

ANALISIS PENGUJIAN KEKUATAN TARIK DAN UJI KEKERASAN TERHADAP  
PENGELASAN GTAW PADA SAMBUNGAN KAMPUH MODEL V DENGAN VARIASI  
MEDIA PENDINGIN PADA BAJA ST 45

**(ANALYSIS OF TENSILE STRENGTH TESTING AND HARDNESS TEST ON  
GTAW WELDING TO MODEL V CLAMP JOINTS WITH VARIATIONS OF  
COOLING MEDIA ON ST 45 STEEL)**

**Maulana Ahmad Ali Akbar<sup>(1)</sup>, Zulfa Khalida<sup>(1)</sup>, Devina Rosa H.<sup>(1)</sup> & Alfian Hudan<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Teknik Mesin , PSDKU Politeknik Negeri Malang Kota Kediri  
Jl. Lingkar Maskumambang No.1, Sukorame, Kec. Majoroto, Kota Kediri, Jawa Timur  
<sup>(2)</sup> Teknik Mesin, Universitas Pawayatan Daha, Jl. Soekarno Hatta No.49, Tepus, Kec. Ngasem, Kabupaten Kediri, Jawa Timur

Email: [aliakbar060899@gmail.com](mailto:aliakbar060899@gmail.com)

Diterima: 31 Juli 2025. Disetujui: 20 November 2025. Dipublikasikan: 30 November 2025

**ABSTRAK**

Pada proses pengelasan akan menghasilkan panas yang berlebih dan pada proses pendinginan yang lambat akan membentuk karbida krom yang mengendap pada butir. Endapan tersebut dapat menyebabkan penurunan sifat fisis dan mekanik suatu material. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui pengaruh kekuatan tarik dan kekerasan material hasil pengelasan GTAW pada Baja ST 45 terhadap variasi media pendingin. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental kuantitatif, dimana spesimen dilas dan didinginkan dengan ketiga media pendingin, kemudian diuji tarik dan kekerasan Vickers untuk mengevaluasi sifat mekaniknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pendingin oli SAE 20 W-50 menghasilkan nilai *Modulus Young* tertinggi (rata-rata 1584,60 MPa) dan kekerasan Vickers tertinggi (459,33 HVN), sementara udara memberikan Kekuatan luluh (*Yield Strength*) lebih tinggi (368,72 MPa). Analisis statistik menggunakan ANOVA mengkonfirmasi bahwa perbedaan tersebut signifikan secara statistik. Simpulan penelitian ini menunjukkan bahwa oli SAE 20 W-50 paling efektif dalam meningkatkan kekerasan dan kekakuan material, sedangkan udara lebih unggul dalam meningkatkan kekuatan tarik.

Kata kunci: Baja ST 45; kekuatan tarik; kekerasan *Vickers*; media pendingin; Pengelasan GTAW.

**ABSTRACT**

*In the welding process it will produce excessive heat and in the slow cooling process it will form chromium carbide which precipitates on the grain. These deposits can cause a decrease in the physical and mechanical properties of a material. This research aims to determine the effect of tensile strength and hardness of material resulting from GTAW welding on ST 45 Steel on variations in cooling media. The research method used is quantitative experimental, where the specimens are welded and cooled with three cooling media, then tested for tensile and Vickers hardness to evaluate their mechanical properties. The results showed that the SAE 20 W-50 oil cooling media produced the highest Modulus Young value (average 1584.60 MPa) and the highest Vickers hardness (459.33 HVN), while air provided a higher Yield Strength (368.72 MPa). Statistical analysis using ANOVA confirmed that the differences were statistically*

*significant. The conclusion of this research shows that SAE 20 W-50 oil is most effective in increasing material hardness and stiffness, while air is superior in increasing tensile strength.*

*Keywords:* Cooling media, GTAW welding, ST 45 steel, Tensile strength, Vickers hardness

## PENDAHULUAN

Proses pengelasan kini tidak dapat dipisahkan dari perkembangan teknologi dalam bidang manufaktur, karena proses pengelasan memiliki peran yang penting di dalam reparasi dan rekayasa logam khususnya bidang rancang bangun. Pengelasan dengan las GTAW hasil yang didapatkan paling utama adalah terbebas dari slag yang menempel, permukaan benda kerja yang bersih, hasil pengelasan yang kuat karena penetrasi yang dalam dan ketahanan korosi yang tinggi [1].

Salah satu baja karbon sedang dengan sifat kekuatan tarik yang baik adalah baja ST 45 dengan kandungan karbon medium, 0.3 - 0.5% C. Dengan kandungan karbon medium ini memungkinkan baja tersebut untuk ditingkatkan lagi sifat mekaniknya, dalam upaya meningkatkan kekerasan dan kekuatan dengan cara memberi perlakuan panas pada logam. Menurut referensi dari jurnal baja ini banyak digunakan untuk konstruksi pada mesin, seperti contoh rangka pada mesin *chopper two in one* (Pencacah dan Pengaduk). Rangka menggunakan material ST 45/AISI 1045 jenis material ini dipilih karena memiliki struktur yang kokoh dan mampu menahan beban yang besar. Penggunaan baja ST 45/AISI 1045 memastikan bahwa rangka mesin memiliki kekuatan yang diperlukan untuk mendukung komponen-komponen lainnya serta bertahan dalam kondisi

operasional yang berat [2]. Pada proses pembuatan konstruksi mesin tersebut pasti tidak terlepas oleh proses pengelasan.

Pada proses pengelasan akan menghasilkan panas yang berlebih dan pada proses pendinginan yang lambat dari 680°C ke 480°C akan membentuk karbida krom yang mengendap pada butir. Endapan tersebut terjadi sekitar pada suhu 650°C dan menyebabkan penurunan sifat fisis dan mekanik suatu material yang di las. Oleh karena itu salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisis dan mekanis material akibat perlakuan panas pengelasan adalah diperlukan pendinginan cepat dengan menggunakan media pendingin. Tujuan dilakukan pendinginan dengan media pendingin adalah untuk memperbaiki sifat fisis dan sifat mekanis logam setelah mendapat perlakuan panas pengelasan. Guna mengetahui sifat fisis dan mekanis logam setelah pengelasan dilakukan pengujian kekuatan tarik dan kekerasan. Kekuatan tarik dan kekerasan yang dihasilkan oleh media pendingin memiliki kapasitas pendingin yang berbeda. Dimana Kekuatan tarik dan kekerasan logam las dipengaruhi oleh struktur dan butir yang ditentukan oleh kapasitas pendingin [3].

Selain itu kualitas pengelasan juga dipengaruhi oleh media pendingin yang digunakan lamanya pendinginan dalam suatu daerah lasan sangat berpengaruh

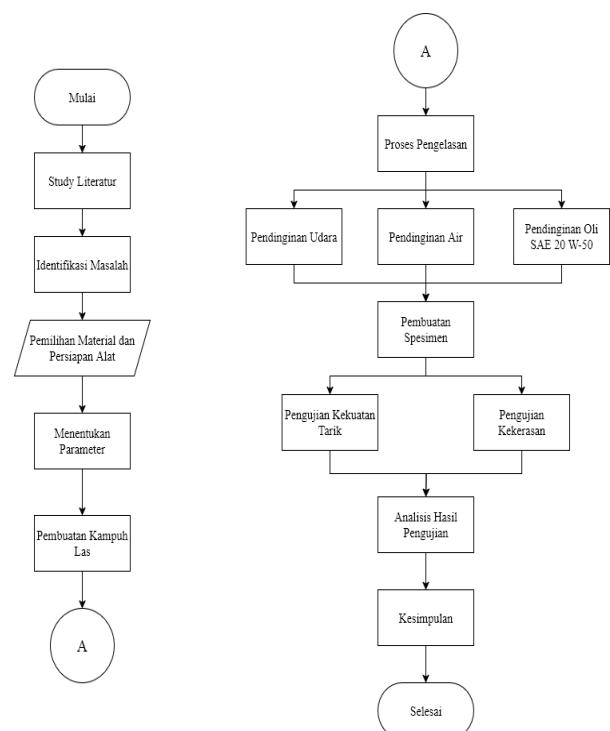
pada kualitas sambungan, untuk mendapatkan hasil sambungan pengelasan yang baik maka perlu memperhatikan media pendingin yang digunakan, pemakaian media pendinginan akan membantu untuk mendinginkan hasil pengelasan secara cepat pada proses pendinginan tersebut dapat menyebabkan perubahan terhadap sifat mekanik bahan, salah satunya kekerasan logam terhadap hasil las [4].

Pendinginan cepat dengan media seperti udara, air, atau oli SAE 20 W-50 diduga dapat meminimalkan pembentukan karbida dan memperbaiki sifat material. Namun, penelitian terdahulu belum secara komprehensif mengkaji pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik hasil pengelasan GTAW pada baja ST 45. penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai kekuatan tarik dan kekerasan hasil pengelasan GTAW dengan sambungan kampuh model V menggunakan variasi media pendingin udara, air, dan oli SAE 20 W-50. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dalam meningkatkan kualitas sambungan las dan mendukung aplikasi baja ST 45 dalam industri, khususnya untuk komponen yang membutuhkan ketahanan tinggi.

## MATERIAL DAN METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian eksperimental adalah metode yang digunakan untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu terhadap yang lain pada kondisi terkendalikan. Metode analisis data

yang digunakan adalah metode analisis deskriptif. Metode analisis data deskriptif digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan atau mengilustrasikan hasil dari pengujian kekuatan tarik dan kekerasan terhadap pengelasan GTAW pada sambungan kampuh model V dengan variasi media pendingin pada Baja ST 45. Tahapan atau gambaran visual tentang alur proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah :

1. Mesin gerinda tangan digunakan untuk memotong spesimen penelitian.
2. Mesin las GTAW digunakan untuk mengelas kampuh V pada spesimen penelitian.
3. Penggaris untuk mengukur spesimen penelitian agar sama dengan standar yang sudah ditentukan.
4. Mesin frais digunakan untuk menyiapkan spesimen penelitian

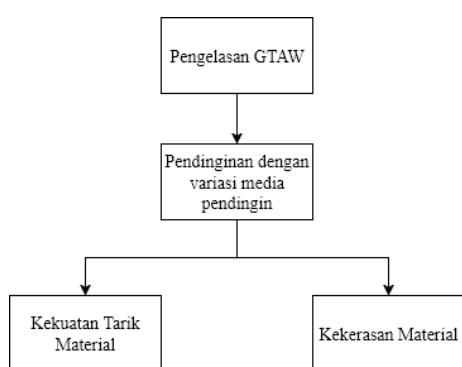
sebelum digunakan untuk pengujian tarik.

5. Alat uji tarik berperan sebagai saran pengujian nilai kekuatan tarik dari material baja ST 45 yang telah diproses pengalasan.
6. Alat uji kekerasan digunakan untuk menguji material yang telah diproses pengelasan dan proses pendinginan.

Variable penelitian yaitu suatu elemen atau faktor yang dapat diukur, diamati, dan dianalisis dalam suatu penelitian. Variable ini berfungsi untuk menjawab pertanyaan penelitian atau menguji hipotesis yang diajukan. Variable yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Variabel Bebas meliputi Variasi media pendingin setelah proses pengelasan berupa udara, air dan oli SAE 20W-50.
- b) Variabel Terikat meliputi Kekuatan tarik dan kekerasan pada material baja ST45.

Kerangka konsep pada penelitian ini terdapat pada flowchart pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Kerangka Konsep

Setting peralatan penelitian merupakan deskripsi atau penjelasan dari susunan komponen utama dan alat ukur penelitian yang dilakukan. Berikut

merupakan point-point pada setting peralatan penelitian :

#### 1. Persiapan Alat dan Bahan

Siapkan material ST 45 dan peralatan penelitian seperti mesin gerinda, mesin frais, dan alat ukur.

#### 2. Pembuatan Kampuh V

Potong material ( $200 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ ) dengan mesin gerinda, Gambar permukaan, ukur kedalaman 3 mm dan sudut  $60^\circ$ , lalu frais dengan sudut  $60^\circ$ , Kampuh V dipilih karena kekuatan luluh tinggi dan mengurangi distorsi.

#### 3. Pengelasan GTAW

Siapkan mesin GTAW, elektroda tungsten, gas argon, dan alat pelindung, Bersihkan bahan dari kotoran dan oksida, Atur posisi bahan, nyalakan busur, dan lakukan pengelasan dengan filler rod ER309L (mencegah porositas).

#### 4. Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Ratakan alur las dengan mesin frais., Potong bahan sesuai standar ASTM E8, Buat pola, frais sesuai gambar, dan haluskan permukaan dengan kikir dan amplas.

#### 5. Pengujian Kekuatan Tarik

Gunakan alat uji tarik (hydraulic servo pulser), Beri beban tarik hingga spesimen putus, catat beban maksimum, dan ukur penampang setelah putus.

#### 6. Pengujian Kekerasan (Metode Vickers)

Gunakan indentor piramida intan ( $136^\circ$ ), Tentukan titik uji di daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), Beri beban utama, tekan indentor, dan catat hasil uji.

Baja ST 45 C merupakan produk standarisasi dari jepang yang bisa disingkat JIS (JIS : *Japan Industrial Standard* / standar industri Negara jepang) atau equivalent AISI 1045 (AISI : *American Iron And Steel Institute*, standar Negara Amerika), atau DIN 1.1730 (DIN : *Deutsches Institute Fuer Normung* / *German Institute For Standardization*, standar Negara Jerman). Merupakan jenis baja “*Medium Carbon Steel*” (baja dengan kandungan unsur karbon medium : 0.3 - 0.5% C). Baja ST 45 C memiliki kandungan unsur utama berupa karbon 0.44%C, manganese antar 0.57-0.69%Mn, 0.013 - 0.037%P, 0.033 - 0.038%S, 0.16 - 0.20% Si [5].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tarik digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dan mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Salah satunya untuk mengetahui besaran sifat mekanik dari logam adalah kekuatan elastisitas dari logam tersebut. Hasil uji tarik memberikan informasi penting dalam pemilihan material, perancangan produk, dan jaminan kualitas. Pelaksanaan pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

**Tabel 1.** Hasil Uji Tarik

Pendingin	Spesimen	YM (Mpa)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)
Udara	1	1298.215	368.715	442.643
	2	1191.361	395.257	432.849
	3	1385.696	326.571	317.153
Air	1	1534.737	339.473	403.215
	2	1537.511	335.596	409.148
	3	1513.289	325.284	377.913
Oli SAE 20 W -50	1	1615.177	318.440	410.874
	2	1554.250	295.587	375.963
	3	1584.383	318.440	412.874

Dari hasil uji tarik yang dilakukan dengan variasi media pendingin dapat disimpulkan bahwa media pendingin

berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik material. Media pendingin air menunjukkan peningkatan yang baik dalam *Modulus Young* dan *Ultimate Tensile Strength* dibandingkan dengan udara, sedangkan oli SAE 20 W - 50 memberikan *Modulus Young* tertinggi namun dengan Kekuatan luluh (*Yield Strength*) yang lebih rendah. Oleh karena itu pemilihan media pendingin yang tepat sangat penting untuk meningkatkan performa mekanik material dalam aplikasi teknik. Berikut merupakan contoh grafik uji tarik hasil pengelasan GTAW pada baja ST 45 dengan variasi media pendingin udara, air, dan oli SAE 20 W -50.

Uji kekerasan *Vickers* dilakukan pada daerah yang terkena pengaruh panas atau nama lainnya adalah HAZ (*Heat Affected Zone*). Struktur dan sifat mekanik pada HAZ sangat dipengaruhi oleh siklus termal yang terjadi dimana proses pemanasan dan pendinginan terjadi di daerah lasan. Jumlah masukan panas dan lamanya pendinginan pada suatu daerah tertentu sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil lasan. Struktur logam pada HAZ berubah secara perlahan dari struktur logam induk ke struktur logam las. Pada daerah HAZ yang dekat dengan garis lebur, kristalnya tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar [6]. Data hasil uji kekerasan *Vickers* dari hasil pengelasan GTAW pada baja ST 45 dengan media pendingin udara, air, dan oli SAE 20 W-50 pada baja ST 45 dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 2.** Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

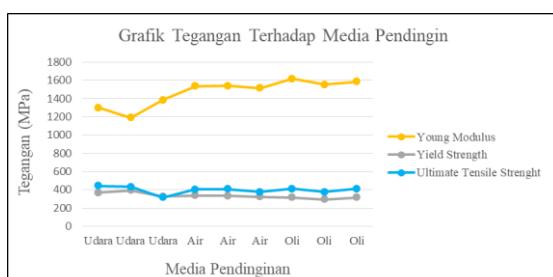
Media Pendingin	Spesimen	D1 (mm)	D2 (mm)	HVN	Rata-rata
Udara	1	1.2665	1.2425	347	
	2	1.2735	1.2405	345	345
	3	1.2705	1.2480	344	
Air	1	1.2255	1.1945	373	
	2	1.1965	1.1355	401	381.67
	3	1.2360	1.1900	371	
Oli SAE 20 W - 50	1	1.1150	1.0780	454	
	2	1.1205	1.0830	449	459.33
	3	1.0655	1.0780	475	

Hasil uji kekerasan *Vickers* pada baja ST 45 yang dilakukan di daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) menunjukkan bahwa penggunaan media pendingin berpengaruh signifikan terhadap kekerasan material. Dari tiga media pendingin yang diuji, yaitu udara, air, dan oli SAE 20 – 50, dapat dilihat hasil pengujian kekerasan *Vickers* pada tabel 4.2 menunjukkan nilai kekerasan tertinggi terjadi pada hasil pengelasan dengan menggunakan media pendingin oli SAE 20 W – 50 yang ditunjukkan pada titik ke 3 sebesar 475 HVN. Nilai kekerasan terendah terjadi pada hasil pengelasan dengan media pendingin udara yang ditunjukkan pada titik ke 3 sebesar 344 HVN. Oli SAE 20 - 50 menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dengan rata-rata sebesar 459.33 HVN, diikuti oleh media air dengan rata-rata 381.67 HVN. Sementara media udara memberikan hasil terendah dengan rata-rata 345 HVN. Setiap spesimen yang diuji menunjukkan variasi dalam nilai HVN. Namun secara keseluruhan, penggunaan oli SAE 20-50 sebagai media pendingin terbukti paling efektif dalam meningkatkan kekerasan baja ST 45 setelah proses

pengelasan GTAW. Perbandingan Nilai Uji Tarik dan Uji Kekerasan *Vickers*.

Pengaruh Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan GTAW pada Baja ST 45 Terhadap Variasi Media Pendingin. Data uji tarik pengelasan GTAW menunjukkan bahwa media pendinginan memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik material. Pengelasan dengan media pendinginan oli SAE 20 W - 50 memberikan hasil tertinggi dengan *Modulus Young* 1584.603 MPa, Kekuatan luluh (*Yield Strength*) 310.822 MPa, dan *Ultimate Tensile Strength* 399.237 MPa. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa oli sebagai media pendinginan memberikan *Modulus Young* tertinggi, sedangkan udara bebas memberikan Kekuatan luluh (*Yield Strength*) tertinggi, sementara *Ultimate Tensile Strength* menunjukkan hasil yang relatif konsisten di antara ketiga media pendinginan. Kekuatan tarik yang rendah disebabkan oleh kecepatan pendinginan yang cepat. Pendinginan dengan media air dan oli pada proses pendinginan terjadi begitu cepat. Menurut diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*) pada proses pendinginan yang cepat fasa austenite akan bertransformasi menjadi martensit [7]. Struktur martensit memiliki nilai kekerasan yang tinggi namun getas. Karena memiliki sifat yang lebih getas ketika dilakukan pengujian tarik spesimen uji mengalami perpanjangan yang rendah dan terjadi perpatahan yang spontan sehingga nilai kekuatan tariknya rendah. Ini sejalan dengan penelitian [8] dimana pada hasil penelitiannya menyimpulkan kekuatan

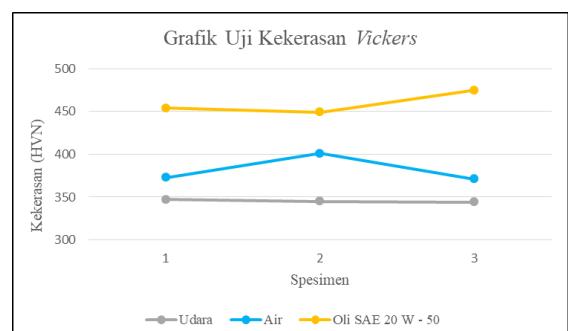
tarik, kekuatan luluh, dan elongasi secara signifikan dipengaruhi oleh perlakuan media pendingin secara mendadak. Dimana yang dimaksud dengan pendinginan secara mendadak adalah pendinginan dengan menggunakan media air dan media oli, karena pada media pendingin tersebut pendinginan berlangsung secara cepat dibandingkan dengan media pendigin udara. Berikut merupakan grafik tegangan terhadap media pendingin.



**Gambar 3.** Tegangan Terhadap Media Pendingin

**Pengaruh Kekerasan Hasil Pengelasan GTAW pada Baja ST 45 Terhadap Variasi Media Pendingin.** Nilai kekerasan *Vickers* (HVN) meningkat secara signifikan ketika menggunakan oli SAE 20 W- 50 sebagai media pendingin, mencapai puncak tertinggi pada spesimen ketiga dengan nilai 475 HVN. Sebaliknya, media pendingin udara menunjukkan nilai kekerasan terendah, dengan nilai yang konsisten di sekitar 344 HVN hingga 347 HVN. Media air memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan udara, dengan nilai berkisar antara 371 HVN hingga 401 HVN. Menurut [9] struktur mikro yang semakin keras dihasilkan dari laju pendinginan yang cepat dan sebaliknya struktur mikro yang semakin lunak dihasilkan dari laju pendinginan yang lambat. Selain itu ada juga penelitian [10] karena laju

pendinginan yang berbeda maka setiap spesimen uji akan menghasilkan angka kekerasan yang berbeda. Kekerasan maksimum yang terbentuk tergantung pada berapa persen % martensit yang terbentuk. Pada temperatur austenisasi proses pendinginan non-ekuilibrium yang cepat atau sangat cepat akan menghasilkan struktur martensit. Berikut merupakan gambar grafik uji kekerasan *Vickers*.



**Gambar 4.** Grafik Uji Kekerasan Vickers  
KESIMPULAN

Penelitian pengelasan GTAW pada baja ST 45 menunjukkan bahwa media pendingin berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik material. Oli SAE 20 W-50 menghasilkan kekerasan *Vickers* tertinggi (459,33 HVN) dan Modulus Young paling konsisten (1554,250–1615,177 MPa), meskipun Kekuatan luluh (Yield Strength)-nya lebih rendah dibandingkan udara. Media udara menunjukkan variabilitas tinggi pada kekuatan tarik (Ultimate Tensile Strength 317,153–442,643 MPa), sementara air memberikan stabilitas moderat ini sejalan dengan penelitian[8] dimana pada hasil penelitiannya menyimpulkan kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan elongasi secara signifikan dipengaruhi oleh perlakuan media pendingin secara mendadak. Dimana yang dimaksud dengan pendinginan secara mendadak adalah pendinginan dengan

menggunakan media air dan media oli, karena pada media pendingin tersebut pendinginan berlangsung secara cepat dibandingkan dengan media pendigin udara.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Candra, S. Sugiyarto, “Analisis Penyambungan Las Gtaw (Gas Tungsten Arc Welding)/Tig Menggunakan Mesin Las Smaw (Shielded Metal Arc Welding) *Semin. Nas. Inov.* 2022, [Online]. Available: <http://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/210%0Ahttp://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/download/210/119>
- [2] O. Y. Pratama and H. Istiqalliyah, “Desain dan Perhitungan Statik Rangka Mesin chopper Two In One ( pencacah dan pengaduk ),” vol. 8, pp. 1423–1430, 2024.
- [3] A. Vaniludin, M. Marsono, and D. L. Edy, “Analisis Pengujian Kekuatan Tarik Dan Uji Kekerasan Terhadap Pengelasan Gtaw Pada Sambungan Kampuh Model X Dengan Variasi Media Pendingin Pada Baja St60,” *J. Tek. Mesin dan Pembelajaran*, vol. 6, no. 1, p. 29, 2023, doi: 10.17977/um054v6i1p29-36.
- [4] R. A, I. Irzal, W. Waskito, and R. Mulyadi, “Pengaruh Jenis Media Pendingin Air Garam, Air Sumur, Oli Terhadap Hardness Pada Hasil Pengelasan Baja S45C Menggunakan Las Smaw,” *J. Vokasi Mek.*, vol. 3, no. 2, pp. 34–40, 2021, doi: 10.24036/vomek.v3i2.201.
- [5] A. Siti Nurrohkayati and M. Khairul, “Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Drive Pulley Baja ST 45 C Berdasarkan Kecepatan Potong dan Kedalaman Pemakanan pada Proses Bubut,” *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 6, no. 2502, pp. 234–241, 2022, doi: 10.22236/teknoka.v6i1.457.
- [6] R. Ismail and A. Suyetno, “Perbandingan Kekerasan Heat Affected Zone (Haz) Pada Baja St 42 Terhadap Variasi Kondisi Elektroda Pengelasan Shielded Metal Arch Welding (Smaw),” *JoVIJOURNAL Vocat. Instr.*, vol. 2, no. 2, p. 61, 2023, doi: 10.55754/jov.v2i2.59880.
- [7] S. Hery and R. Suratman, “Pengantar Pengantar Untuk Untuk Memahami Memahami proses proses Ig11golasan Ig11golasan LoUA11 LoUA11 Penerbit Penerbit ALFAB ALFAB ETA ETA Bandung Bandung,” 2006.
- [8] Y. Ari Ardiansah, “Studi Hasil Proses Pengelasan FCAW ( Flux Cored Arc Welding ) Pada Mterial ST 41 Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Abstrak,” *Jtm*, vol. 07, no. 02, pp. 9–16, 2019.
- [9] Priyanto, I. 2017. Pengaruh Temperatur Media Pendingin (Air, Collant, Oli) Pada Pengelasan GMAW Terhadap Struktur Mikro, Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja ST37.Semarang:

Universitas Negeri Semarang.

- [10] Septianto, B & Sutiyorini.(2013). Pengaruh Media Pendingin Pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat mekanikFriction Wedge Aisi 1340. Jurnal Teknik POMITS. 2(2). ISSN:2337-3539