TOFEDU: The Future of Education Journal
Volume 5 Number 3 (2026) Page: 5779-5787
E-ISSN 2961-7553 P-ISSN 2963-8135
https://journal.tofedu.or.id/index.php/journal/index

An Analysis of the Effect of SMAW Welding Current on the Tensile Mechanical Properties of ST40 Low-Carbon Steel

Fajar Arif Budiman[1], Risal Abu[2], Azmil Azman[3]
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Dan Perencanaan Universitas Ekasakti
Co.responden: fajararifbudiman@gmail.com

ABSTRACT
Welding is one of the most widely used metal joining processes in manufacturing and construction industries. Low carbon steel ST40 is commonly applied because of its good mechanical properties, adequate strength, and excellent weldability. However, the quality and performance of welded joints are highly dependent on welding parameters, especially the welding current. Improper current selection may lead to welding defects, insufficient penetration, excessive heat input, and reduced mechanical strength of the joint. Therefore, controlling the welding current is essential to ensure reliable and high-quality welds. This study aims to analyze the effect of welding current variation in the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) process on the mechanical properties, particularly the tensile strength, of ST40 low carbon steel. An experimental method was employed in this research, The material used was ST40 steel plate with dimensions of 260 mm 20 mm x 5 mm, prepared with a single V-groove joint at a groove angle of 35°. The welding process was performed using an E6013 electrode with a diameter of 2.0 mm, DC+ polarity, and a horizontal welding position. Welding current variations of 60 A, 70 A, and 80 A were applied. After welding, the specimens were machined according to the ASTM E8 standard and tested using a universal tensile testing machine. The results show that welding current variations significantly influence tensile strength, yield strength, strain, and modulus of elasticity of the welded ST40 steel. A welding current that is too low results in unstable are conditions and poor penetration, while an excessively high current causes excessive heat input and potential weld defects. Among the three current variations, the 80A current produces the most optimal mechanical properties.

Keywords: SMAW, welding current, ST40 steel, tensile test, E6013 electrode.

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan yang paling umum digunakan dalam industri manufaktur dan konstruksi. Teknologi ini memainkan peranan penting dalam pembuatan struktur baja, termasuk baja ST40, yang banyak diaplikasikan pada berbagai sektor, mulai dari konstruksi bangunan hingga pembuatan komponen mesin. Baja ST40 dikenal memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik, sehingga sering menjadi pilihan utama dalam proyek-proyek yang memerlukan material dengan sifat mekanik unggul.

Kualitas sambungan las pada baja ST40 sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti teknik pengelasan, parameter pengelasan, serta besar kecilnya kuat arus yang digunakan. Dalam praktiknya, terdapat dua metode pengelasan yang umum digunakan, yaitu pengelasan dengan las listrik dan pengelasan dengan las gas. Salah satu metode yang paling sering diterapkan adalah pengelasan las busur listrik (SMAW – *Shielded Metal Arc Welding*). Metode ini cukup populer karena selain mampu menghasilkan sambungan yang kuat, juga relatif mudah diaplikasikan (Hudiono dan Santoso, 2020).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135

Kualitas sambungan las yang optimal sangat penting untuk memastikan integritas struktural dan keselamatan produk akhir. Kegagalan pada sambungan las dapat menyebabkan kerugian yang signifikan, baik secara ekonomi maupun dari segi keselamatan. Oleh karena itu, optimasi kualitas sambungan las merupakan kebutuhan mendesak dalam dunia industri.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai teknik dan parameter pengelasan yang dapat meningkatkan kualitas sambungan las pada baja ST40, serta untuk memahami pengaruh kuat arus terhadap sifat mekanik dari sambungan las tersebut. Besar kecilnya kuat arus sangat berpengaruh terhadap hasil pengelasan. Jika arus terlalu rendah, penyalaan busur listrik menjadi tidak stabil, panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan elektroda, sehingga kualitas las menurun. Sebaliknya, jika arus terlalu besar, busur listrik menjadi lebih stabil dan panas yang dihasilkan mampu melelehkan elektroda dengan baik, namun berisiko menimbulkan cacat las seperti *overheating* atau *burn-through*.

Dalam proses pengelasan SMAW, terutama pada material dengan ketebalan tinggi, sering digunakan teknik penyambungan kampuh, di mana celah antar logam dasar diisi oleh logam pengisi (elektroda) untuk menghasilkan sambungan yang kokoh. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih dalam mengenai pengaruh kuat arus terhadap baja ST40.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

a. Waktu Penelitian
b. Kegiatan eksperimen dilakukan pada bulan Oktober sampai November 2025.
c. Tempat Penelitian

Proses pembuatan specimen di Laboratoruim Universitas Ekasati Padang (UNES) dan Pengujian uji tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Institut Teknologi Padang (ITP), Jl. Gajah Mada Jl. Kandis Raya, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat.

Metode Pengumpulan Data

Dalam pembuatan skripsi ini penulis berusaha mencari sumber - sumber bahan yang diperlukan sebagai masukan dalam pengumpulan data yang penulis butuhkan. Adapun metode yang penulis gunakan dalam penulisan skripsi ini yaitu:

1. Metode literature
   Pada metode ini penulis mengumpulkan data melalui buku-buku, majalah, jurnal, tesis, skripsi, laporan tugas akhir, internet yang relevan dengan penelitian.
2. Metode observasi
   Pada metode ini penulis mengumpulkan data dengan melakukan tanya jawab kepada kepala bengkel dan pembimbing pada penelitian yang terkait.
3. Metode ekperimen
   Pada metode ini penulis mengumpulkan data melalui eksperimen atau pengujian sambungan hasil pengelasan SMAW pada plat Baja ST40 menggunakan alat uji tarik

Metode pengujian ini juga dilengkapi alat dan bahan yang akan digunakan, adapun alat dan bahan yang akan digunakan pada pengujian ini adalah:

Analisis Data

Data hasil uji tarik dianalisis secara statistik deskriptif untuk mengetahui rata-rata, simpangan baku, dan kecenderungan hubungan antara arus pengelasan dengan kekuatan tarik. Grafik hubungan arus terhadap kekuatan tarik juga dibuat untuk membantu interpretasi. Selain itu, dilakukan pembahasan secara teoritis terhadap hasil yang diperoleh untuk mengetahui pengaruh arus terhadap sifat mekanik material. Pada tabel 3.1

Data dikumpulkan dari hasil uji tarik pada masing-masing spesimen. Setiap variasi arus diuji minimal tiga kali (9 spesimen) untuk memperoleh hasil yang akurat dan dapat diandalkan.

E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Setelah data dari penelitian didapatkan, selanjutnya yaitu menganalisa data yang terkumpul dengan cara mengolah data tersebut. Data dari hasil pengujian yang didapat dimasukkan kedalam persamaan yang sudah disediakan kemudian mencari presentasi pengujian tarik pada spesimen. Teknik analisa data pada penelitian ini adalah Mean (Rata-rata) dari hasil pengujian untuk mendapatkan gambaran umum tentang kekuatan tarik. Adapun langkah-langkah pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Analisis data, menghitung rata-rata (*mean*) untuk data tegangan maksimum dan regangan. Rumus untuk mencari mean (rata-rata) dari serangkaian data adalah:

   Dimana :

   $mean = \frac{\sum fx}{n}$

   Keterangan :

   - M adalah Skor Rata-rata Mean
   - n adalah Jumlah data
   - fx adalah Jumlah Skor Keseluruhan

2. Pengolahan data, yang didapatkan setelah pengujian tarik

   a. Tegangan Tarik :

   $\sigma = \frac{F}{A}$

   Dimana :

   - σ adalah tegangan tarik (Pa atau N/mm²).
   - F adalah gaya yang diterapkan pada spesimen (N).
   - A adalah luas penampang awal spesimen (mm²).

   b. Regangan :

   $\varepsilon = \frac{\Delta L}{LO} x100\%$

   Dimana :

   - ε adalah Engineering Strain/Regangan (%)
   - $L0$ adalah panjang awal spesimen (mm)
   - ΔL adalah perubahan panjang spesimen (mm).

   c. Tegangan Luluh (*Yield Strength*, σy) :

   $\sigma y = \frac{Fy}{Ao}$

   Dimana :

   - σy adalah kekuatan luluh (Pa atau N/mm²).
   - Fy adalah gaya pada titik luluh (N).
   - $A0$ adalah luas penampang awal spesimen (mm²).

   d. Modulus Elastisitas :

   $E = \frac{\sigma u}{\varepsilon}$

   Dimana:

   - E adalah Modolus Elastis (N/mm²)
   - σ adalah Tegangan Tarik (N/mm²)
   - ε adalah Regangan (%)

Berdasarkan hasil pengolahan data selanjutnya dilakukan analisis perbandi-ngan kekuatan tarik hasil pengelasan. Masing – masing arus 60A,70 A, 80 A.

Analisa Data

Analisis Hasil Pengujian Tarik

Analisis pengaruh arus pengelasan 60 A, 70 A, 80 A. Pada pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai tegangan tarik , tegangan luluh, regangan serta modulus elastisitas yang dapat ditahan sebelum akhirnya spesimen putus.

Nilai rata-rata regangan pada arus pengelasan 60A dan 80 A lebih besar dibandingkan dengan arus pengelasan 70A dengan alasan:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

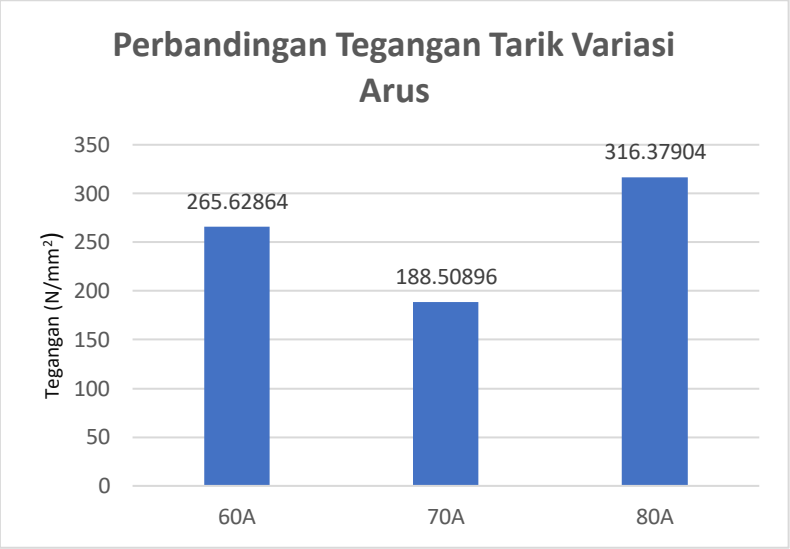
E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135

a. Karena dipengaruhi oleh cacat saat pengelasan pengelasan arus 70A lebih rendah dibandingkan dengan arus pengelasan 60A dan 80A akibat dari gaya total yang diberikan pada setiap spesimen sesuai waktu tekan tersebut berbeda sehingga regangan pada arus pengelasan 60A dan 80A lebih panjang dari arus pengelasan 70A.
b. Perubahan sifat material yang terjadi pada saat proses pengelasan dengan arus pengelasan 60A, 70A dan 80A. Hal ini menyebabkan terjadinya deformasi atau perubahan sifat material yang akan menyebabkan benda itu menjadi kaku pada regangan yang dilihat itu adalah panjang akhir yang didapatkan setelah melakukan pengujian dan dikurangi selisih panjang awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian sesuai arus 60A, 70A, 80A Terhadap Tegangan Tarik

Pada saat pengujian di peroleh hasil pada (tabel 4.1) bahwa arus pengelasan 80 A (316,37904 N/mm^2) yang lebih tinggi dari pada dengan arus pengelasan 70 A (254,589 N/mm^2) arus pengelasan 60A (265,62864 N/mm^2), Ini menunjukkan bahwa sambungan dengan arus pengelasan 80 A lebih baik dibandingkan dengan arus pengelasan 70 A dan 60A. Hal ini disebabkan oleh perubahan sifat meterial karena kelebihan panas dan kecepatan saat pengelasan dan hal ini menyebabkan terjadinya cacat las yang sangat tinggi. Pada arus rendah busur las tidak stabil akibatnya elektroda tidak menembus dengan tebal 5 mm. Dapat dilihat setelah specimen diuji Tarik (pada gambar 4.16). Berikut Grafik perbandingan tegangan Tarik pada gambar 5.1.

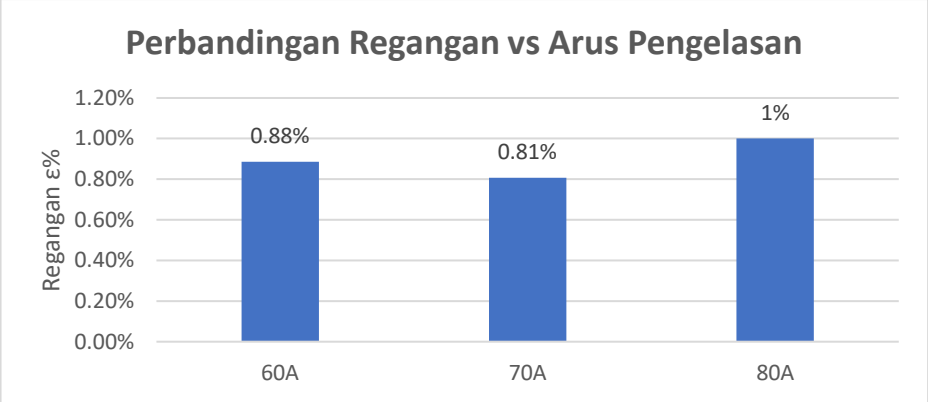


Gambar 1 Grafik Tegangan Tarik Rata-Rata Maksimum Dari Spesimen Arus Pengelasan pada arus rendah

Hasil Pengujian Tarik sesuai Arus pengelasan 60A, 70A Dan 80A Terhadap Regangan.

Pada saat pengujian di peroleh hasil pada (tabel 4.1) bahwa arus pengelasan 70A dan 80A memiliki regangan lebih besar dari pada arus pengelasan 60A. Nilai rata-rata regangan pada spesimen arus 80A memiliki nilai 1 % dan 70A memiliki nilai 0,80769231% yang lebih besar dari pada spesimen arus 60A memiliki nilai 0,88461538 %. Hal ini disebabkan oleh perubahan sifat meterial karena rata-rata pengelasan Arus 70A tidak menembus kebelakang dan kecepatan saat pengelasan yang dihasilkan. Pada arus rendah busur las tidak stabil akibatnya elektroda tidak menembus dengan tebal 5 mm. Hal ini menyebabkan terjadinya cacat las yang sangat tinggi. Seperti terlihat (pada gambar 4.16). Berikut Grafik perbandingan regangan pada gambar 5.2.

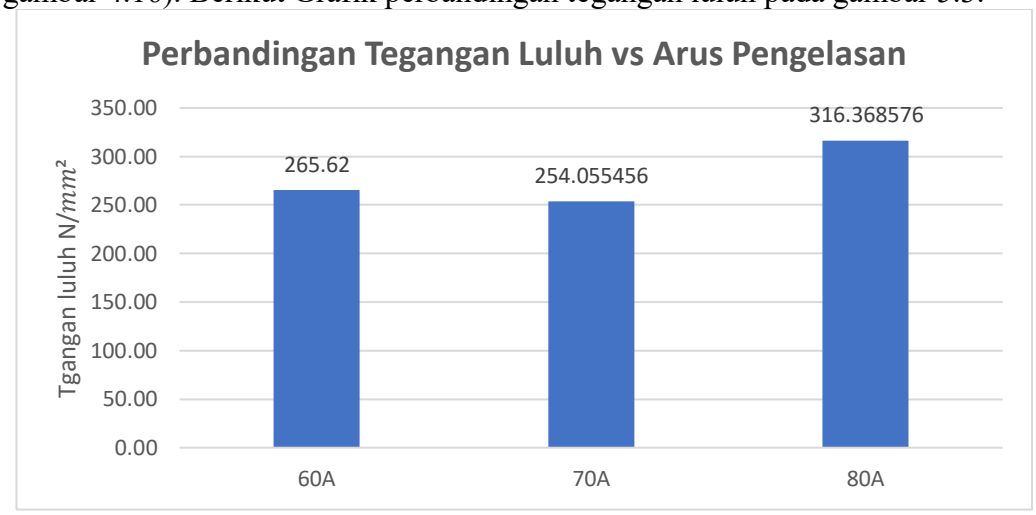
E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



Gambar 2 Grafik Regangan Rata-Rata Maksimum Dari Spesimen Arus Pengelasan pada arus rendah

Hasil Pengujian Tarik Sesuai Arus Pengelasan 60A, 70A Dan 80A Terhadap Tegangan Luluh.

Pada saat pengujian di peroleh hasil pada (tabel 4.1) nilai tegangan luluh bahwa arus pengelasan 60A memiliki tegangan luluh 265,623408 N/mm^2 pada arus pengelasan 70A memiliki tegangan luluh 254,055456 N/mm^2 dan 80A memiliki tegangan luluh 316,368576 N/mm^2. Pada arus pengelasan 70A lebih kecil dibandingkan dengan arus pengelasan 60A dan 80A diakibatkan oleh beban yang mana semakin berat beban yang diberikan maka materialnya berkurang sifat elastisitasnya, maka terjadilah tegangan luluh. Pada arus rendah busur las tidak stabil akibatnya elektroda tidak menembus dengan tebal 5 mm. Seperti terlihat (pada gambar 4.16). Berikut Grafik perbandingan tegangan luluh pada gambar 5.3.



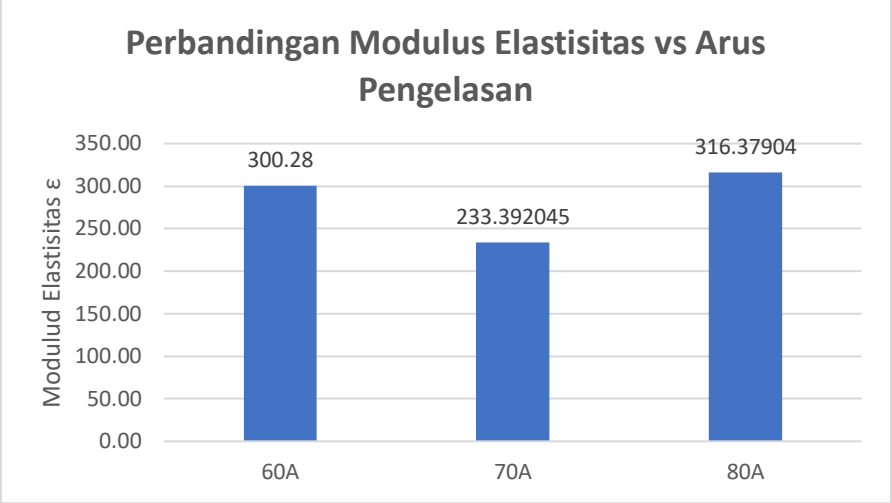
Gambar 3 Grafik Tegangan Luluh Rata-Rata Dari Spesimen Arus Pengelasan pada arus rendah

Hasil Pengujian Tarik Sesuai Arus Pengelasan Terhadap Modulus Elastisitas.

Pada saat pengujian di peroleh hasil pada (tabel 4.1) Nilai modulus elastisitas pada spesimen arus pengelasan 60A memiliki nilai 300,275713 N/mm^2, pada spesimen arus pengelasan 70A memiliki nilai 233,392045 N/mm^2yang lebih besar dari pada spesimen arus pengelasan 80A memiliki nilai 316,37904 N/mm^2. Hal ini terjadi karena heat input pada 70A tidak optimal sehingga menyebabkan struktur mikro yang kurang homogen, penetrasi tidak sempurna, serta tingginya tegangan sisa. Akibatnya daerah las menjadi lebih getas dan regangan elastis yang mampu ditahan berkurang, sehingga nilai tegangan tarik rata-rata lebih rendah dibandingkan arus 60A dan 80A. Pada arus rendah busur las tidak stabil akibatnya elektroda tidak menembus dengan tebal 5 mm. Seperti terlihat (pada gambar 4.16). Berikut Grafik Modulus Elastisitas pada gambar 5.4.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135



Gambar 4 Grafik Modulus Elastisitas Rata – Rata Dari Spesimen Arus Pengelasan pada arus rendah

Jadi ditemukan bahwa modulus elastisitas pada arus pengelasan 70A lebih kecil dibandingkan dengan 60A,80A. Berikut beberapa alasan potensial:

a. Tegangan luluh pada arus pengelasan waktu setiap pengujian berbeda tergantung dimana setiap spesimen pengujian mengalami patah saat dilakukan pengujian tarik.
b. Regangan pada setiap pengujian awal spesimen mengalami perubahan yang disebabkan oleh deformasi pada setiap pengujian yang dilakukan.

Ketika arus listrik mengalir melalui spesimen uji tarik (terutama pada logam), terjadi pemanasan Joule, yang meningkatkan suhu material. Dari analisis data pada arus pengelasan 60A, 70A dan 80A terhadap tegangan, regangan, tegangan luluh dan modulus elastisitas pengujian tarik maka didapatkan kualitas sambungan yang baik dan yang kurang baik sebagai berikut :

1. Tegangan (σ)

   Sambungan dengan nilai tegangan yang tinggi menunjukkan bahwa sambungan tersebut mampu menahan beban yang lebih besar sebelum mengalami kegagalan. Arus pengelasan 80A memiliki nilai tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan arus pengelasan 60A dan 70A, maka sambungan dengan arus pengelasan 80A dianggap lebih baik dalam hal ini.
2. Regangan (ε)

   Nilai regangan yang tinggi menunjukkan bahwa material mampu mengalami deformasi yang lebih besar sebelum putus. Jika arus pengelasan 80A memiliki regangan yang lebih tinggi dibandingkan arus pengelasan 60A dan 70A, ini menunjukkan bahwa sambungan pengelasan arus 80A memiliki fleksibilitas yang lebih baik.
3. Tegangan Luluh

   Ini tegangan luluh di mana material mulai mengalami deformasi plastis (permanen). Sambungan dengan tegangan luluh yang lebih tinggi menunjukkan sambungan yang lebih kuat terhadap beban. Arus pengelasan 80A memiliki tegangan luluh yang lebih tinggi daripada arus pengelasan 60A dan 70A, ini menunjukkan bahwa sambungan pengelasan arus 80A lebih kuat dan tahan terhadap beban.
4. Modulus Elastisitas

   Menunjukkan kekakuan material. Sambungan dengan modulus elastisitas yang lebih rendah akan lebih fleksibel, sedangkan yang lebih tinggi akan lebih kaku. Arus pengelasan 80A memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dari pada arus

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135

pengelasan 60A dan 70A, ini menunjukkan bahwa sambungan hasil pengelasan arus 80A lebih fleksibel.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan SMAW berpengaruh signifikan terhadap hasil uji tarik baja ST40. Arus pengelasan 80A menghasilkan kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan arus 60A dan 70A. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat rentang arus optimal untuk pengelasan SMAW pada baja ST40, di mana panas yang masuk cukup untuk menghasilkan ikatan yang kuat tanpa menyebabkan penurunan kekuatan akibat *overheating*. Arus pengelasan 60 A menghasilkan kekuatan tarik terendah karena masukan panas yang kurang menyebabkan peleburan dan penetrasi tidak optimal. Arus pengelasan 70 A menunjukkan nilai kekuatan tarik tertinggi, karena menghasilkan keseimbangan antara masukan panas, penetrasi, dan kualitas manik las yang baikArus 80A menghasilkan kekuatan tarik tertinggi, sehingga dapat direkomendasikan sebagai arus optimal untuk pengelasan SMAW pada baja ST40. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan parameter pengelasan lainnya, seperti jenis elektroda, kecepatan pengelasan, dan sudut elektroda, untuk mencapai hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Andewi, L. 2016. *Pengaruh variasi arus pada hasil pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) terhadap sifat fisis dan mekanis pada aluminium 6061*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Arifien, Y. (2007). *Perbandingan Kekuatan Tarik (Tensile Strength) Akibat Variasi Katalis pada Proses Carburizing Baja ST 40*. Skripsi, Universitas Negeri Semarang.

ASTM International. (2020). *ASTM E8/E8M – Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. ASTM International.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials science and engineering: An introduction* (10th ed.). Wiley.

Cary, H. B., & Helzer, S. C. (2005). *Modern Welding Technology* (6th ed.). *Pearson/Prentice Hall.*

Firdaus, G. I. (2020). *Pengaruh Temperatur pada Proses Pack Carburizing Baja ST 40 terhadap Nilai Kekerasan dan Bending*. Skripsi, Universitas Negeri Semarang

Hexana Semesta. (2023). *Unsur-unsur Kandungan Baja*. Diakses dari
https://www.hexana.co.id/post/unsur-unsur-kandungan-baja

Hudiono, A., & Santoso, H. (2020). Teknik Pengelasan SMAW untuk Industri Konstruksi. Surabaya: Penerbit Teknik Jaya

Jeffus, L. (2011). *Welding: Principles and Applications* (7th ed.). *Cengage Learning.*

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). Pearson Education.

Linda Andewi (2016) berjudul *"Pengaruh Variasi Arus pada Hasil Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Aluminium 6061"*

Little, R. L. (2002). *Welding and Welding Technology*. McGraw-Hill.

Logam Ceper. (2021, Februari 9). *Klasifikasi Baja Karbon (Carbon Steel)*.

Purwaningrum, Y. (2006). Karakterisasi Sifat Fisis Dan Mekanis Sambungan Las Smaw Baja a-287 Sebelum Dan Sesudah Pwht. *Teknoin*, *11*(3), 233–242. https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss3.art7

Sukarno, Asiri, M.H., dan M. (2022). Analisis Kekuatan Tarik dan Bending Dari Beberapa Jenis Kampuh V,X,I pada Pengelasan SMAW terhadap Baja Karbon Medium. *Journal of Technology Process*, *2*(1), 22–32.

Wahyudi, R. (2019). *Analisa pengaruh jenis elektroda pada pengelasan SMAW*

E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

penyambungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang terhadap tensile strenght. *1*(2), 43–47.

Widodo, E., & Sidoarjo, U. M. (2015). *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Proses Pelapisan Nikel Pelapisan Nikel Khrom Terhadap Kualitas Ketebalan Dan Kekerasan Pada Baja St 40*. *June*.

Yusrik Arham (2016) Pengaruh Jenis Kampuh V dan X terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Impact pada Pengelasan Baja Karbon

https://pengelasan.id/nyala-api-las-oksigen-asetilen/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:23

https://www.bahan.gelsonluz.com/2022/07/apa-itu-pengelasan-elektrogas-egw.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:23

https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/04/apa-itu-electrogas-welding-egw.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:26

https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/06/thermit-welding-tw.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:27

https://www.cnzahid.com/2022/02/eb-welding-cara-kerja-dan-kegunaannya.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:28

https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=plasma_arc_welding_paw diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:30

https://pttensor.com/2024/06/27/solid-state-welding/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:35

https://i.ytimg.com/vi/kuO5evtSaIY/maxresdefault.jpg diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:36

https://www.allpro.co.id/pengelasan/smaw/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:37

https://indonesian.alibaba.com/product-detail/The-most-popular-E6013-electrode-is-1600506448881.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:37

https://www.slideshare.net/slideshow/macammacam-sambungan/34106875 diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:38

https://id.images.search.yahoo.com/images/view diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:39

https://pengelasan.id/parameter-pengelasan/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:39

https://hardajaya.com/category/besi/plat-besi/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:40

https://isibangunan.com/pipa-baja-karbon.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:42

https://www.zwickroell.com/id/industri/logam/standar-logam/uji-tarik-logam-astm-e8/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:45

https://www.researchgate.net/figure/Gambar-11-Struktur-Mikro-Logam-Induk-HAZ-LAS-perbesar-50X_fig1_366956336 diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:47

https://putrapengelasan.wordpress.com/2022/09/22/example-post-2/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:48

https://tehniq.com/products/mesin-potong-besi-cut-off-bosch-gco-200-14-inch?variant=35734823141535 diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:49

https://www.grosiralattuliskantor.com/2013/11/penggaris-besi-30-cm-cadwell.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:50

https://hotech-ms.com/product/bosch-small-angle-grinder-gws-060-mesin-gerinda/ diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:51

https://www.alatuji.com/article/detail/418/uji-tarik-dengan-universal-testing-machine diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:52

https://kumparan.com/berita-terkini/bagaimana-cara-menggunakan-jangka-sorong-1vKQqOcik3b diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:53

https://www.s-gala.com/blog-post/tang diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:54

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135

https://www.tokopedia.com/homentools/palu-kambing-gagang-fiber-16-oz-martil-palu-catut?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:23
https://www.monotaro.id/p103956752.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:23
https://timurgor.blogspot.com/2018/01/peralatan-keselamatan-kerja-di-kapal.html diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:23
https://www.researchgate.net/profile.png diakses pada tanggal 20/11/2025, jam 00:23

E-ISSN 2961-7553
P-ISSN 2963-8135

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.