

**ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS NORMALIZING  
DENGAN VARIARI TEMPERATUR SETELAH PENGELASAN  
SMAW TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO  
BAJA AISI 1040**



**TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Strata 1 Pada  
Program Studi Teknik Mesin

**Oleh:**

**RIO FEBRIAN**

**2102220037**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS TRIDINANTI**

**2026**



**SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS NORMALIZING  
DENGAN VARIARI TEMPERATUR SETELAH PENGELASAN SMAW  
TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1040**

**Disusun :**

**RIO FEBRIAN  
2102220037**

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Mesin**

**Heriyanto Rusmaryadi, S.T., PG.,DIP., M.T**

**Diperiksa dan Disetujui Oleh :  
Dosen Pembimbing I**

**Martin Luther King, S.T., M.T**

**Dosen Pembimbing II**

**Rita Maria Veranika, S.T., MT.**

**Disahkan Oleh:**



**Dekan FT-UNANTI**

**Dr Ani Firda, ST., MT.**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Nama : Rio Febrian  
NIM : 2102220037  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :

**ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS NORMALIZING  
DENGAN VARIARI TEMPERATUR SETELAH PENGELASAN SMAW  
TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1040.**

Adalah benar merupakan karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam skripsi tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan ditemukan pelanggaran atas karya ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan skripsi dan gelar yang saya peroleh dari skripsi tersebut.

Palembang, April 2026

Yang Membuat Pernyataan



RIO FEBRIAN

NIM 2102220037

**SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademika Program Studi Teknik mesin fakultas teknik universitas Tridinanti, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : RIO FEBRIAN  
NIM : 2102220037  
Fakultas : TEKNIK  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Jenis Karya : TUGAS AKHIR / SKRIPSI

Demi Pengembangan Ilmu Pengetahuan untuk memberikan kepada pihak Universitas Tridinanti Palembang hak bebas Royalti Noneksklusif (*non exclusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “ **ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS NORMALIZING DENGAN VARIARI TEMPERATUR SETELAH PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1040**”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan hak royalti eksklusif ini Universitas Tridinanti Palembang berhak menyimpan, mengalih mediakan, mengella dalam bentuk data base dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik hak cipta. Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Palembang, April 2026

  
RIO FEBRIAN

## ***MOTTO***

***“Bukan soal seberapa cepat untuk sampai, tapi seberapa kuat  
bertahan sampai selesai”***

***~ Rio Febrian***

## ***PERSEMBAHAN***

***Skripsi ini saya persembahkan untuk:***

- 1. Kedua orang tua tercinta, Suwandi dan Rawut, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan kekuatan tanpa henti. Setiap langkah yang saya tempuh hingga titik ini tidak pernah lepas dari pengorbanan dan keikhlasan kalian.***
- 2. Saudara kandung saya, Indra, beserta istrinya Tia, serta keponakan-keponakan tersayang, Rifki dan Rafa, yang selalu menjadi penyemangat dan penghibur di tengah proses panjang penyusunan skripsi ini.***
- 3. Meilina Silky, sosok yang selalu hadir, memberikan perhatian, dukungan moral, dan bantuan dengan ketulusan, serta menjadi tempat berbagi cerita dan semangat dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini.***
- 4. Sahabat-sahabat saya di rumah, yang selalu memberikan rasa kebersamaan, tawa, dan dukungan dalam berbagai keadaan.***
- 5. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2021, yang telah menjadi teman seperjuangan, berbagi pengalaman, ilmu, dan kenangan selama masa perkuliahan.***

6. *Almamater tercinta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tridinanti, tempat saya menimba ilmu dan membentuk jati diri, dengan semangat “Salam M Solver.”*
7. *Dan terakhir, untuk diri saya sendiri, Rio Febrian, yang telah berjuang, bertahan, dan tidak menyerah dalam menghadapi setiap proses, tantangan, dan kelelahan hingga skripsi ini dapat diselesaikan.*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. karena atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS NORMALIZING DENGAN VARIARI TEMPERATUR SETELAH PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1040”**.

Skripsi ini merupakan bagian dari syarat yang harus dipenuhi bagi setiap mahasiswa Teknik Mesin Universitas Tridinanti. Tersusunya skripsi ini tidak lepas dari bantuan semua pihak dalam menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE, MS selaku Rektor Universitas Tridinanti.
2. Ibu Dr. Ani Fida, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
3. Bapak Heriyanto Rusmaryadi, S.T., M.T. selaku Ketua program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
4. Bapak Martin Luther King, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tridinanti, sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah memberi arahan, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Ibu Rita Maria Veranika, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi arahan, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Bapak Ir. R. Kohar, M.T. selaku Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti yang telah mengarahkan dan mendampingi proses penelitian.
7. Seluruh staf Dosem dan Karyawan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti Angkatan 2021 yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun dalam pembahasannya. Oleh karena itu, penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar dapat memperbaiki skripsi ini.

Palembang, Februari 2026

Penulis,

Rio Febrin

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.2 Baja .....	7
2.2.1 Baja Karbon ( <i>Carbon Steel</i> ) .....	8
2.2.2 Baja Paduan ( <i>Alloy Steel</i> ) .....	8
2.1 Pengelasan SMAW.....	9
2.3 Baja AISI 1040.....	13
2.4 Elektroda E7018.....	14

2.8 Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	15
2.7 Proses Normalizing .....	16
2.9 Pengujian Kekerasan Rockwell .....	17
2.10 Struktur Mikro.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Waktu dan Tempat penelitian.....	19
3.4 Pendekatan Penelitian.....	19
3.5 Populasi dan Sampel .....	19
3.3.1 Populasi.....	19
3.3.2 Sampel.....	20
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	20
3.7 Teknik Analisis Data.....	20
3.8 Perencanaan dan Persiapan Alat dan Bahan.....	21
3.6.1 Alat.....	22
3.6.2 Bahan yang Diperlukan .....	25
3.7 Langkah–Langkah Proses Pengelasan dan Pengujian Spesimen .....	26
3.8 Diagram Alir Penelitian .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.2 Pengujian Kekerasan Rockwell .....	31
4.2.1 Benda Asal.....	31
4.2.2 Nilai dari Uji Kekerasan .....	32
4.3 Uji Struktur Mikro.....	34
4.4 Pembahasan.....	39
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW.....	11
Gambar 2.2 Posisi Datar (1G) Pengelasan SMAW .....	12
Gambar 2.3 Diagram Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	16
Gambar 3.1 Mesin Las SMAW .....	22
Gambar 3.2 Perlengkapan Las.....	22
Gambar 3.3 Alat Ukur Kampuh .....	23
Gambar 3.4 Amplas Kasar dan Amplas Halus.....	23
Gambar 3.5 Kikir .....	23
Gambar 3.6 Furnace.....	24
Gambar 3.7 Rockwell Hardness Tester .....	24
Gambar 3.8 Mikroskop .....	25
Gambar 3.9 Baja AISI 1040 .....	25
Gambar 3.10 Elektroda E7018 .....	26
Gambar 3.11 Bentuk Kampuh V .....	27
Gambar 3.12 Mesin Pengering Elektroda.....	27
Gambar 4.1 Spesifikasi Titik Penekanan Benda Uji .....	31
Gambar 4.2 Nilai Rata-rata Kekerasan Logam Setiap Variasi Temperatur .....	33
Gambar 4.3 Struktur Mikro Benda Asal Tanpa Pengelasan .....	34
Gambar 4.4 Struktur Mikro Tanpa Perlakuan Panas Pasca Las .....	35
Gambar 4.5 Struktur Mikro Perlakuan Panas Pasca Las 820°C.....	36
Gambar 4.6 Struktur Mikro Perlakuan Panas Pasca Las 840°C.....	37
Gambar 4.7 Struktur Mikro Perlakuan Panas Pasca Las 860°C.....	38

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Spesifikasi Baja AISI 1040 .....	13
Tabel 2.2 Spesifikasi Pemakaian Arus .....	14
Tabel 4.1 Hasil Nilai Kekerasan Benda Asal Tanpa Pengelasan (HRB).....	31
Tabel 4.2 Nilai Uji Kekerasan .....	32

## **ABSTRAK**

Baja karbon sedang AISI 1040 banyak digunakan dalam konstruksi karena memiliki sifat mekanik yang baik, namun proses pengelasan SMAW dapat meningkatkan kekerasan dan mengubah struktur mikro, terutama pada daerah HAZ akibat terbentuknya martensit. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perlakuan panas normalizing terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro setelah pengelasan menggunakan elektroda E7018 diameter 3,2 mm dengan arus 100 A. Normalizing dilakukan pada temperatur 820°C, 840°C, dan 860°C. Hasil menunjukkan bahwa kekerasan meningkat dari 89,4 HRB menjadi 91,1 HRB setelah pengelasan tanpa perlakuan panas, kemudian menurun menjadi 86,1 HRB, 85,3 HRB, dan 84,3 HRB seiring peningkatan temperatur normalizing. Penurunan ini terjadi karena perlakuan panas normalizing mampu mengubah struktur mikro menjadi lebih homogen. Selain itu, peningkatan temperatur normalizing menyebabkan struktur mikro cenderung semakin kasar sehingga nilai kekerasan material menurun

Kata Kunci: Normalizing, Pengelasan SMAW, Baja AISI 1040, Kekerasan, Struktur Mikro

## **ABSTRACT**

*AISI 1040 medium carbon steel is widely used in construction due to its good mechanical properties, however, the SMAW welding process can increase hardness and change the microstructure, especially in the HAZ due to the formation of martensite. This study aims to analyze the effect of normalizing heat treatment on hardness and microstructure values after welding using a 3.2 mm diameter E7018 electrode with a current of 100 A. Normalizing was carried out at temperatures of 820°C, 840°C, and 860°C. The results showed that the hardness increased from 89.4 HRB to 91.1 HRB after welding without heat treatment, then decreased to 86.1 HRB, 85.3 HRB, and 84.3 HRB as the normalizing temperature increased. This decrease occurred because the normalizing heat treatment was able to change the microstructure to be more homogeneous. In addition, increasing the normalizing temperature caused the microstructure to tend to become coarser so that the material hardness value decreased.*

*Keywords: Normalizing, SMAW Welding, AISI 1040 Steel, Hardness, Microstructur*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri konstruksi menuntut penggunaan material yang memiliki kekuatan, kekerasan, dan keuletan yang seimbang. Berbagai komponen konstruksi seperti rangka bangunan, jembatan, pipa struktur, serta elemen penopang lainnya banyak menggunakan baja sebagai material utama karena mudah dibentuk, memiliki berbagai jenis, serta mampu menahan beban kerja yang tinggi. Salah satu jenis baja yang banyak digunakan adalah baja karbon sedang, khususnya AISI 1040, yang memiliki kandungan karbon sekitar 0,4% dan dikenal memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik.

Minat penelitian ini berawal dari pengamatan bahwa dalam proses perbaikan maupun penyambungan komponen baja karbon sedang, metode pengelasan yang paling sering digunakan di lapangan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode ini dipilih karena relatif praktis, fleksibel untuk berbagai posisi pengelasan, dan ekonomis. Namun, proses pengelasan SMAW menghasilkan panas tinggi yang menyebabkan terjadinya pencairan logam induk dan elektroda, diikuti proses pendinginan yang relatif cepat. Kondisi tersebut menimbulkan perubahan struktur mikro pada daerah logam las dan *Heat Affected Zone* (HAZ), yang berpotensi meningkatkan kekerasan secara lokal serta menimbulkan tegangan sisa (Jalil, 2017)

Penggunaan elektroda E7018 berdiameter 3,2 mm dengan arus pengelasan 100 A, sebagaimana direkomendasikan dalam rentang 90–130 A (Kou, 2003),

memang mampu menghasilkan sambungan dengan kekuatan tinggi dan risiko retak hidrogen yang rendah. Namun, berdasarkan kajian literatur dan fenomena yang sering terjadi di lapangan, sambungan las pada baja karbon sedang tetap berpotensi mengalami perubahan sifat mekanis akibat masukan panas (*heat input*) yang tidak terkendali. Perubahan tersebut dapat berupa pembesaran ukuran butir, terbentuknya struktur mikro yang tidak homogen, serta peningkatan kekerasan yang berlebihan pada daerah HAZ, yang pada akhirnya dapat menurunkan keandalan sambungan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, muncul ketertarikan untuk meneliti upaya perbaikan sifat material setelah proses pengelasan melalui perlakuan panas pasca las. Salah satu metode yang umum digunakan adalah proses *normalizing*, yaitu pemanasan baja hingga mencapai fase austenit kemudian didinginkan di udara terbuka sampai suhu kamar. Proses ini diketahui mampu memperbaiki struktur mikro menjadi lebih homogen, memperhalus ukuran butir, serta menghasilkan kombinasi kekerasan dan keuletan yang lebih seimbang dibandingkan kondisi setelah pengelasan tanpa perlakuan panas (Wurdhani dkk, 2021:71).

Pemilihan variasi temperatur *normalizing* 820°C, 840°C, dan 860°C didasarkan pada rentang temperatur austenitisasi baja karbon sedang, khususnya AISI 1040, sehingga memungkinkan terjadinya transformasi struktur mikro secara optimal. Variasi temperatur tersebut menarik untuk dikaji lebih lanjut karena peningkatan suhu pemanasan dapat memengaruhi pembentukan butir austenit selama proses pemanasan yang selanjutnya akan

menentukan karakteristik ferrit–pearlit setelah pendinginan di udara. Perubahan mikrostruktur ini tentu akan berpengaruh terhadap nilai kekerasan material.

Penelitian ini juga didukung oleh hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kemas Ridho Azhari (2025) dengan judul “*Pengaruh Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Baja AISI 1050 dengan Variasi Arus terhadap Perubahan Kekerasan dan Struktur Mikro.*” Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa peningkatan arus pengelasan dari 100 A, 110 A, hingga 120 A menggunakan elektroda E7018 diameter 3,2 mm menyebabkan peningkatan nilai kekerasan pada logam las maupun daerah HAZ. Nilai kekerasan logam isian meningkat dari 18,8 HRC menjadi 21,5 HRC, sedangkan pada daerah HAZ meningkat dari 22,7 HRC menjadi 24,9 HRC. Peningkatan tersebut terjadi akibat bertambahnya masukan panas yang mempercepat peleburan logam isian serta memicu perubahan struktur mikro dari perlit menjadi martensit pada daerah HAZ.

Terbentuknya martensit akibat pendinginan cepat setelah pengelasan berpotensi meningkatkan kekerasan secara signifikan, namun juga dapat menyebabkan sifat getas pada daerah HAZ sehingga menurunkan keandalan sambungan las. Dalam saran penelitiannya, Kemas Ridho Azhari merekomendasikan perlunya dilakukan perlakuan panas normalizing setelah proses pengelasan untuk meminimalkan pembentukan martensit serta memperbaiki sifat mekanis material. Selain itu, disarankan pula untuk

mengkaji pengaruh perlakuan panas pasca pengelasan terhadap perubahan struktur mikro dan sifat mekanik logam las.

Berdasarkan hasil dan saran dari penelitian tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji efektivitas perlakuan panas normalizing pada baja karbon sedang AISI 1040 setelah proses pengelasan SMAW menggunakan elektroda E7018 diameter 3,2 mm dengan arus 100 A. Jika penelitian sebelumnya menitikberatkan pada pengaruh variasi arus pengelasan terhadap peningkatan kekerasan serta perlakuan panas pada temperatur di bawah austenitisasi, maka penelitian ini menggunakan variasi temperatur normalizing 820°C, 840°C, dan 860°C yang berada pada rentang austenitisasi penuh untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan. Penelitian ini berjudul *“Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Normalizing Setelah Pengelasan SMAW dengan Variasi Temperatur terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 1040.”*

Pengamatan dilakukan pada logam las, daerah HAZ, serta logam induk sebelum dan sesudah perlakuan panas, sehingga diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai kemampuan proses normalizing dalam memperbaiki keseragaman struktur mikro, mengurangi potensi pembentukan martensit yang bersifat getas, serta menyeimbangkan kembali sifat mekanis baja AISI 1040 pasca pengelasan.

Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai pengaruh variasi temperatur normalizing terhadap perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan pada baja AISI 1040 setelah proses pengelasan SMAW.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam menentukan parameter perlakuan panas yang tepat sehingga sifat mekanik material setelah pengelasan dapat diperbaiki dan lebih mendekati kondisi awal material.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka penulis merumuskan masalahnya yaitu bagaimana pengaruh variasi temperatur *normalizing* 820°C, 840°C, dan 860°C terhadap nilai kekerasan baja AISI 1040 hasil pengelasan SMAW?

### **1.3 Batasan Masalah**

Mengingat cakupan permasalahan yang cukup luas, maka penulis memberikan batasan penelitian sebagai berikut:

1. Jenis baja yang digunakan adalah AISI 1040.
2. Arus pengelasan SMAW sebesar 100 A.
3. Temperatur *normalizing* adalah 820°C, 840°C, dan 860°C.
4. Waktu penahanan yang diterapkan adalah selama 15 menit.
5. Sambungan kampuh V dalam pengelasan dengan sudut 60°.
6. Pengujian sifat mekanik hanya pada uji kekerasan Rockwell.
7. Analisis mikrostruktur difokuskan pada logam las dan HAZ.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *normalizing* 820°C, 840°C, dan 860°C terhadap nilai kekerasan baja AISI 1040 hasil pengelasan SMAW.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi ilmiah mengenai pengaruh variasi temperatur *normalizing* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1040 hasil pengelasan SMAW.
2. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi dunia industri dalam menentukan temperatur *normalizing* pasca pengelasan yang tepat guna meningkatkan kualitas sambungan las pada komponen mesin berbahan baja AISI 1040.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakhori, A. (2017). Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 14–21.
- Basuki, Y. R. (2023). *DASAR KONSTRUKSI BAJA UNTUK SMK*. azhar Publisher.
- Elimado, A., Pata, M., Pertahanan, U., & Indonesia, R. (2025). *Teknik Pengelasan SMAW pada Plat Baja Gread A di PT . PAL INDONESIA*. 244–249.
- Firda Herlina, Mujiburrahman, Anhar Khalid, Kholis Nur Faizin, Fatma Sarie, Herman, Yuli, Widiyo subiantoro, S. W. (2025). *MATERIAL ENGINERING* (M. Suprpto (ed.)). CV. REY MEDIA GRAFIKA.
- Gilang Wira Pratama, A., Azwinur, & Zaini. (2024). Pengaruh Variasi Arus Elektroda E7018 Terhadap Kekuatan Bending Material Baja Karbon. *Journal of Mechanical Engineering and Fabrication*, 1(1), 15–19.
- Hanafi, A. (2018). *STUDI SIFAT MEKANIS LAS BRAZING DENGAN PENYAMBUNGAN LAP JOINT PADA MATERIAL ALUMINIUM, KUNINGAN DAN TEMBAGA*.
- Irawan, M. D. (2024). *PENGARUH PENGELASAN SMAW DENGAN VARIASI TEMPERATUR PERLAUAN PANAS PASCA LAS TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AISI 1045*.
- Jalil. (2017). *Teknologi Pengelasan*. Deepublish.
- Smallman, R. E. (2003). *Metallurgi fisik modern dan rekayasa material*. Erlangga.
- Sumantri. (2023). *PENGARUH ARUS PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA 7018 PADA BAJA AISI 1050 TERHADAP KEKURATAN TARIK DAN KETANGGUHAN*.
- Wurdhani, R., Budiarto, U., & Amiruddin, W. (2021). *Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Normalizing Terhadap Kekuatan Impak Aluminium 6061 Pengelasan MIG dengan Variasi Posisi dan Bentuk Kampuh*. 9(1), 70–78.

