

## Analisa Pengaruh Variasi *Bevel* dan Penggunaan *Backing Ceramic* Terhadap Kekuatan Dan *Defect Material* Baja Grade A Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW)

Abdullah Muflih<sup>1\*</sup>, Ramli Sangadji<sup>2</sup>, Abdul Hamid<sup>3</sup> Sutrisno<sup>4</sup> Mu'izzaddin Wa'addulloh<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Program Studi Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknik, Universitas Maritim AMNI Semarang

Alamat: Jl. Soekarno-Hatta No. 180 Semarang

\*Korespondensi penulis: [mflhabdillah2@email.com](mailto:mflhabdillah2@email.com)

**Abstract.** Grade A steel plates are commonly used in marine and offshore structures due to their high corrosion resistance. This study investigates the effect of bevel angle variations (30°, 40°, and 50°) and the use of ceramic backing on the mechanical properties and welding defects of Grade A steel using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method. Welding was conducted with four-pass multipass welding. An experimental approach was employed, including macro visual inspection, dye penetrant, tensile, and impact testing. Results showed that specimens without ceramic backing (P1) had more defects such as incomplete penetration and spatter compared to those with backing (P2). All specimens met ASTM E23 impact standards (average 23.9–24.1 J/mm<sup>2</sup>). Tensile tests revealed that ceramic backing improved strength, with the highest UTS (576.1 MPa) and elongation (25%) found.

**Keywords:** Bevel Variation, Ceramic Backing, Mechanical Strength, Grade A Steel, Shield Metal Arc Welding (SMAW).

**Abstrak.** Pelat baja Grade A umum digunakan dalam struktur kelautan dan lepas pantai karena ketahanannya yang tinggi terhadap korosi. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi sudut bevel (30°, 40°, dan 50°) serta penggunaan backing keramik terhadap sifat mekanik dan cacat las pada baja Grade A dengan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Proses pengelasan dilakukan dengan teknik multipass sebanyak empat lapisan. Metode penelitian bersifat eksperimental, meliputi uji makro visual, uji penetrasi cair, uji tarik, dan uji impak. Hasil menunjukkan bahwa spesimen tanpa backing keramik (P1) mengalami lebih banyak cacat seperti incomplete penetration dan spatter dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan backing keramik (P2). Semua spesimen memenuhi standar uji impak ASTM E23 dengan rata-rata nilai impak sebesar 23,9–24,1 J/mm<sup>2</sup>. Uji tarik menunjukkan bahwa penggunaan backing keramik meningkatkan kekuatan tarik, dengan nilai UTS tertinggi (576,1 MPa) dan elongasi maksimum (25%)

**Kata kunci:** Variasi Bevel, Backing Ceramic, Kekuatan Mekanik, Baja Grade A, Shield Metal Arc Welding (SMAW).

### 1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan proses penting dalam berbagai sektor industri seperti konstruksi, manufaktur, dan otomotif, karena berperan dalam menyatukan logam secara kuat dan aman. Dalam industri perkapalan, pengelasan menjadi bagian vital untuk menghubungkan berbagai komponen seperti pelat dan blok kapal. Seiring kemajuan teknologi konstruksi berbahan logam, pengelasan menjadi teknologi utama untuk menghasilkan struktur yang kokoh.

Oleh karena itu, dibutuhkan teknik pengelasan yang sesuai dengan *Welding Procedure Specification* (WPS) guna memastikan hasil pengelasan optimal. Dari berbagai metode penyambungan logam, pengelasan menjadi yang paling umum karena memanfaatkan panas busur listrik untuk mencairkan logam dasar dan menyatukannya secara efisien dan rapat. Menurut standar *Deutsche Industrie Norm* (DIN), pengelasan merupakan ikatan metalurgi antara logam dalam keadaan lumer. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), yang menghasilkan panas dari busur listrik antara elektroda berlapis flux dan benda kerja. Keunggulan SMAW terletak pada kesederhanaan alat dan fleksibilitas penggunaannya (Ramadhan *et al.*, 2024).

Kekuatan sambungan las dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk transformasi struktur mikro akibat panas tinggi saat proses pengelasan. Daerah logam yang terpengaruh panas ini disebut *Heat Affected Zone* (HAZ), di mana struktur mikronya berubah tergantung suhu puncak, kecepatan pengelasan, sudut kampuh, dan laju pendinginan (Fauzi *et al.*, 2022). Untuk menjamin kualitas sambungan las, dilakukan pengujian melalui metode *Non Destructive Test* (NDT) seperti *penetrant test* dan uji makro struktur, serta *Destructive Test* (DT) seperti uji tarik dan uji impak (Setyawan *et al.*, 2022). Menurut *American Welding Society* (AWS), proses SMAW memanfaatkan panas dari busur listrik hingga 500 ampere untuk mencairkan logam dasar dan elektroda. Karena logam cair rentan terhadap oksidasi, elektroda dilapisi slag atau flux pelindung, yang mencair dan mengisolasi logam dari udara. Setelah pembekuan, flux ini terus melindungi permukaan dari oksidasi.

Dalam praktik pengelasan, variasi sudut kampuh (bevel) mempengaruhi kekuatan dan struktur hasil sambungan. Oleh karena itu, memahami efek variasi bevel sangat penting agar sambungan yang dihasilkan berkualitas. Parameter lain dalam proses SMAW yang memengaruhi mutu sambungan meliputi posisi pengelasan dan penggunaan *Backing Ceramic* (Fauzi *et al.*, 2022). Melalui pengujian sudut bevel 30°, 40°, dan 50° dengan dan tanpa *Backing Ceramic*, penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan dan cacat las pada pelat baja Grade A dalam pengelasan SMAW. Penelitian ini ditujukan untuk memberi pemahaman lebih dalam mengenai pengaruh konfigurasi bevel terhadap hasil pengelasan.

*Analisa Pengaruh Variasi Bevel Dan Penggunaan Backing Ceramic Terhadap Kekuatan dan Defect Material Baja Grade A Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW)*

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menguji pengaruh variasi bevel terhadap kekuatan tarik, dampak, struktur makro, dan jenis cacat las yang muncul. Uji dilakukan pada dua kelompok: dengan *Backing Ceramic* dan tanpa *Backing Ceramic*. Diharapkan hasil penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan teknik pengelasan, terutama untuk industri perkapalan dan konstruksi logam lainnya. Dengan mengetahui sudut bevel dan penggunaan *Backing Ceramic* yang paling efektif, proses pengelasan dapat dioptimalkan untuk menghasilkan sambungan yang kuat, tahan lama, dan minim cacat.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **2.1 Landasan Teori**

Pengelasan merupakan proses penyambungan logam yang melibatkan pemanfaatan energi panas untuk mencairkan bagian sambungan dan menyatukan dua atau lebih logam menjadi satu kesatuan permanen. Proses ini memiliki peranan penting dalam sektor industri seperti konstruksi, otomotif, hingga industri maritim. Menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi yang terbentuk dalam kondisi cair antara logam dasar dan logam pengisi (Purwanto *et al.*, 2024).

### **2.2 Backing Ceramic**

*Backing Ceramic* merupakan alat bantu dalam pengelasan yang berfungsi sebagai penahan logam cair pada sisi bawah kampuh, khususnya pada sambungan tumpul. Material ini dibuat dari campuran keramik tahan panas seperti  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ , dan  $TiO_2$  sehingga dapat menahan suhu tinggi dan mendukung pembentukan akar las yang sempurna (Sade, 2023). Penggunaan *Backing Ceramic* dapat mengurangi cacat seperti incomplete penetration dan meningkatkan efisiensi proses pengelasan karena tidak memerlukan pengelasan dari sisi belakang sambungan.

## **3. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif yang bersifat empiris dan sistematis, dengan fokus pada pengujian pengelasan baja Grade A menggunakan metode *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) melalui variasi sudut bevel 30°, 40°, dan 50°, baik dengan maupun tanpa penggunaan *Backing Ceramic*. Penelitian dilaksanakan di PT. Janata Marina Indah, Semarang, selama 10 hari,

dimulai dari observasi, studi literatur, hingga pelaksanaan pengelasan dan pengujian. Pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka, observasi lapangan, survei, dan dokumentasi. Proses pengujian meliputi uji destruktif (uji tarik dan impak) untuk mengukur kekuatan mekanik, serta uji non-destruktif (pengujian makro dan dye penetrant) untuk mendeteksi cacat permukaan. Bahan yang digunakan adalah pelat baja Grade A dan *Backing Ceramic*, sedangkan alat mencakup mesin las SMAW, elektroda LB-52U, alat ukur, serta mesin uji tarik dan impak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi sudut bevel dan penggunaan *Backing Ceramic* terhadap kekuatan dan kualitas sambungan las, serta memberikan solusi atas permasalahan pengelasan yang ditemukan di industri galangan kapal.

Metode penelitian ini dilakukan secara eksperimental di PT. Janata Marina Indah, Semarang, menggunakan baja karbon Grade A dengan variasi sudut bevel 30°, 40°, dan 50°, serta dua perlakuan: menggunakan dan tanpa *Backing Ceramic*. Proses pengelasan dilakukan oleh welder profesional dengan metode SMAW (Shielded Metal Arc Welding), elektroda LB-52U berdiameter 3,2 mm, arus 110–140A, tegangan 23V, dan posisi 1G horizontal, serta menggunakan teknik multipass (root, fill, dan cap pass). Pengujian dilakukan melalui destructive test, yaitu uji tarik menggunakan Universal Testing Machine sesuai standar ASTM E8 untuk mengetahui kekuatan tarik, elongation, dan yield strength; serta uji impak Charpy dengan spesimen berukuran 55x10x10 mm sesuai ASTM E23 untuk mengukur ketangguhan material. Sementara itu, pengujian non-destructive test meliputi pemeriksaan penetrant (DPT) dan pengamatan struktur makro untuk mendeteksi cacat permukaan dan visualisasi struktur las. Semua data diperoleh melalui observasi langsung, studi literatur, dan dokumentasi lapangan, kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi bevel dan penggunaan *Backing Ceramic* terhadap kekuatan dan cacat sambungan las.


#### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

##### **Analisa Berdasarkan Uji Makro Visual**

##### **1) Hasil Uji Spesimen P1 (*Non Backing Ceramic*)**

Setelah melakukan proses pengelasan, hasil yang didapat bisa dilihat pada gambar dibawah ini :

**Tabel 1. Hasil Uji Makro Visual P1**


No.	Nama part	Bentuk & ukuran (mm)	Hasil	Gambar
1.	Spesimen P1 30 <sup>°</sup>	Plat	- <i>Spatter</i> - <i>incomplete penetration</i>	

### **Analisa Berdasarkan Dye Penetrant Test**


#### **1) Spesimen P1 (Non Backing Ceramic)**

Setelah melakukan proses *NDT*, hasil yang didapat bisa dilihat pada gambar dibawah ini :

**Tabel 1. Hasil Uji Dye Penetrant Test P1**

No.	Nama part	Bentuk & ukuran (mm)	Hasil	Gambar
1.	Spesimen P1 30 <sup>°</sup>	Plat	- <i>Spatter</i> - <i>pin hole 1 titik</i> - <i>incomplete penetration</i>	

### **Analisa Hasil Uji Impak (*charpy*)**

	Spesimen yang telah patah setelah uji, memperlihatkan hasil dari uji impak <i>Charpy</i> dengan deformasi yang terlihat pada takikan. ( spesimen P1)
---	--

### 1) Hasil Uji impak Spesimen P1 (*Non Backing Ceramic*)

Hasil uji impak pada spesimen P1 (tanpa *Backing Ceramic*) menunjukkan bahwa ketiga variasi sudut bevel menghasilkan nilai impak yang cukup seragam dan memenuhi standar minimum ASTM E23. Spesimen P1 dengan sudut bevel 30° menyerap energi sebesar 1.930 Joule dengan harga impak (HI) sebesar 24,1 Joule/mm<sup>2</sup>. Spesimen dengan sudut 40° menyerap energi 1.916 Joule dengan HI sebesar 23,9 Joule/mm<sup>2</sup>, sedangkan spesimen 50° menyerap energi sebesar 1.901 Joule dengan HI sebesar 23,8 Joule/mm<sup>2</sup>.

**Tabel 6. Hasil pengujian ketangguhan impak**

No	Spesimen	a (mm)	b (mm)	A (mm)	a1 (mm)	a2 (mm)	Bentuk patahan
1.	P1 30°	8	10	80	110	84	Ulet

### Analisa Hasil Uji Tarik

Analisa menggunakan *mill certificate* dari material baja *Grade A* untuk perbandingan hasil yang telah dilakukan dengan kekuatan awal sebagai berikut:

<i>Mechanical properties</i>	<i>Yield (Min Mpa)</i>	<i>Tensile (Mpa)</i>	<i>Elongation</i>
Grade A	313	427	22%

#### 1) Analisa Hasil Uji Tarik Spesimen P1 30°

$$\begin{aligned}
 \text{a. Beban maksimum } F_{\max}/\text{max load} \\
 &= 4.675 \text{ kgf} \\
 &\cdot 1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.098066136 \text{ MPa} \\
 F_{\max} &= 4,675 \times 0.098066136 = 458.4 \text{ MPa} \\
 F_{\max} &= 458.4 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

#### b. Beban Luluh / Elongation

$$\begin{aligned}
 \text{Elongation } (\%) &= \left( \frac{l_f - l_o}{l_o} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{110 - 100}{100} \right) \times 100 \% = \left( \frac{10}{100} \right) \times 100 \% = 10 \%
 \end{aligned}$$

#### c. Tegangan max (UTS)

$$\begin{aligned}
 &= 3.340 \text{ kgf} \\
 &\cdot 1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.098066136 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{putus} = 3.340 \times 0.098066136 = 327.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{putus} = 327.5 \text{ Mpa}$$

d. Yield (Mpa)

$$= 392,2 \text{ MPa}$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Backing Ceramic* pada variasi sudut bevel 30° secara signifikan meningkatkan kekuatan mekanik sambungan las baja Grade A, baik dari segi uji tarik maupun uji impak. Semua spesimen dengan *Backing Ceramic* (P1) menunjukkan nilai tensile strength di atas standar minimum 427 MPa, dengan nilai tertinggi 576,1 MPa, yang melampaui standar elongation minimum 22%. Nilai yield strength juga berada di atas batas minimum ASTM, yaitu antara 426,7 hingga 503 MPa. Uji impak menunjukkan seluruh spesimen P1 berada dalam kisaran 23,9–24,1 J/mm<sup>2</sup>, yang memenuhi standar ASTM E23. Kombinasi bevel 40°–50° dan *Backing Ceramic* menghasilkan sambungan dengan ketangguhan dan keuletan yang baik, menunjukkan kualitas lasan yang optimal dan layak digunakan dalam konstruksi struktural seperti industri perkapalan.

Sebaliknya, pada spesimen tanpa *Backing Ceramic* (P1), kekuatan tarik dan elongation menunjukkan hasil yang lebih rendah. Walaupun tensile strength tertinggi (458,4 MPa) masih memenuhi standar, elongation seluruh spesimen berada di bawah 22%, dan yield strength beberapa spesimen tidak mencapai standar minimum, seperti pada bevel 50° yang hanya mencapai 294 MPa. Makrostruktur pada P1 menunjukkan lebih banyak cacat seperti incomplete penetration, spatter, dan porosity, terutama pada sudut bevel besar. Hal ini menunjukkan bahwa ketiadaan *Backing Ceramic* menyebabkan penetrasi elektroda tidak maksimal dan meningkatkan risiko cacat struktural. Pengujian visual dan dye penetrant mengidentifikasi jenis cacat seperti incomplete penetration, porosity, pin hole, dan spatter.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar penggunaan *Backing Ceramic* dioptimalkan, khususnya pada sudut bevel 40° dan 50°, karena terbukti meningkatkan kekuatan tarik, impak, dan kualitas struktur las pada baja Grade A.

Untuk pengelasan konstruksi kapal, metode FCAW juga direkomendasikan karena menawarkan penetrasi lebih sempurna dan kontrol suhu yang lebih stabil. Sudut bevel 40° dan 50° dapat dijadikan standar konfigurasi kampuh untuk pengelasan SMAW pada pelat baja Grade A, baik dengan atau tanpa *Backing Ceramic*, selama parameter disesuaikan dengan panduan WPS. Selain itu, perlu diperhatikan peningkatan nilai elongation dengan pengaturan parameter pengelasan yang lebih tepat, termasuk arus listrik, kecepatan gerak elektroda, dan perlakuan panas. Pengendalian kualitas permukaan juga penting, dengan memastikan pelaksana pengelasan memiliki sertifikasi dan melakukan pemeriksaan rutin menggunakan metode NDT seperti Dye Penetrant Test untuk meminimalkan cacat seperti spatter, porosity, dan pin hole, demi menjamin kekuatan dan keamanan sambungan las pada aplikasi struktural.

#### DAFTAR REFERENSI

- Annual Hand Book ASTM E23 – 02. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials 1*. (Mar 02, 2021)
- A. INTERNATIONAL, ASTM E8/E8M16a, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, Volume 03.01. 2016.
- Allpro.com (2021) *Jenis Jenis Cacat Pengelasan*. Diakses pada 12 Juni 2025 Pukul 23.15 WIB. Dari <https://www.allpro.co.id/cacat-las/>
- Benami I.G. Sembiring, Untung Budiarto, & Parlindungan Manik. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Posisi Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Material Baja Karbon Sedang. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Candra Wahyu Setyawan, Syaripuddin, Ahmad Lubi, & Ferry Budhi Susetyo. (2022). *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi* Pengaruh Suhu Pengeringan Elektroda E 7018 Terhadap Hasil Pengelasan Material A36 Drying Temperature Effect of E 7018 Electrode on Weld Joint of A36 Material. 4, 209–220.
- Ikhsanudin Ramadhan, Rilo Chandra Muhamadin, & Ilham Arifin Pahlawan. (2024). Analisis Kegagalan Pada Hasil Pengelasan Di PT. Autokorindo Pratama. *Jurnal Enigma: Engineering In Green Machinery* (Vol. 1, Issue 1).



*Analisa Pengaruh Variasi Bevel Dan Penggunaan Backing Ceramic Terhadap Kekuatan dan Defect Material Baja Grade A Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW)*

- Indah Purmayanti, & Kurniawati Oktarina. (2020). *Aplikasi Welding Procedure Specification (Wps) Dengan Bevel 300 Untuk Pengelasan Konstruksi Kapal Tanker 3500 Ltdw Hn. 309 Pada Uji Bending Di Pt. Daya Radar Utama Unit Iii Lampung (Vol. 5, Issue 1)*.
- Juswan Sade. (2023). Improve Competence to Complete the Requirements for International Welder Part of the Book Series “*Material and Structure Engineering*” Calculation of Elongation in Media Use *Backing Ceramic* against Steel ASTM A36 by SMAW Process.
- Kawatlas.jayamanunggal.com. (2025) *Tentang Mesin Las SMAW*. Diakses Pada Tanggal 25 Mei 2025, Pukul 22.13 WIB. Dari <https://kawatlas.jayamanunggal.com/tentang-mesin-las-smaw/>
- Megaperkakas.com. (2020). *Jenis-Jenis Sambungan Pengelasan*. Diakses Pada Tanggal 12 juli 2025, Pukul 23.30 WIB. Dari <https://megaperkakas.com/5-jenis-sambungan-las/>
- Muhammad Abdul Aziz Mufti, A., Budiarto, U., & Hadi, S. (2021). Jurnal Teknik Perkapalan Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Single V dan Variasi Posisi Las dengan Sambungan MIG pada Aluminium 6061 terhadap Kekuatan Impak sebagai Material Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(1), 23. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Muhammad Alfi Rachmawan, & Erifive Pranatal. (2023). Analisis Kekuatan Hasil Las *Backing Ceramic* Pada Proses Pengelasan Fcaw Material Baja Karbon A36. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, 2(2), 97–110. <https://doi.org/10.58192/ocean.v2i2.1150>
- Mu’izzaddin Wa’addulloh, Purwanto Purwanto, Virgiawan Toti. (2023). Analisis Pengaruh Arus Dan Tegangan Pngelasan Smaw Terhadap Struktur Dan Sifat Baja Carbon Grade A Dan Grade B. *Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 2 No. 2 Desember 2023*. OI: <https://doi.org/10.58169/saintek.v2i2.221>
- Mu’izzaddin Wa’addulloh, Anisa Diansisti, & Purwanto. (2023). Analisis Pengaruh Arus dan Tegangan Pengelasan 3 G Conveyor Terhadap Struktur dan Sifat Baja. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, 2(3), 83–93. <https://doi.org/10.58192/ocean.v2i3.1965>
- Njswelding.com. (2025) *Konstruksi Mesin Las SMAW*. Diakses pada tanggal 13 juli

- 2025 Pukul 00.13 WIB. Dari <https://www.ncjswelding.com/products/a-type-welding-ceramic-backing-with-adhesive-tape-ceramic-weld-backing-strip>.
- Purwanto, Mu'izzaddin Wa'addulloh, & Risriki Widdo. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Hasil Pengelasan Fcaw Antara Material Grade A. *Jurnal Saintek Maritim*. [Vol. 24 No. 2](#)
- Renita Wurdhani, Untung Budiarto, & Wilma Amiruddin. (2021). Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Normalizing Terhadap Kekuatan Impak Aluminium 6061 Pengelasan MIG dengan Variasi Posisi dan Bentuk Kampuh. *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 9. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Rifa'I Abubakar, 2021, *Pengantar Metodologi Penelitian*, Yogyakarta : SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga.
- Rita Kumala Sari *et al*, 2023, *Metodologi Penelitian Pendidikan*, Banten : PT. Sada Kurnia Pustaka.
- Sarjito Joko Sisworo, M. (2010). Pengaruh Perbedaan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Sambungan. 7 . (*Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*).[Vol 7](#).
- Setyo Firman Alamsyah. (2022). Studi Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Makro Pada Hasil Pengelasan Smaw Material Baja Karbon Rendah Menggunakan E6013 Dengan Penambahan Krom. *Jurnal Pendidikan Teknik Dan Vokasional*, 5(1), 20–26. <https://doi.org/10.21009/jptv.5.1.20>
- Sulibersama.com (2024) *Jenis-Jenis Cacat Pengelasan*. Diakses pada 12 juli 2025. Pukul 23.25 WIB. Dari <https://sulybersama.com/tag/defect-in-welding/>
- Syaripuddin, Setyo Firman Alamsyah, & Ferry Budhi Susetyo. (2021). Pengaruh Krom pada Sambungan Las Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon dengan Elektroda E 6013. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 3(Pengaruh Krom pada Sambungan Las Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon dengan Elektroda E 6013), 9–16.
- Yhudo Nuhgraha, M.Khairul Amri Rosa, & Indra Agustian. (2020). Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer. *Jurnal Amplifier*, 10 no 2(Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer).
- Yusuf Rizal Fauzi, Anhar Khalid, & Akmal Barry. (2022). Pengaruh variasi bevel pada

*Analisa Pengaruh Variasi Bevel Dan Penggunaan Backing Ceramic Terhadap Kekuatan dan Defect Material Baja Grade A Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW)*  
proses pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik material. *ARMATUR : Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 3(2), 58–63.  
<https://doi.org/10.24127/armatur.v3i2.2694>