

PENGARUH VARIASI ARUS PADA PROSES PENGELASAN SMAW UNTUK MATERIAL BAJA ST 37 TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN KEKUATAN TARIK

Penulis:

Achmad Hanif Syarifudin
S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: achmad.19081@mhs.unesa.ac.id

Pembimbing:

Ahmad Saepuddin
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ahmadsaepuddin@unesa.ac.id

Abstrak

Baja karbon rendah dengan tipe ST 37 merupakan jenis logam yang memiliki kandungan karbon yang rendah. Baja ST 37 termasuk baja karbon rendah, karena memiliki sedikit kandungan karbon tidak sampai 0.3%. Adapun kandungan lainnya seperti Mangan (Mg) 0.8%, nikel (Ni) 0.1%, sulfur (S) 0.05%, dan beberapa mineral lain. Baja ST 37 sering digunakan dalam industri otomotif, terutama pada salah satu bagian rangka sepeda motor yaitu Swing Arm. Bentuk Swing Arm mengikuti jenis suspensi, salah satunya *Swing Arm* tipe *ProLink*. Pada proses pengelasanudukan (*Mounting*) *Swing Arm* tipe *ProLink* harus diperhatikan agar menghindari terjadinya cacat las atau deformasi yang berdampak pada sifat mekanik material agar kedudukan (*mounting*) *Swing arm* tipe *prolink* tidak patah. Pada Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang menggunakan variasi arus pengelasan dengan jenis pengelasan SMAW pada material baja ST 37. Kemudian variabel tersebut diuji kekuatan impak dan kekuatan tarik. Lalu dianalisa pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini, variabel bebas terdiri atas variasi arus pengelasan 105 A, 115 A, 125 A. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh variasi arus pada proses pengelasan SMAW terhadap uji impak dan uji tarik. Pada pengujian kekuatan impak, variasi arus pengelasan 105 A menghasilkan nilai rata – rata terbaik dengan nilai 0.168 J/mm². Pada pengujian kekuatan tarik, variasi arus pengelasan 125 A menghasilkan nilai rata – rata tegangan tarik maksimal terbaik dengan nilai 382.51 Mpa.

Kata Kunci: Baja ST 37, Las SMAW, Arus Pengelasan, Uji Kekuatan Impak, Uji Kekuatan Tarik.

Abstract

ST 37 low-carbon steel is a type of steel containing less than 0.3% carbon, with approximately 0.8% manganese, 0.1% nickel, 0.05% sulfur, and several other alloying elements. It is widely used in the automotive industry, particularly for motorcycle swing arm components, including the Pro-Link type. During the welding of the Pro-Link swing arm mounting bracket, appropriate welding parameters are required to prevent weld defects and deformation that may reduce the mechanical properties and cause mounting bracket failure. This study aimed to determine the effect of welding current variation in the Shielded Metal Arc Welding process on the impact strength and tensile strength of ST 37 steel. An experimental method was conducted using welding currents of 105 A, 115 A, and 125 A as the independent variables, followed by impact and tensile strength testing to analyze their effects on the mechanical properties. The results showed that the 105 A welding current produced the highest average impact strength of 0.168 J/mm², whereas the 125 A welding current produced the highest average ultimate tensile strength of 382.51 MPa. These findings indicate that welding current variation influences the mechanical properties of ST 37 steel and should be selected according to the required performance.

Keywords: *ST 37 Steel, Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Welding Current, Impact Strength Test, Tensile Strength Test.*

PENDAHULUAN

Setiap perkembangan zaman, mobilitas masyarakat semakin meningkat sehingga kebutuhan sarana transportasi yang efisien juga semakin besar. Salah satu alat transportasi yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah sepeda motor karena mempunyai harga yang relatif terjangkau, mudah didapatkan melalui sistem kredit, serta biaya

perawatan yang rendah. Meninjau dari data Asosiasi Industri Motor Indonesia (AIMI) bahwa penjualan sepeda motor hingga Agustus 2023 tercatat mencapai 4.211.737 unit dengan kategori skuter matik mendominasi sebesar 89,64%. Tingginya penggunaan sepeda motor juga berdampak pada meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan Data Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia menunjukkan bahwa angka

kecelakaan meningkat dari 100.028 kasus pada tahun 2022, dengan lebih dari 70% melibatkan sepeda motor, khususnya rangka sepeda motor yang menjadi salah satu faktor mempengaruhi keselamatan berkendara.

Rangka adalah komponen utama yang berfungsi sebagai komponen kendaraan sekaligus menerima beban selama sepeda motor beroperasi. Salah satu bagian penting dari rangka yakni *swing arm* yang berguna sebagai penahan roda belakang dan tumpuan *shock breaker*. Pada *swing arm* tipe *Pro-Link* mempunyaiudukan (*mounting*) yang menghubungkan *shock absorber* dengan rangka. Sambungan las pada bagian *mounting* harus mempunyai kekuatan tarik yang tinggi supaya dapat menahan gaya kerja, dan ketangguhan impact yang baik agar tidak mudah patah yang disebabkan oleh beban kejutan yang diterima selama kendaraan melintasi berbagai kondisi jalan. Oleh sebab itu, kualitas proses pengelasan menjadi faktor yang sangat penting dalam menjaga kualitas dan kinerja komponen.

Material rangka sepeda motor pada umumnya yang dipakai dalam produksi skala industri adalah baja karbon rendah ST 37. Baja ini memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3% serta mengandung unsur mangan, silikon, fosfor dan unsur paduan lainnya sehingga mempunyai kemampuan las yang baik dan banyak dimanfaatkan di industri yakni Shielded Metal Arc Welding (SMAW) sebab prosesnya yang relatif sederhana, ekonomis, fleksibel pada berbagai posisi pengelasan, serta menghasilkan sambungan dengan sifat mekanik yang baik. Namun demikian, kualitas sambungan las sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses, seperti keterampilan las, jenis elektroda, kecepatan pengelasan, dan terpenting pada arus pengelasan.

Pemilihan arus pengelasan yang tepat berdampak pada kecacatan hasil las, seperti deformasi, penetrasi yang tidak sempurna, kekuatan tidak sambungan yang lebih rendah dibandingkan induk, serta meningkatnya risiko kegagalan sambungan. Arus yang terlalu tinggi menghasilkan *heat input* yang besar sehingga memperbesar daerah Heat Affected Zone (HAZ), menyebabkan pertumbuhan butir akibat rekristalisasi, serta menurunkan ketangguhan material. Sebaliknya, arus yang terlalu rendah menghasilkan panas yang tidak mencukupi sehingga ikatan metalurgi tidak terbentuk secara optimal dan elektroda cenderung menempel pada benda kerja. Oleh karena itu, pemilihan arus pengelasan menjadi salah satu parameter penting untuk memperoleh sifat mekanik sambungan yang optimal.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik hasil pengelasan. Pradana (2018) melaporkan bahwa arus 100 A menghasilkan nilai impact tertinggi pada baja tahan karat AISI 304, sedangkan kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada arus 65 A. Faisal M. et al. (2022) memperoleh nilai impact terbaik pada arus 95 A dan kekuatan tarik tertinggi pada arus 125 A untuk baja karbon rendah SS400. Penelitian Efandi et al. (2022) menunjukkan bahwa arus 90 A menghasilkan nilai impact tertinggi pada baja karbon ST42. Sementara itu, Isbiantoro (2017) melaporkan bahwa kombinasi sudut kampuh 60° dan arus 80 A memberikan kekuatan tarik terbaik. Darmawan (2022) memperoleh nilai impact tertinggi pada

sudut kampuh 60° dengan arus 110 A, sedangkan Tarigan (2022) menunjukkan bahwa arus 80 A menghasilkan kekuatan tarik terbaik pada baja ST 37. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh arus pengelasan sangat dipengaruhi oleh jenis material, variasi arus, geometri sambungan, elektroda, serta kondisi pengelasan sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut pada material ST 37 dengan kondisi pengelasan yang berbeda.

Pada penelitian ini digunakan proses Shielded Metal Arc Welding (SMAW) menggunakan elektroda E6013 berdiameter 4 mm dengan variasi arus pengelasan 105 A, 115 A, dan 125 A. Pemilihan variasi arus tersebut didasarkan pada ketebalan material ST 37 sebesar 10 mm yang sesuai dengan rekomendasi penggunaan elektroda berdiameter 4 mm. Pengujian dilakukan melalui uji impact berdasarkan standar ASTM E23 dan uji tarik berdasarkan standar ASTM E8 untuk menganalisis pengaruh variasi arus terhadap sifat mekanik sambungan las. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan impact dan kekuatan tarik baja ST 37 serta menentukan variasi arus yang memberikan performa mekanik terbaik sebagai referensi dalam proses pengelasan komponen rangka sepeda motor, khususnya *swing arm* tipe Pro-Link.

Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi arus pengelasan pada proses pengelasan SMAW material baja ST 37 terhadap kekuatan impact?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus pengelasan pada proses pengelasan SMAW material baja ST 37 terhadap kekuatan tarik?

Tujuan Penelitian

Dari hasil perumusan masalah diatas, penelitian ini dapat dirancang serta dilakukan dengan tujuan :

1. Untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh variasi arus pengelasan pada proses pengelasan SMAW material baja ST 37 terhadap kekuatan impact.
2. Untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh variasi arus pengelasan dengan proses pengelasan SMAW material baja ST 37 terhadap kekuatan tarik.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (*true experimental research*) untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan impact dan kekuatan tarik baja karbon rendah ST 37. Adapun parameter yang diamati dalam penelitian ini berupa kekuatan impact dan kekuatan tarik hasil pengelasan pada material baja karbon rendah ST 37. Penelitian ini dilakukan secara terstruktur agar mengetahui dampak dari parameter bebas terhadap parameter terikat yang dalam kondisi terkontrol.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Politeknik Negeri Malang. Untuk proses pembentukan spesimen uji dilakukan di Lab. Pengelasan Politeknik Negeri Malang Jurusan Teknik Mesin. Untuk pengujian spesimen dilakukan di Lab. Uji Material Politeknik Negeri Malang Jurusan Teknik Mesin. Penelitian dilakukan setelah proposal skripsi diseminarkan dan telah mendapat persetujuan dari dosen penguji dan dosen pembimbing.

Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini berupa variasi arus pengelasan (satuan *Ampere*) yang terdiri dari 105 A, 115 A, 125 A.

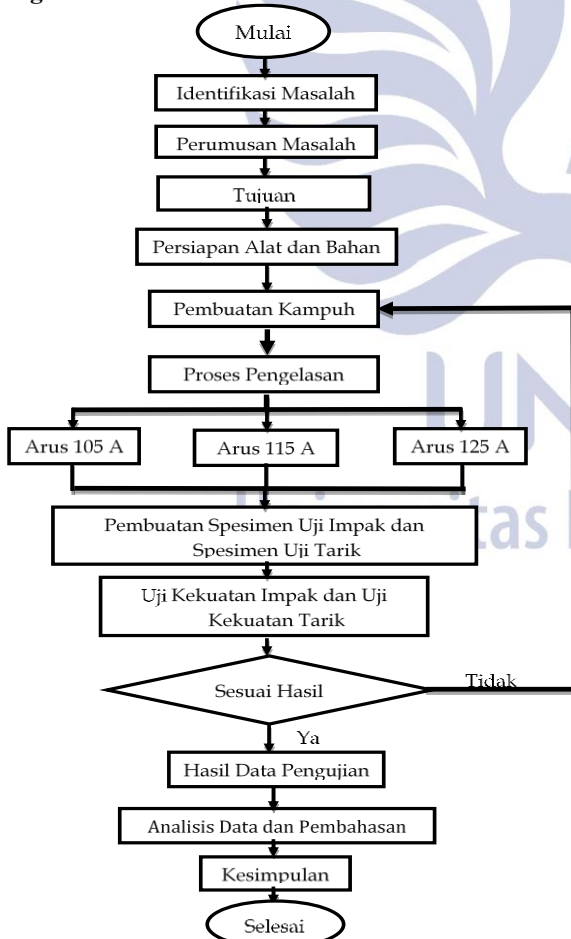
b. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini berupa hasil pengujian dari kekuatan impact dan kekuatan tarik.

c. Variabel Kontrol

Variabel Kontrol pada penelitian ini yaitu Material plat baja ST 37 ketebalan 10 mm, Proses pengelasan SMAW, Elektroda E6013 diameter 4 mm, posisi pengelasan 1G, sambungan las *Butt Joint*, Jenis kampuh *Single V* 60°, standar spesimen uji impact ASTM E23 dan uji tarik ASTM E8, pengujian impact harus patah/rusak, pengujian tarik harus putus pada area HAZ.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

a. Alat

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Mesin las SMAW
- 2) Gerinda tangan
- 3) Sikat baja
- 4) Tang jepit
- 5) Alat keselamatan pengelasan
- 6) Kikir
- 7) Amplas

b. Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

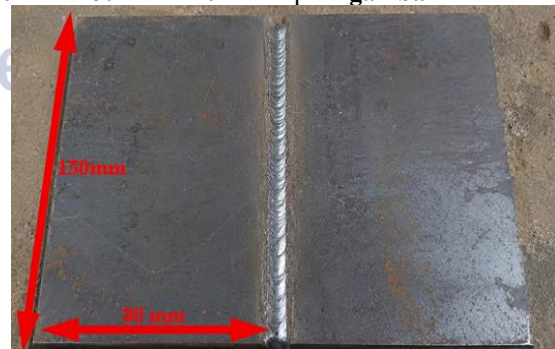
- 1) Plat Baja ST 37 tebal 10 mm
- 2) Elektroda E6013 diameter 4 mm

Persiapan Pembuatan Spesimen

Sebelum proses pengelasan dilakukan, permukaan pelat baja ST 37 dibersihkan dari karat, minyak, dan kotoran untuk menghindari kontaminasi pada daerah sambungan las. Selanjutnya kedua pelat dibuat kampuh *single V* dengan sudut 60° menggunakan gerinda tangan, kemudian diratakan untuk menghilangkan geram yang dapat menyebabkan cacat pengelasan. Setelah kampuh selesai dibuat, kedua pelat disusun pada posisi *butt joint* dan dijepit agar tidak mengalami pergeseran selama proses pengelasan.

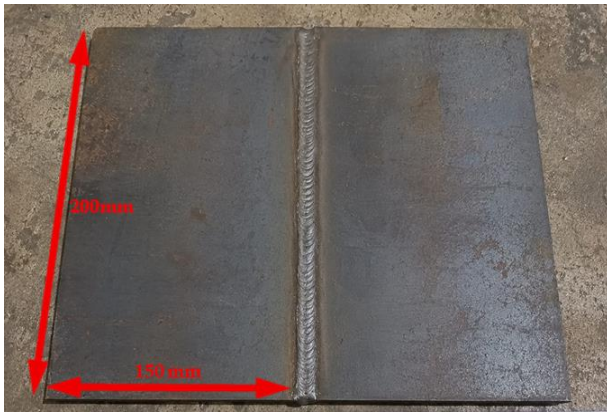
Proses Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan metode SMAW dengan elektroda E6013 berdiameter 4 mm. Variasi arus yang digunakan adalah 105 A, 115 A, dan 125 A. Pengelasan dilakukan oleh operator yang sama menggunakan mesin las yang sama dengan posisi pengelasan 1G sehingga variasi hasil pengelasan hanya dipengaruhi oleh perubahan arus pengelasan. Setelah seluruh area kampuh terisi logam las, terak (*slag*) dibersihkan menggunakan sikat baja, kemudian sambungan las didinginkan secara alami pada suhu ruang tanpa perlakuan panas tambahan sebelum dilakukan pembentukan spesimen. Hasil pengelasan untuk uji impact dibuat menggunakan dua buah pelat baja ST 37 berukuran 150 mm × 80 mm × 10 mm seperti **gambar 2**.



Gambar 2. Spesimen awal untuk uji impact

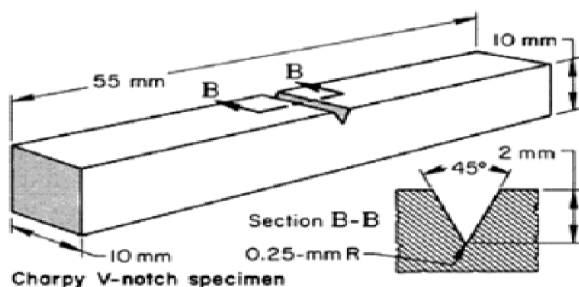
Sedangkan untuk hasil pengelasan untuk spesimen uji tarik dibuat menggunakan dua buah pelat baja ST 37 berukuran 200 mm × 150 mm × 10 mm seperti **gambar 3**.



Gambar 3. Spesimen awal untuk uji tarik

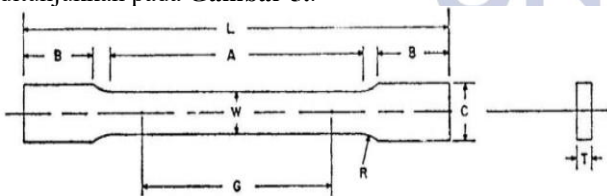
Pembentukan Spesimen Uji

Material hasil pengelasan selanjutnya dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji sesuai standar pengujian. Spesimen uji tarik dibentuk berdasarkan ASTM E23 dengan dimensi panjang 55 mm, lebar 10 mm, tebal 10 mm, serta takik berbentuk V dengan sudut 45° dan kedalaman 2 mm. Dimensi spesimen uji tarik ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. dimensi spesimen uji tarik standar ASTM E23

Spesimen uji tarik dibentuk menggunakan mesin *frais Milling* berdasarkan ASTM E8 dengan panjang Paralel (A) 57 mm, Panjang Pegangan (B) 50 mm, Lebar bagian pegangan (C) 20 mm, Panjang Pengukuran (G) 50 mm, Panjang Keseluruhan 200 mm, Radius fillet (R) 12.5 mm, Ketebalan 10 mm, Lebar (W) 12.5 mm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5..



Gambar 5. Standar uji tarik ASTM E8

Pada setiap variasi arus pengelasan dibuat tiga spesimen uji tarik dan tiga spesimen uji tarik sehingga jumlah keseluruhan spesimen adalah sembilan spesimen uji tarik dan sembilan spesimen uji tarik.

Pengujian Impak

Pengujian tarik dilakukan menggunakan metode *Charpy* berdasarkan standar ASTM E23. Sebelum pengujian dilakukan, setiap spesimen diperiksa untuk memastikan dimensi sesuai dengan standar. Spesimen kemudian diletakkan pada landasan mesin uji dengan posisi

tidak menghadap berlawanan terhadap arah datangnya bandul. Bandul dilepaskan hingga mematahkan spesimen pada daerah sambungan las. Energi yang diserap selama proses patah dicatat dan digunakan untuk menghitung nilai kekuatan tarik masing-masing spesimen.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik berdasarkan standar ASTM E8. Sebelum pengujian dilakukan pengukuran panjang awal dan luas penampang spesimen menggunakan jangka sorong. Selanjutnya spesimen dipasang pada mesin uji tarik dan diberikan pembebanan hingga mengalami patah. Setelah pengujian selesai dilakukan pengukuran panjang akhir spesimen untuk memperoleh nilai regangan, sedangkan data beban maksimum digunakan untuk menghitung tegangan tarik maksimum sambungan las.

Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung terhadap hasil pengujian laboratorium yang meliputi nilai kekuatan tarik dan kekuatan tarik pada setiap variasi arus pengelasan. Data yang diperoleh kemudian diproses secara teoritis, kemudian dimasukkan ke dalam bentuk tabel dan disajikan dalam bentuk grafik beserta penjelasan agar mempermudah memahami hasil data.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

I. Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW terhadap Kekuatan Impak

Pengujian kekuatan tarik dilaksanakan di Laboratorium Uji Material Politeknik Negeri Malang menggunakan *Charpy Impact Testing Machine* dengan massa pendulum sebesar 8,3 kg. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sambungan las baja ST 37 dalam menyerap energi ketika menerima beban kejut. Nilai energi yang mampu diserap spesimen sebelum patah digunakan sebagai indikator tingkat ketangguhan material. Semakin besar energi yang diserap, semakin tinggi kemampuan material menahan beban dinamis sehingga material bersifat lebih ulet (*ductile*).



Gambar 6. Spesimen Uji Impak ASTM E23

Sebelum pengujian dilakukan, seluruh spesimen dibentuk mengikuti standar ASTM E23 dengan dimensi panjang 55 mm, lebar 10 mm, tebal 10 mm, serta takik berbentuk V-notch 45° dengan kedalaman 2 mm. Standar tersebut digunakan agar bentuk, ukuran, dan posisi takik setiap spesimen seragam sehingga hasil pengujian dapat dibandingkan secara objektif.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, takik (V-notch) dibuat tepat pada daerah yang akan menerima

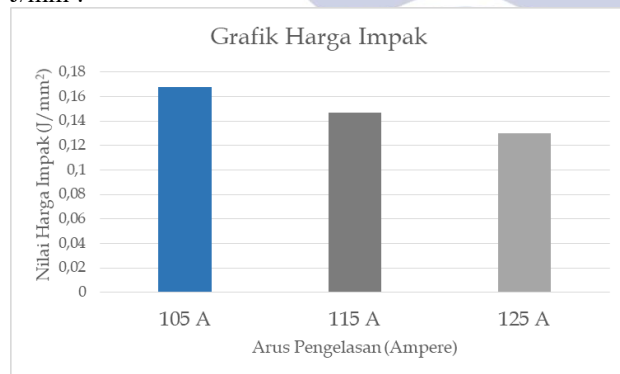
tumbukan pendulum. Takik ini berfungsi sebagai titik konsentrasi tegangan sehingga retak selalu diawali dari lokasi yang sama. Dengan demikian, variasi hasil pengujian lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi sambungan las dibandingkan oleh bentuk spesimen.

Setelah spesimen dipersiapkan, pengujian dilakukan menggunakan sudut awal pendulum sebesar 120°. Ketika pendulum dilepaskan, energi potensial berubah menjadi energi kinetik dan digunakan untuk mematahkan spesimen. Setelah spesimen patah, pendulum masih memiliki energi sisa sehingga berhenti pada sudut akhir tertentu. Selisih antara sudut awal dan sudut akhir digunakan untuk menghitung energi yang diserap spesimen selama proses patah. Hasil lengkap pengujian dampak ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Impak

Variasi Arus	Spesimen	α	β	E (Joule)	Harga Impak (J/mm ²)
105A	1	120°	95°	20.17	0.252
	2	120°	109°	8.52	0.107
	3	120°	105°	11.78	0.147
Rata - rata				13.44	0.168
115A	1	120°	107°	10.14	0.127
	2	120°	105°	11.78	0.147
	3	120°	103°	13.44	0.168
Rata - rata				11.79	0.147
125A	1	120°	106°	10.96	0.137
	2	120°	105°	11.78	0.147
	3	120°	109°	8.52	0.107
Rata - rata				10.42	0.130

Berdasarkan **Tabel 1**, terlihat bahwa setiap variasi arus menghasilkan nilai energi dampak dan harga dampak yang berbeda. Variasi arus 105 A menghasilkan energi dampak rata-rata sebesar 13,44 Joule dengan harga dampak 0,168 J/mm², sedangkan variasi arus 115 A menghasilkan energi dampak rata-rata 11,79 Joule dengan harga dampak 0,147 J/mm². Pada variasi arus 125 A, energi dampak rata-rata kembali menurun menjadi 10,42 Joule dengan harga dampak 0,130 J/mm².



Gambar 7. Grafik Uji Impak

Data pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa semakin besar arus pengelasan yang digunakan, semakin kecil energi yang mampu diserap oleh spesimen sebelum mengalami patah. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan arus pengelasan cenderung menurunkan ketangguhan sambungan las.

Agar kecenderungan perubahan nilai dampak lebih mudah diamati, hasil rata-rata pengujian disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 7**.

Pada **Gambar 7**, terlihat pola penurunan yang konsisten dari arus 105 A menuju 125 A. Nilai dampak tertinggi

diperoleh pada variasi arus 105 A, sedangkan nilai terendah diperoleh pada arus 125 A. Grafik tersebut memperjelas bahwa peningkatan arus pengelasan menghasilkan kecenderungan penurunan kemampuan material dalam menyerap energi tumbukan.

Secara metalurgi, fenomena tersebut disebabkan oleh meningkatnya *heat input* selama proses pengelasan. Semakin besar arus pengelasan, semakin besar pula energi panas yang masuk ke logam induk. Akibatnya, daerah *Heat Affected Zone (HAZ)* mengalami siklus pemanasan dan pendinginan yang lebih tinggi sehingga menyebabkan perubahan struktur mikro, pertumbuhan butir, serta meningkatnya tegangan sisa pada daerah sambungan las. Kondisi tersebut mengurangi sifat keuletan material sehingga nilai dampaknya menurun.

II. Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW terhadap Kekuatan Tarik

Selain pengujian dampak, penelitian ini juga melakukan pengujian tarik untuk mengetahui kemampuan sambungan las menahan beban tarik maksimum sebelum mengalami kegagalan.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Material Politeknik Negeri Malang menggunakan mesin uji tarik. Pengujian mengikuti standar ASTM E8 agar dimensi spesimen dan prosedur pengujian sesuai standar internasional.



Gambar 8. Spesimen Uji Tarik ASTM E8

Berdasarkan **Gambar 8**, spesimen memiliki bagian pengujian (*gauge length*) yang lebih kecil dibandingkan bagian penjepit sehingga deformasi dan patahan akan terjadi pada daerah pengukuran. Bentuk spesimen tersebut memastikan hasil pengujian benar-benar menggambarkan sifat mekanik sambungan las.

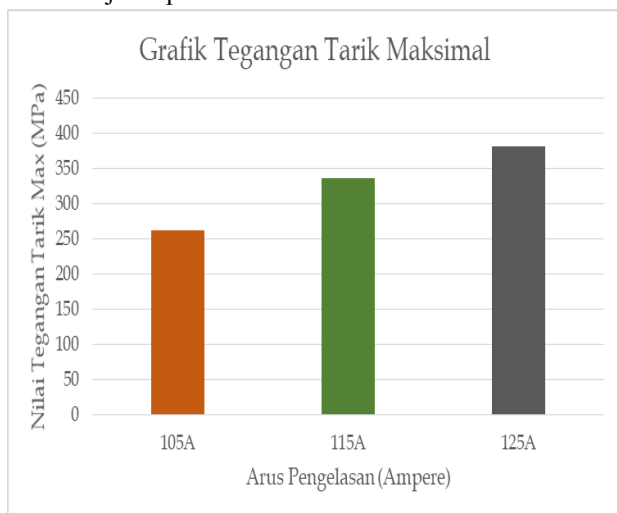
Setelah spesimen selesai dibuat, pengujian tarik dilakukan hingga spesimen mengalami patah. Data yang diperoleh berupa panjang awal, panjang akhir, beban maksimum, tegangan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*), dan regangan. Hasil lengkap pengujian ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik

Variasi Arus	Spesimen	Luas Penampang (mm ²)	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Beban (Kg)	Beban (N)	Tegangan Tarik Max (Mpa)	Regangan (%)
105 A	1	125	50	55.93	3628.80	35598.5	284.78	11.86
	2	125	50	55.93	3966.20	38908.4	311.26	11.86
	3	125	50	56.81	2448	24014.8	192.11	13.62
Rata - rata							262.71	12.44
115A	1	125	50	57.24	3437.60	33722.8	269.78	14.18
	2	125	50	61.42	4413.20	43293.4	346.34	22.84
	3	125	50	59.44	5012.20	49169.6	393.35	18.88
Rata - rata							336.49	18.63
125A	1	125	50	58.12	4559	44723.8	357.79	16.24
	2	125	50	62.30	4693.80	46046.1	368.36	24.6
	3	125	50	75.25	5369.40	52673.8	421.39	50.5
Rata - rata							382.51	30.44

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa variasi arus memberikan perbedaan terhadap nilai tegangan tarik maksimum. Variasi arus 105 A menghasilkan rata-rata tegangan tarik sebesar 262,71 MPa, arus 115 A sebesar 336,49 MPa, sedangkan arus 125 A menghasilkan nilai tertinggi yaitu 382,51 MPa.

Untuk mempermudah analisis, nilai rata-rata tegangan tarik disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Rata-rata Hasil Uji Tarik

Grafik pada Gambar 9 menunjukkan kecenderungan peningkatan kekuatan tarik seiring bertambahnya arus pengelasan. Berbeda dengan hasil pengujian impact, grafik tarik menunjukkan hubungan yang berbanding lurus terhadap peningkatan arus.

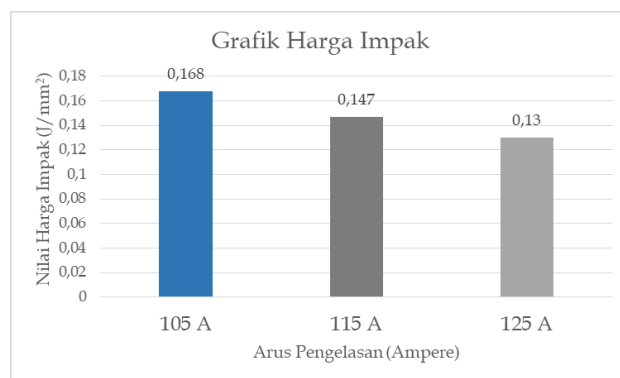
Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar arus pengelasan, penetrasi logam las menjadi semakin dalam sehingga ikatan antarlogam semakin kuat. Kondisi ini meningkatkan kemampuan sambungan dalam menahan beban tarik maksimum sebelum mengalami patah.

Namun demikian, peningkatan kekuatan tarik tersebut diikuti oleh penurunan nilai impact sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2, sehingga terdapat hubungan trade-off antara kekuatan tarik dan ketangguhan material.

B. PEMBAHASAN

I. Pengaruh Variasi Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Impact

Penelitian ini menggunakan variasi arus pengelasan SMAW sebesar 105 A, 115 A, dan 125 A dengan elektroda E6013 berdiameter 4 mm pada material baja ST 37. Pengujian impact dilakukan berdasarkan standar ASTM E23 dengan metode *Charpy V-notch* untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap energi saat menerima beban kejut. Pengujian difokuskan pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) karena daerah tersebut mengalami perubahan struktur mikro akibat siklus termal selama proses pengelasan.



Gambar 10. Grafik hasil uji impact

Gambar 10 memperlihatkan perbandingan rata-rata nilai impact pada setiap variasi arus pengelasan. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa semakin besar arus pengelasan yang digunakan maka nilai impact cenderung mengalami penurunan. Nilai rata-rata impact tertinggi diperoleh pada variasi arus 105 A sebesar 0,168 J/mm², kemudian menurun menjadi 0,147 J/mm² pada 115 A, dan kembali menurun menjadi 0,130 J/mm² pada 125 A.

Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan arus pengelasan menyebabkan material kehilangan sebagian sifat ketangguhannya. Arus yang semakin tinggi menghasilkan heat input yang semakin besar sehingga logam menerima energi panas lebih banyak. Kondisi tersebut meningkatkan temperatur daerah HAZ dan memperlambat proses pendinginan sehingga struktur mikro yang terbentuk menjadi lebih kasar dibandingkan pada arus yang lebih rendah.

Selain itu, panas yang tinggi menyebabkan distribusi temperatur selama pengelasan menjadi kurang merata sehingga muncul tegangan sisa (*residual stress*) akibat peregangan dan penyusutan termal. Tegangan sisa tersebut meningkatkan kecenderungan material mengalami retak ketika menerima beban kejut sehingga energi yang mampu diserap sebelum patah menjadi lebih kecil. Dengan kata lain, material menjadi lebih getas (*brittle*) sehingga nilai impactnya menurun.

Fenomena tersebut sesuai dengan teori perpindahan panas pada proses pengelasan SMAW yang menyatakan bahwa peningkatan arus akan meningkatkan heat input sehingga memperbesar daerah HAZ dan memengaruhi sifat mekanik sambungan las. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Abadi (2025) yang menyatakan bahwa peningkatan arus pengelasan menyebabkan ketangguhan sambungan las menurun akibat perubahan struktur mikro dan meningkatnya kekerasan pada daerah HAZ.

Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian impact dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus 105 A menghasilkan ketangguhan sambungan las terbaik, sedangkan peningkatan arus hingga 125 A cenderung menurunkan kemampuan material dalam menyerap energi impact.

II. Pengaruh Variasi Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan berdasarkan standar ASTM E8 untuk mengetahui kemampuan sambungan las dalam

menahan beban tarik hingga mencapai tegangan maksimum (*Ultimate Tensile Strength*). Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan spesimen yang telah memenuhi standar dimensi ASTM.



Gambar 11. Grafik hasil uji tarik

Hasil pengujian tarik disajikan pada **Gambar 11** yang menunjukkan adanya peningkatan nilai tegangan tarik maksimum seiring bertambahnya arus pengelasan. Nilai rata-rata tegangan tarik meningkat dari 262,71 MPa pada arus 105 A, menjadi 336,49 MPa pada arus 115 A, dan mencapai 382,51 MPa pada arus 125 A.

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar arus pengelasan maka kualitas fusi antara logam induk dan logam pengisi menjadi semakin baik. *Heat input* yang lebih tinggi meningkatkan kedalaman penetrasi sehingga ikatan metalurgi yang terbentuk menjadi lebih sempurna. Akibatnya sambungan las mampu menahan beban tarik yang lebih besar sebelum mengalami kegagalan.

Selain meningkatkan penetrasi, arus yang lebih tinggi juga memungkinkan logam cair mengisi kampuh secara lebih merata sehingga mengurangi kemungkinan terbentuknya cacat las seperti *lack of fusion* maupun *incomplete penetration*. Berkurangnya cacat pada daerah sambungan menyebabkan distribusi tegangan menjadi lebih merata ketika spesimen menerima beban tarik sehingga kekuatan tarik meningkat.

Namun demikian, peningkatan arus pengelasan tetap perlu dikendalikan. *Heat input* yang terlalu tinggi berpotensi menghasilkan butiran struktur mikro yang lebih kasar serta meningkatkan deformasi termal sehingga pada kondisi tertentu justru dapat menurunkan sifat mekanik sambungan las.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Abadi (2025) yang melaporkan bahwa peningkatan arus pengelasan SMAW meningkatkan kekuatan tarik karena penetrasi las menjadi lebih baik serta ikatan antara logam induk dan logam pengisi menjadi lebih sempurna.

Dengan demikian, berdasarkan hasil pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus 125 A menghasilkan kekuatan tarik pada sambungan las terbaik, sedangkan penggunaan arus 105 A cenderung menurunkan kekuatan tarik pada sambungan las.

III. Analisis Hubungan antara Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak

Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan yang berbeda antara kekuatan tarik dan kekuatan impact. Variasi arus yang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi

ternyata tidak menghasilkan nilai impact tertinggi. Sebaliknya, arus yang memberikan nilai impact tertinggi justru menghasilkan kekuatan tarik paling rendah.

Tabel 3. nilai rerata dari uji impact dan uji tarik

Variasi Arus (A)	Uji Tarik Rerata (Mpa)	Uji Impact Rerata (J/mm2)
105	262.71	0.168
115	336.49	0.147
125	382.51	0.130

Perbedaan tersebut dapat diamati secara jelas pada **Tabel 3** yang menyajikan nilai rata-rata hasil pengujian tarik dan impact untuk masing-masing variasi arus.

Tabel 3 menunjukkan bahwa:

- Arus 105 A memiliki kekuatan tarik 262,71 MPa dengan nilai impact 0,168 J/mm².
- Arus 115 A memiliki kekuatan tarik 336,49 MPa dengan nilai impact 0,147 J/mm².
- Arus 125 A memiliki kekuatan tarik 382,51 MPa dengan nilai impact 0,130 J/mm².

Data tersebut menunjukkan adanya hubungan yang berlawanan (*trade-off*) antara kekuatan tarik dan ketangguhan impact. Peningkatan arus pengelasan menghasilkan sambungan yang semakin kuat terhadap beban tarik, tetapi ketangguhannya terhadap beban kejut justru menurun.

Fenomena tersebut merupakan karakteristik yang umum terjadi pada proses pengelasan. *Heat input* yang tinggi meningkatkan kekerasan dan kekuatan sambungan melalui penetrasi yang lebih baik, tetapi pada saat yang sama mengurangi kemampuan material menyerap energi akibat perubahan struktur mikro pada daerah HAZ.

IV. Analisis Normalisasi untuk Menentukan Variasi Arus Pengelasan Terbaik

Karena hasil pengujian impact dan tarik menunjukkan kecenderungan yang berbeda, maka dilakukan proses normalisasi agar kedua parameter dapat dibandingkan dalam satu skala penilaian.

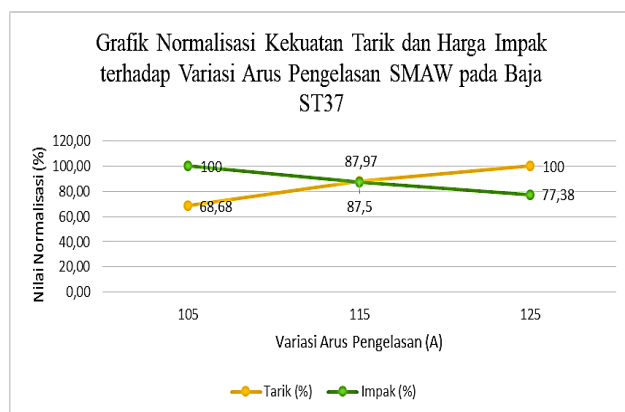
Hasil normalisasi disajikan pada **Tabel 4**. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai tarik dan impact telah diubah ke dalam bentuk persentase sehingga memiliki bobot yang sama dalam proses evaluasi.

Berdasarkan **Tabel 4**, diperoleh nilai rata-rata normalisasi sebagai berikut.

Tabel 4. nilai hasil normalisasi

Variasi Arus (A)	Tarik (%)	Impact (%)	Rerata
105	68.68	100	84.34
115	87.97	87.5	87.73
125	100	77.38	88.69

Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi arus 125 A memiliki nilai normalisasi tertinggi sehingga memberikan performa keseluruhan terbaik apabila parameter kekuatan tarik dan kekuatan impact dipertimbangkan secara bersamaan.



Gambar 14. Grafik normalisasi antara uji tarik dan uji impact

Perbandingan kedua parameter tersebut dapat diamati secara lebih jelas pada **Gambar 14** (grafik normalisasi uji tarik dan uji impact). Grafik memperlihatkan bahwa nilai tarik meningkat secara bertahap seiring bertambahnya arus pengelasan, sedangkan nilai impact justru menurun. Kedua kurva membentuk kecenderungan yang saling berlawanan sehingga menunjukkan adanya hubungan trade-off antara kedua sifat mekanik tersebut.

Berdasarkan **Gambar 14**, terlihat bahwa meskipun arus 105 A memberikan ketangguhan impact tertinggi, nilai kekuatan tariknya masih jauh di bawah variasi arus lainnya. Sebaliknya, arus 125 A memberikan kekuatan tarik paling tinggi dengan penurunan nilai impact yang masih berada pada rentang hasil penelitian. Oleh karena itu, berdasarkan pendekatan normalisasi, variasi arus 125 A dipilih sebagai kondisi pengelasan yang memberikan performa mekanik paling optimum secara keseluruhan.

Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan parameter arus pengelasan tidak hanya mempertimbangkan satu sifat mekanik saja, tetapi perlu memperhatikan keseimbangan antara kekuatan tarik dan ketangguhan impact sesuai kebutuhan aplikasi konstruksi. Pada penelitian ini, pendekatan normalisasi berhasil memberikan dasar yang lebih objektif dalam menentukan variasi arus pengelasan terbaik dibandingkan hanya menggunakan satu parameter pengujian.

Simpulan

Dari hasil penelitian pengelasan SMAW dengan variasi arus pengelasan 105 A, 115 A, 125 A didapatkan kesimpulan berikut :

- 1) Terdapat pengaruh arus pengelasan pada pengujian kekuatan impact pengelasan SMAW dengan variasi arus pengelasan. Nilai tertinggi kekuatan impact terdapat di variasi arus pengelasan 105A sebesar 0.168 J/mm² dan untuk nilai terendah kekuatan impact terdapat di variasi arus pengelasan 125 A sebesar 0.130 J/mm².
- 2) Terdapat pengaruh arus pengelasan pada pengujian kekuatan tarik pengelasan SMAW dengan variasi arus pengelasan. Nilai tertinggi kekuatan tarik terdapat di variasi arus pengelasan 125 A sebesar 382.51 Mpa. Sementara nilai terendah kekuatan tarik terdapat di variasi arus pengelasan 105 A sebesar 262.71 Mpa.

- 3) Berdasarkan hasil normalisasi data nilai rata – rata gabungan dari dua pengujian (uji impact dan uji tarik), didapatkan variasi arus terbaik pada 125 A.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi G. & Yunus. (2022). “Pengaruh Arus Pengelasan Baja ST37 Pengelasan SMAW Terhadap Uji Tarik dan Uji Impact Bell Crank”. Jurnal Teknik Mesin. Volume 14 Nomor 01. 13-18.
- BSS Tarigan & Drastiawati, N.S. (2022). “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Baja ST37.” Jurnal Teknik Mesin. Volume 10 Nomor 03. 199-124.
- Darmawan M.R. (2022). “Pengaruh Variasi Sudut Kampuh dan Kuat Arus Pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) Menggunakan Uji Impact”. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Efandi E., et.al. (2022). Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Uji Impact Pada Sambungan baja Karbon ST 42. VOMEK. Vol.4, No.1, e-ISSN: 2656-2812.
- Faisal M., et.al. (2022). Uji Karakteristik Sambungan Las Baja Karbon Rendah SS400 Terhadap Ketangguhan Impact. Jurnal UNTIDAR. e-ISSN:2747-1217
- Bisri H. & Yunus. (2022). “Pengaruh Media Pendinginan Pada Proses Pengelasan Smaw Material Baja SS400 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro”. Jurnal Teknik Mesin. Volume 10 Nomor 03 Tahun 2022. 55-60.
- Isbiantoro W. (2017). Pengaruh Arus Pengelasan dan Sudut Kampuh V Terhadap kekuatan Tarik Material Pada Proses Las SMAW Menggunakan Elektroda E 7016. Skripsi. Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Pradana B.R.A & Yunus. (2018). Pengaruh Kuat Arus Las SMAW Terhadap Struktur Mikro, Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impact Sambungan V Baja Tahan Karat AISI 304. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin. Volume 06 Nomor 03, 147-152.