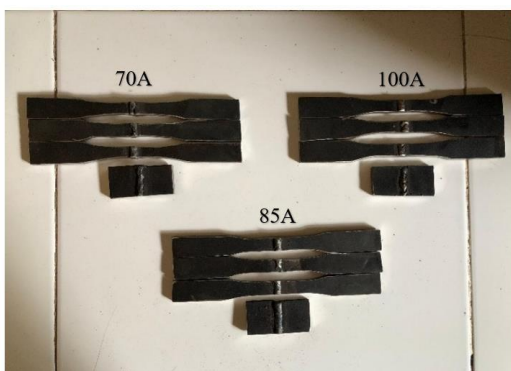
Pada pengamatan struktur makro dilakukan dengan spesimen dari sisa spesimen yang digunakan, untuk proses pengamatan struktur makro sebagai berikut:

1. Persiapan sampel: sampel pengelasan dipotong dan dipoles untuk memperoleh permukaan yang rata dan bersih.
2. Pengamatan visual: Sampel pengelasan diamati secara visual menggunakan mikroskop. Tujuan pengamatan ini untuk melihat karakteristik umum pengelasan seperti zona pengaruh panas (Heat affected zone), zona lelehan (Fusion zone), dan zona dasar (Base metal zone).
3. Pengukuran dimensi: Dimensi kritis dari pengelasan, seperti ketebalan lelehan dan lebar zone pengaruh panas diukur dengan menggunakan alat ukur yang sesuai.
4. Mengidentifikasi cacat pengelasan dimana sampel diperiksa untuk melihat ada tidaknya cacat pada sampel pengelasan seperti cacat retak, porositas, inklusi atau deformasi dengan menggunakan cairan etsa.
5. Menganalisis data hasil pengamatan makro untuk melihat kualitas pengelasan supaya untuk mengetahui cacat pengelasan agar dapat diperbaiki atau peningkatan dalam proses pengelasan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah metode yang digunakan untuk menentukan kekuatan material dengan cara menariknya secara kontinyu hingga mencapai batas putus. Uji ini mengukur parameter penting seperti tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. setelah diberi perlakuan variasi kuat arus las pada pengelasan SMAW pada material ST37.



Gambar 7 Spesimen Uji Tarik Sebelum diuji

Pengujian tarik ini dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik baja ST 37 dengan menerapkan gaya tarik berlawanan arah menggunakan mesin uji tarik (tensile tester). Pengujian tarik pada hasil pengelasan SMAW baja ST 37 memungkinkan kita untuk mengukur sifat mekanis material, khususnya ketangguhannya terhadap gaya tarik. Ketangguhan dalam konteks ini merujuk pada kemampuan material untuk menahan deformasi elastis (perubahan bentuk yang dapat kembali ke semula) saat dikenai gaya. Untuk mengetahui Modulus elastisitas (E), dihitung dengan rumus tegangan (σ) dibagi regangan (ϵ). Tegangan adalah gaya yang menyebabkan deformasi dibagi dengan daerah di mana gaya diterapkan (A_0), sedangkan regangan adalah rasio perubahan beberapa parameter panjang (ΔL). Hasil uji Tarik pada kondisi maksimum spesimen uji pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus 70 A, 85 A dan 100 A, masing - masing ditunjukkan dalam tabel 2 berikut ini, dan untuk gambar dibawah adalah gambar spesimen uji tarik yang sudah di uji.



Gambar 8 Spesimen Uji Tarik

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Tarik pada Kondisi Maksimum

Perlakuan		Parameter			
Arus Pengelasan	Spesimen	L_0 (mm)	A_0 (mm ²)	ΔL (mm)	F (N)
70A	1	200	75	7,69	26,804
	2	200	75	8,34	26,094
	3	200	75	8,13	24,616
Rata-rata					
85A	1	200	75	17,35	31,741
	2	200	75	18,66	32,516
	3	200	75	18,23	33,612
Rata-rata					
100A	1	200	75	16,47	31,164
	2	200	75	9,22	29,961
	3	200	75	12,34	27,934
Rata-rata					

Berdasarkan data pada tabel 2 tersebut kemudian dihitung nilai tegangan tarik,

regangan dan modulus elastisitas maksimum yang terjadi pada spesimen dengan menggunakan berturut-turut persamaan (1), (2) dan (3) diuraikan berikut ini.

a) Arus Pengelasan 70 A

Tegangan Tarik (spesimen 1)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{26,804 \text{ N}}{75 \text{ mm}^2} = 357,58 \text{ N/mm}^2$$

Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{7,69 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \times 100\% = 3,8\%$$

Modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{357,58 \text{ N/mm}^2}{0,038} = 9404,7 \text{ MPa}$$

b) Arus Pengelasan 85A

Tegangan Tarik (spesimen 1)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{31,741 \text{ N}}{75 \text{ mm}^2} = 423,20 \text{ N/mm}^2$$

Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{16,47 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \times 100\% = 8,7\%$$

Modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{423,20 \text{ N/mm}^2}{0,087} = 4864,4 \text{ MPa}$$

c) Arus Pengelasan 100A

Tegangan Tarik (spesimen 1)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{31,164 \text{ N}}{75 \text{ mm}^2} = 415,52 \text{ N/mm}^2$$

Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{17,35 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \times 100\% = 8,2\%$$

Modulus elastisitas

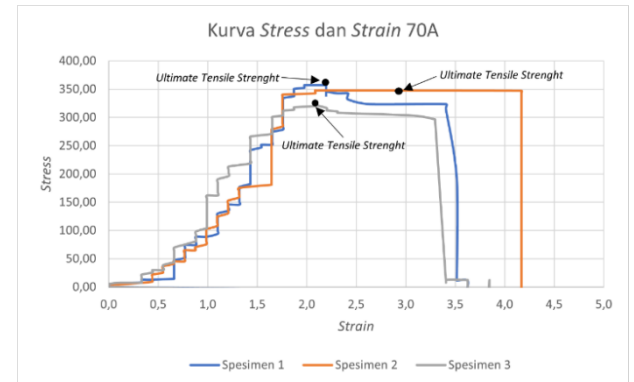
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{415,52 \text{ N/mm}^2}{0,082} = 5067,3 \text{ MPa}$$

Untuk keseluruhan spesimen nilai tegangan Tarik, regangan dan modulus elastisitas pada kondisi maksimum disajikan pada tabel 3 berikut ini.

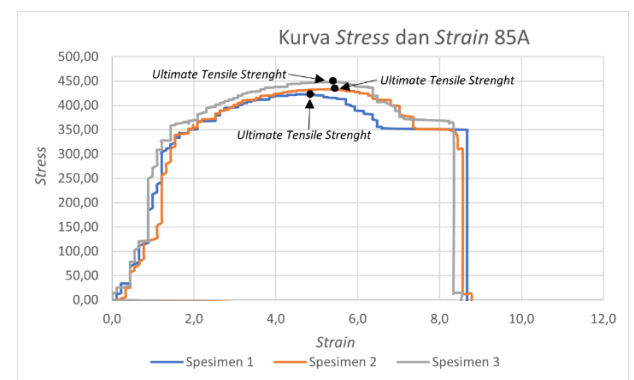
Tabel 3 Nilai Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas Spesimen pada Kondisi Maksimum

Perlakuan		Parameter					Sifat Mekanis		
Arus Pengelasan	Spesimen	L ₀ (mm)	A ₀ (mm ²)	ΔL (mm)	F (N)	σ (N/mm ²)	ε (%)	E	
70A	1	200	75	7,6	26,804	357,38	3,8	9404,7	
	2	200	75	8,34	26,094	347,92	4,2	8283,8	
	3	200	75	8,13	24,616	368,21	4,1	8980,7	
Rata-rata					25,838	357,84	4,03	8889,7	
85A	1	200	75	16,47	31,741	423,20	8,7	4864,4	
	2	200	75	9,22	32,516	433,55	9,3	4666,2	
	3	200	75	12,34	33,612	448,16	9,1	4924,8	
Rata-rata					32,623	434,97	9,03	4818,5	
100A	1	200	75	17,35	31,164	415,52	8,2	5067,3	
	2	200	75	18,66	29,961	399,48	4,6	8684,3	
	3	200	75	18,23	27,934	372,42	6,4	5819,5	

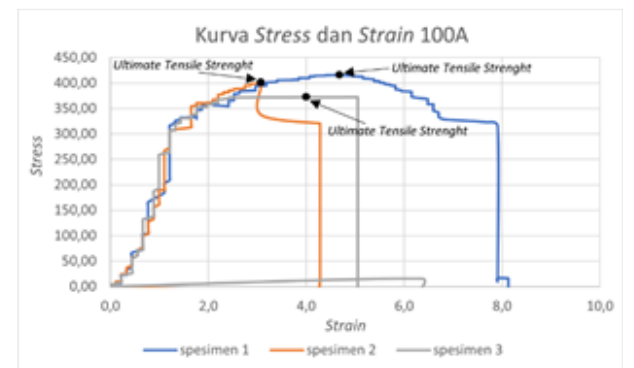
Sedangkan nilai tegangan dan regangan secara keseluruhan hasil pengujian Tarik semua spesimen disajikan dalam grafik pada gambar 9, 10 dan 11 berikut ini.



Gambar 9 Kurva Stress dan Strain Spesimen Hasil Pengelasan dengan Arus 70 A



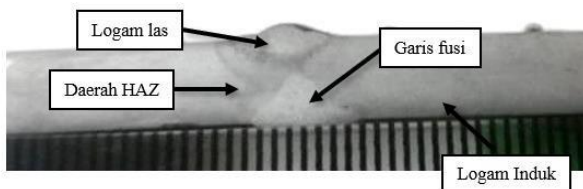
Gambar 10 Kurva Stress dan Strain Spesimen Hasil Pengelasan dengan Arus 85 A



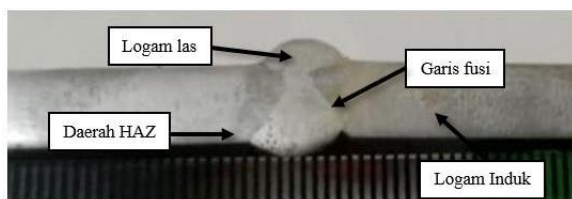
Gambar 11 Kurva *Stress* dan *Strain* Spesimen Hasil Pengelasan dengan Arus 100 A

4.2 Pengujian Makro

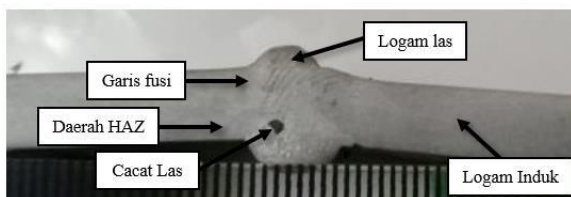
Pengujian struktur makro bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan bentuk pada spesimen uji secara visual, baik langsung pada sambungan las maupun untuk mengevaluasi hasil penetrasi pengelasan. Gambar di bawah ini menunjukkan hasil uji makro logam las, di mana terlihat beberapa area, seperti logam induk, logam las, daerah HAZ, garis fusi dan cacat las.



Gambar 12 Struktur Makro Hasil Pengelasan dengan Arus 70 A



Gambar 13 Struktur Makro Hasil Pengelasan dengan Arus 85 A

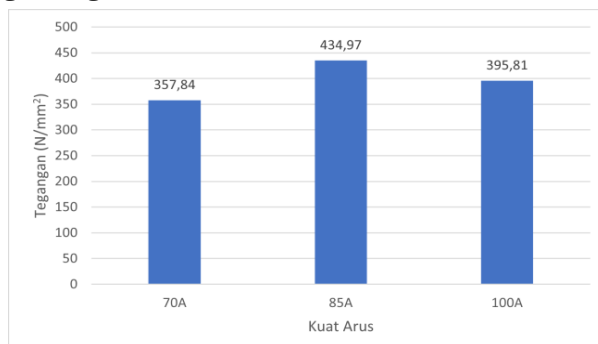


Gambar 14 Struktur Makro Hasil Pengelasan dengan Arus 100 A

4.3 Pembahasan

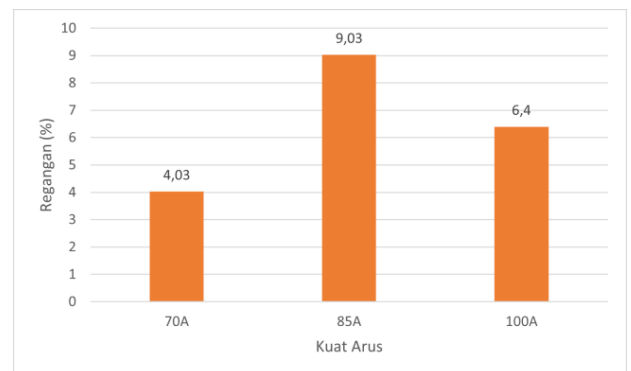
a) Pengujian Tarik

Nilai tegangan Tarik maksimum rata-rata untuk semua specimen ditampilkan pada grafik gambar 15.



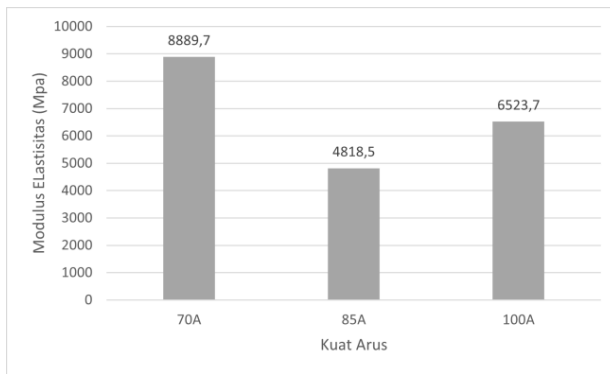
Gambar 15 Grafik Nilai Rata-Rata Tegangan Tarik Maksimum Spesimen Pengelasan 70 A, 85 A dan 100A

Pada peningkatan arus dari 70A hingga 85A, nilai tegangan tarik meningkat secara signifikan dari 357,84 N/mm^2 menjadi 434,97 N/mm^2 . Hal ini menunjukkan bahwa material mampu menahan tegangan lebih besar dengan peningkatan arus, menunjukkan penguatan material. Namun, saat arus mencapai 100A, tegangan tarik sedikit menurun menjadi 395,81 N/mm^2 , mengindikasikan bahwa material terpengaruh oleh faktor lain seperti pemanasan atau perubahan struktur mikro. Secara keseluruhan, arus dapat meningkatkan kekuatan material tetapi ada titik di mana peningkatan arus tidak lagi memberikan kekuatan yang signifikan dan bahkan bisa menyebabkan penurunan performa material.



Gambar 16 Grafik Nilai Rata-Rata Regangan Maksimum Spesimen Pengelasan 70 A, 85 A dan 100A

Pada arus 70A, material mengalami regangan kecil, menunjukkan kemampuan untuk mengalami deformasi elastis atau plastis tanpa kerusakan signifikan. Pada arus 85A, terjadi peningkatan regangan signifikan, mengindikasikan tahap deformasi plastis yang lebih tinggi. Pada arus 100A, regangan sedikit menurun, menunjukkan pengerasan material yang membuatnya lebih tahan terhadap deformasi lanjut setelah mencapai regangan tertentu. Perubahan regangan pada tingkat arus yang lebih tinggi menunjukkan adanya perubahan sifat material pada tingkat tegangan yang lebih tinggi.



Gambar 17 Grafik Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas Spesimen 70 A, 85 A dan 100A

Penelitian menunjukkan bahwa ketika arus meningkat dari 70A ke 85A, modulus elastisitas material menurun tajam dari 8889,7 MPa menjadi 4818,5 MPa. Hal ini menandakan bahwa material menjadi kurang kaku pada arus yang lebih tinggi, mungkin karena pemanasan atau perubahan struktural. Namun, ketika arus meningkat dari 85A ke 100A, modulus elastisitas kembali naik menjadi 6523,7 MPa. Meskipun tidak mencapai level kekakuan awal seperti pada 70A, ini menunjukkan bahwa material dapat membaik pada arus yang lebih tinggi setelah penurunan sebelumnya.

Kesimpulannya, arus mempengaruhi kekakuan material dengan membuatnya fluktuatif, dengan penurunan dan peningkatan modulus elastisitas tergantung pada tingkat arus yang diterapkan.

b) Struktur Makro

Pada gambar 12 hasil pengelasan dengan kuat arus 70A, logam las terlihat tidak merata dengan pori dan rongga, menunjukkan penetrasi las tidak sempurna akibat arus terlalu rendah. Garis fusi juga tidak rata dan bergelombang, menandakan kontrol panas kurang optimal. Daerah HAZ terlihat sempit dengan struktur butir kasar karena panas terbatas.

Pada gambar 13 pengelasan dengan arus 85A, logam las memiliki bentuk bulat dan terisi baik, menandakan proses pencairan dan pembekuan logam las berlangsung dengan baik. Garis fusi kontinyu tanpa celah, menunjukkan kedua bahan yang dilas menyatu dengan baik. Daerah HAZ terlihat kecil dan halus tanpa tanda-tanda kerusakan mikrostruktur.

Pada gambar 14 pengelasan dengan arus 100A, logam las tidak terdapat pori-pori signifikan. Garis fusi jelas dan tidak ada ketidaksempurnaan, menunjukkan

penetrasi las cukup baik. Daerah HAZ terlihat cukup lebar dan terdapat cacat las berupa pori-pori kecil mungkin disebabkan oleh gas terperangkap selama proses pengelasan atau panas berlebihan.

Simpulan

Kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian ini menunjukkan bahwa arus las berpengaruh besar terhadap kekuatan sambungan tersebut. Arus 85A menghasilkan hasil yang terbaik, sedangkan arus 70 dan 100A cenderung memberikan tegangan yang lebih rendah. Peningkatan arus las dapat meningkatkan nilai regangan, namun harus dijaga agar tidak menyebabkan deformasi permanen yang tak diinginkan. Arus yang terlalu tinggi, seperti 100A, berpotensi merusak kualitas sambungan las. Oleh karena itu, pemilihan arus las harus teliti demi mendapatkan hasil las yang berkualitas dan kuat.
2. Hasil pengujian makro arus 70A menunjukkan bahwa proses pengelasan perlu meningkatkan arus las ke rentang yang lebih tinggi. Mengatur kecepatan pengelasan dan waktu pengelasan agar lebih optimal. Proses pengelasan dengan arus 85A telah menghasilkan penyambungan las yang baik. Logam las terisi dengan baik, garis fusi kontinyu, area HAZ kecil dan halus, serta induk logam tidak rusak. Hal ini mengindikasikan bahwa sambungan las yang dihasilkan kuat dan tahan lama. Pada pengelasan arus 100A menunjukkan hasil yang cukup baik. Logam las tercampur dengan baik dan menyatu dengan logam induk. Namun, terdapat cacat berupa pori-pori kecil di dekat daerah las. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengelasan masih memerlukan optimasi untuk mengurangi cacat dan meningkatkan kualitas pengelasan.

Daftar Pustaka

- Ahmad, S., Catur, P., & Fuad, H. (2023) Pengaruh Variasi Ampere Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Makro pada Sambungan SMAW Material Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E7018', *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*.
- Boangmanalu, E. P. D., Saragi, J. F. H., Pratama, A. B., & Qadry, A. (2023).

- Analisis Kekuatan Tarik Plat Baja ST37 Variasi Kuat Arus dengan Metode Shielded Metal Arc Welding. *Jurnal Inovator*, 6(2), 37-43.
- Hari, S., Muhammad, I., & Gita, S. L. (2023) 'Pengaruh Hasil Pengelasan Model Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 Dan ASTM A36', *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*. 4(1): 55-64.
- Hasbi, Muhammad Y., et al. "Penggunaan Aqua Regia dan Hcl sebagai Larutan Pelindian pada Proses Pemurnian Silikon Tingkat Metalurgi dengan Variasi Ph." *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta 2016, Jakarta, Indonesia, 2016*. University of Muhammadiyah Jakarta, 2016.
- Uji Tarik. Available at <https://belajarmetalurgi.blogspot.com>.
- Iwan, N. G., Ahmad, J., & Viktor, N., 2021. "Pengaruh Variasi Arus Dan Posisi Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Baja ST 37." *Jurnal Teknik Mesin*. 14(2): 134-39.
- Putri., & Fenoria., 2010. "Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Jarak Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik, Sambungan Las Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda 6013." *Jurnal Austenit*. 2(2): 13-25.
- Rienaldy, E. H., Sigit, Y., & Moch, S., 2020. "Analisis Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Hasil Pengelasan Smaw Material St 37 Dengan Elektroda Low Hidrogen Pada Pengujian Visual , Radiografi, Struktur Makro Dan Mikro." *SNITT - Politeknik Negeri Balikpapan*: 7.
- Wiryosumarto, H., & Okumura, T., 2008, *Teknologi Pengelasan Logam.*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.