

PENGARUH *QUENCHING* DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN, KEKUATAN TARIK, DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PENGELASAN MIG BAJA KEYLOS 50

Mohamad Ariel Fardian Agusta

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: mohamad.20006@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Baja keylos 50 merupakan baja karbon sedang yang banyak digunakan pada komponen teknik yang sifat mekaniknya dapat menurun setelah proses pengelasan. Oleh karena itu, dilakukan proses *quenching* menggunakan media pendingin air, oli, dan air garam untuk meningkatkan sifat mekanik material. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses *quenching* dengan variasi media pendingin terhadap kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro hasil pengelasan MIG pada baja Keylos 50. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kekerasan *Vickers* menggunakan standar ISO 6507/ASTM E384, uji tarik menggunakan standar ASTM E8/EM8, dan pengamatan struktur mikro pada daerah *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal*. Hasil dari penelitian ini ialah terdapat pengaruh signifikan hasil variasi media pendingin pada material baja Keylos 50 terhadap kekerasan, kekuatan tarik, serta struktur mikro. Nilai kekerasan terbesar terjadi pada variasi air garam (*weld metal*) rata-rata sebesar 280,4 HV. Sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada variasi oli (*HAZ*) rata-rata sebesar 143,6 HV. Nilai kekuatan tarik terbesar terjadi pada variasi air garam rata-rata sebesar 439,41 MPa. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada variasi oli rata-rata sebesar 361,26 MPa. Melalui pengamatan struktur mikro, proses *quenching* dengan variasi media pendingin hasil pengelasan MIG menghasilkan struktur ferrit, martensit, dan bainit dikarenakan terjadinya pendinginan cepat dan terdistribusi merata.

Kata Kunci: *Quenching*, Media Pendingin, Pengelasan MIG, Baja Keylos 50, Kekerasan, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro.

Abstract

Keylos 50 steel is a medium-carbon steel widely used in engineering components; however, its mechanical properties may deteriorate after welding. Therefore, a quenching process using water, oil, and saltwater as cooling media was conducted to improve the material's mechanical properties. This study aims to investigate the effect of quenching with various cooling media on the hardness, tensile strength, and microstructure of MIG-welded Keylos 50 steel. The research employed an experimental method with a quantitative approach. The tests included a Vickers hardness test based on ISO 6507/ASTM E384, a tensile test based on ASTM E8/E8M, and microstructural observations of the weld metal, heat-affected zone (HAZ), and base metal regions. The results showed that variations in cooling media had a significant effect on the hardness, tensile strength, and microstructure of Keylos 50 steel. The highest hardness value was obtained in the saltwater-quenching treatment in the weld metal region, with an average value of 280.4 HV, while the lowest hardness value was obtained in the oil-quenching treatment in the HAZ, with an average value of 143.6 HV. The highest tensile strength was obtained using saltwater as the cooling medium, with an average value of 439.41 MPa, whereas the lowest tensile strength was obtained using oil, with an average value of 361.26 MPa. Microstructural observations revealed the formation of ferrite, martensite, and bainite structures after quenching with various cooling media following the MIG welding process. These microstructural transformations were associated with the rapid and relatively uniform cooling process.

Keywords: *Quenching, Cooling Media, MIG Welding, Keylos 50 Steel, Hardness, Tensile Strength, Microstructure.*

PENDAHULUAN

Baja Keylos 50 adalah baja karbon menengah yang sering digunakan di industri manufaktur untuk komponen-komponen teknik seperti mal cetakan (*dies/molds*), ragum (*vise*), poros dan struktur las ringan karena kombinasi antara kekuatan tarik yang baik dan kemampuan las yang relatif mudah. Meskipun demikian, sifat mekaniknya terutama kekerasan dan kekuatan tarik dapat menurun setelah proses pengelasan, terutama di daerah las dan *Heat-Affected Zone (HAZ)* di mana pemanasan dan pendinginan terjadi secara tidak merata. Sebagai contoh, penelitian oleh Arimbi (2022) menunjukkan bahwa variasi temperatur pendingin secara signifikan memengaruhi kekuatan tarik dan struktur mikro baja keylos 50.

Untuk mengatasi masalah penurunan sifat mekanik pasca pengelasan, salah satu metode yang efektif adalah melalui *quenching*, yaitu pendinginan cepat setelah pemanasan untuk memodifikasi struktur mikro seperti membentuk martensite atau bainite yang lebih keras. Namun, efek dari *quenching* sangat tergantung pada media pendinginnya. Amri (2019) memperlihatkan bahwa variasi media dan temperatur pendingin menunjukkan hasil yang signifikan terhadap kekuatan tarik pada baja karbon ST 41. Sementara itu, Yuwita et al. (2024) menunjukkan bahwa media air garam dengan waktu tahan (*holding time*) variatif memberikan kekerasan yang lebih tinggi dibanding media lainnya.

Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) sebuah proses pengelasan dengan busur listrik yang menggunakan elektroda berupa kawat gulungan dan gas pelindung untuk melindungi logam cair dari kontaminasi udara seperti oksigen, nitrogen, dan hidrogen. Selain itu, proses *quenching* pada baja keylos 50 berpengaruh langsung terhadap nilai kekerasan dan kekuatan tarik karena perubahan fasa dari austenit menjadi martensit atau bainit. Mukhrim et al. (2022) melaporkan bahwa logam baja yang dinaikkan temperaturnya kemudian dilakukan *quenching* akan merubah kadar karbon yang terkandung di dalamnya sehingga dapat meningkatkan kekuatannya. Pratama et al. (2020) menemukan bahwa variasi media pendingin secara signifikan memengaruhi peningkatan kekerasan dan kekuatan tarik baja S45C. Berdasarkan temuan-temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengujian kekerasan dan kekuatan tarik pada baja keylos 50 sangat penting dilakukan untuk memastikan kualitas mekanik material pada berbagai aplikasi teknik.

Baja Keylos 50, hingga saat ini, belum banyak dikaji dalam konteks kombinasi antara pengelasan MIG dengan *quenching* media yang bervariasi, meskipun Nanda (2022) sudah menggali bahwa variasi temperatur

pendingin secara signifikan memengaruhi kekerasan dan struktur mikro baja keylos 50. Hal ini menunjukkan kebutuhan untuk memperluas penelitian terutama mengenai variasi media pendingin dan efek pada kekuatan tarik agar diperoleh gambaran yang lebih lengkap.

Berangkat dari latar belakang tersebut, kombinasi antara pengelasan MIG dan proses *quenching* dengan variasi media pendingin memiliki potensi besar dalam mempengaruhi kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja keylos 50. Oleh karena itu, Penelitian ini akan dilakukan untuk mengkaji pengaruh media pendingin yang berbeda-beda dalam proses *quenching*, terhadap sifat mekanik baja keylos 50 secara lebih mendalam.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin dalam proses *quenching* terhadap kekerasan dan kekuatan tarik hasil pengelasan MIG baja keylos 50?
2. Bagaimana perubahan struktur mikro di daerah las, *HAZ*, dan *base metal* baja keylos 50 setelah proses pengelasan MIG dan *quenching* dengan variasi media pendingin?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui dan menganalisis pengaruh variasi media pendingin dalam proses *quenching* terhadap kekerasan dan kekuatan tarik hasil pengelasan MIG pada baja keylos 50.
2. Mengamati dan membandingkan struktur mikro di daerah las, *HAZ*, dan *base metal* baja keylos 50 setelah proses *quenching* dengan variasi media pendingin.

METODE

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu jenis penelitian eksperimental atau *experimental research* dengan pendekatan kuantitatif bertujuan untuk mengetahui hasil uji kekerasan, uji tarik, dan struktur mikro pada material Baja Keylos 50 dengan perlakuan *quenching* dan variabel media pendingin air, oli, dan air garam hasil pengelasan MIG. Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang diperoleh berupa nilai numerik yang dihasilkan dari proses pengujian material. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi media pendingin terhadap perubahan sifat mekanik material.

Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Perencanaan penelitian ini kurang lebih selama 9 (sembilan) Bulan, dari bulan Oktober 2025 s/d bulan Juli 2026.

2. Tempat Penelitian

Tempat dilaksanakannya penelitian ini di Laboratorium Universitas Negeri Surabaya dan Politeknik Negeri Malang.

Obyek Penelitian

Penelitian ini menggunakan obyek baja keylos 50 hasil pengelasan MIG dengan elektroda ER70S-3 diameter 1,2 mm kemudian dilakukan proses *quenching* dengan variasi media pendingin air, oli, dan air garam.

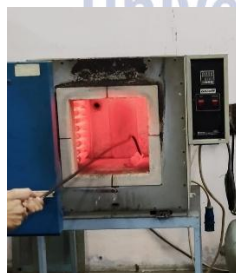


Gambar 1. Baja Keylos 50 Hasil Pengelasan MIG



Gambar 2. Spesimen Uji Keras Vickers dan Uji Tarik

Penelitian ini menggunakan tiga jenis pengujian yakni uji kekerasan *vickers*, uji tarik, dan uji struktur mikro. Total spesimen yang dibuat untuk uji kekerasan, uji tarik, dan uji struktur mikro berjumlah 18 buah dengan masing-masing 3 spesimen dari setiap variasi.



Gambar 3. Proses *Heat Treatment* dan *Quenching*

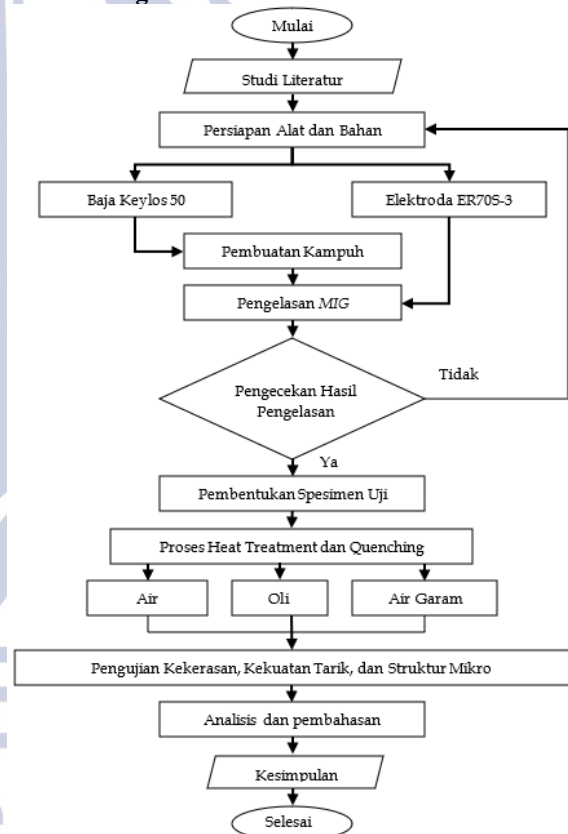
Proses *heat treatment* dilakukan setelah specimen terbentuk. Pemanasan suhu *furnace* pada 850°C dan *holding time* selama 15 menit kemudian

dilakukan proses *quenching* dengan variasi media pendingin air, oli, dan air garam.

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas pada penelitian ini adalah *quenching* dengan variasi media pendingin air, oli, dan air garam.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekerasan dan kekuatan tarik serta hasil struktur mikro material baja keylos 50 setelah mengalami proses *quenching*.
3. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah prosedur pengelasan, mesin las MIG, pengelasan dilakukan welder professional, material yang digunakan baja keylos 50, elektroda kawat jenis besi karbon tipe ER70S-3 dengan diameter 1,2 mm menggunakan arus 120A, variasi media pendingin yang digunakan untuk proses *quenching* adalah air, oli, dan air garam.

Rencana Kegiatan



Gambar 4. *Flowchart* Penelitian

Alat dan Bahan serta Instrumen Penelitian

1. Alat

- a. Las MIG
- b. Gerinda tangan
- c. Tang
- d. Jangka sorong
- e. Sikat baja
- f. Kacamata las
- g. Sarung tangan las
- h. *Furnace*
- i. *Thermocouple*

- j. Ember besi
- k. Tang penjepit
- 2. Bahan
Penelitian ini menggunakan bahan atau material baja keylos 50 dengan dimensi 100mm X 60mm X 8mm.
- 3. Instrumen
 - a. Mesin uji kekerasan *vickers*

Gambar 5. Alat Uji Kekerasan *Vickers*

- b. Mesin uji tarik



Gambar 6. Alat Uji Tarik

- c. Alat uji struktur mikro



Gambar 7. Alat Uji Struktur Mikro

Prosedur Penelitian

1. Pengelasan Material
Proses pengelasan dilakukan menggunakan mesin las MIG (*Metal Inert Gas*) dengan gas pelindung karbondioksida (CO₂) dan kawat elektroda tipe ER70S-3 yang dilakukan oleh welder professional.
2. Pembuatan Spesimen Uji
Spesimen uji kekerasan dibuat sesuai ukuran standar ASTM E384 dan uji tarik sesuai standar ASMT E8 yaitu 100mm x 20mm x 8mm.
3. Heat Treatment dan Quenching
Proses *heat treatment* dilakukan pada suhu 850°C dengan *holding time* 15 menit. Selanjutnya

dilakukan proses *quenching* dengan variasi media pendingin air, oli, dan air garam.

4. Proses Pengujian

- a. Uji kekerasan *vickers*
Uji kekerasan *vickers* dilakukan dengan cara menekan indenter pada permukaan spesimen hingga muncul nilai kekerasan berupa angka pada alat uji.
- b. Uji tarik
Uji tarik dilakukan dengan cara menjepit kedua ujung spesimen pada *grip chuck* kemudian lakukan pembebanan tarik hingga spesimen uji putus. Nilai kekuatan tarik berupa angka akan muncul pada alat uji.
- c. Uji struktur mikro
Sebelum dilakukan pengujian, permukaan spesimen dihaluskan dengan amplas dengan tingkat kekasaran tinggi ke rendah atau halus. Kemudian spesimen dipoles menggunakan *polisher* sampai batas *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal* terlihat. Selanjutnya dietsa menggunakan larutan NaOH hingga struktur mikro terlihat. Setelah itu spesimen dibersihkan dengan air dan dikeringkan. Uji struktur mikro ini dilakukan dengan pembesaran 300x.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara menguji spesimen kemudian mencatat data hasil pengujian.

Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan metode analisa data kuantitatif deskriptif, dimana data diperoleh melalui instrumen pengukuran, selanjutnya diolah secara teoritis dan disajikan dalam bentuk tabel yang disertai penjelasan untuk mempermudah interpretasi hasil. Perolehan data akan disajikan dalam bentuk diagram batang yang kemudian data tersebut dihitung dan diterjemahkan dalam bentuk deskripsi dan ditafsirkan menggunakan metode statistik *T-test* menggunakan software IBM SPSS Statistics Ver.32. Metode *T-test* atau uji T digunakan yang tujuannya mengetahui perbedaan antara dua subjek yang diuji pada situasi dari masing-masing variasi media pendingin.

- Seberapa berpengaruh proses *quenching* dengan variasi media pendingin terhadap kekerasan baja keylos 50 hasil pengelasan MIG.
- Seberapa berpengaruh proses *quenching* dengan variasi media pendingin terhadap kekuatan tarik baja keylos 50 hasil pengelasan MIG.
- Seberapa berpengaruh proses *quenching* dengan variasi media pendingin terhadap perubahan struktur mikro baja keylos 50 hasil pengelasan MIG.
- Media pendingin paling ideal yang digunakan pada proses *quenching* untuk mendapatkan kekerasan dan kekuatan tarik yang tinggi serta struktur mikro yang terbentuk pada baja keylos 50 hasil pengelasan MIG.

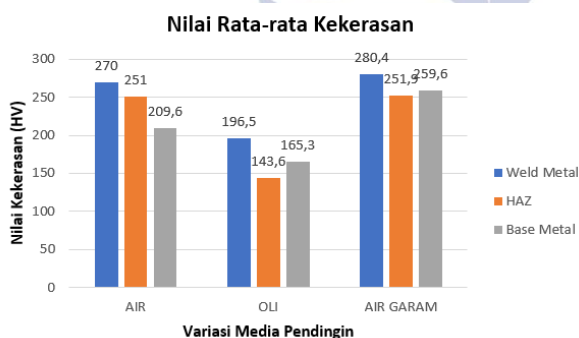
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Kekerasan

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

Jenis Perlakuan	Spesimen	Nilai kekerasan <i>HV</i>		
		<i>Weld Metal</i>	<i>HAZ</i>	<i>Base Metal</i>
Quenching Air	1	270,2	250,1	209,2
	2	268,6	252,6	210
	3	271,3	250,3	209,5
Rata-rata		270	251	209,6
Quenching Oli	1	195,4	143,2	165,6
	2	198,3	144,1	165
	3	195,7	143,4	165,2
Rata-rata		196,5	143,6	165,3
Quenching Air Garam	1	279,9	252	259
	2	281,6	251,5	260,1
	3	279,8	252,3	259,8
Rata-rata		280,4	251,9	259,6

Berdasarkan hasil uji kekerasan *vickers* yang diperoleh seperti pada data tabel diatas, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data dan disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar dibawah ini agar mempermudah dalam melakukan analisis data.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata Kekerasan *Vickers* Pertitik Uji

Dilihat dari grafik perbandingan nilai rata-rata yang didapatkan beserta hasil uji kekerasan dari setiap variasi media pendingin Air, Oli, dan Air Garam memiliki pengaruh terhadap kekerasan bahan. Rata-rata nilai kekerasan pada daerah *weld metal* dengan nilai kekerasan tertinggi ada pada *quenching* air garam yaitu 280,4 *HV*, sedangkan nilai kekerasan terendahnya ada pada *quenching* oli yaitu 196,5 *HV*. Rata-rata nilai kekerasan pada daerah *HAZ* dengan nilai kekerasan tertinggi ada pada *quenching* air garam yaitu 251,9 *HV*, sedangkan nilai kekerasan terendahnya ada pada *quenching* oli yaitu 143,6 *HV*. Rata-rata nilai kekerasan pada daerah *base metal* dengan nilai kekerasan tertinggi ada pada *quenching* air garam yaitu 259,6 *HV*,

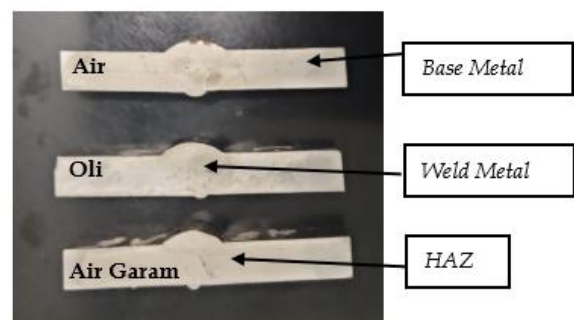
sedangkan nilai kekerasan terendahnya ada pada *quenching* oli yaitu 165,3 *HV*.

Dari hasil data dan diagram diatas dapat ditemukan adanya perbedaan nilai kekerasan pada setiap daerah pengelasan. Ini disebabkan oleh adanya variasi media pendingin sebagai media *quenching* sehingga laju pendinginan yang dihasilkan pada masing-masing spesimen juga berbeda. Selain itu, naik turunnya nilai kekerasan juga didukung oleh hasil uji struktur mikro.

Berdasarkan hasil uji kekerasan yang diperoleh, semakin cepat laju pendinginan dari media pendingin semakin tinggi nilai kekerasannya. Hal ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Yuwita, Habib, & Faila (2024) bahwa media air garam dengan waktu tahan (*holding time*) variatif memberikan kekerasan yang lebih tinggi dibanding media lainnya. Hal tersebut disebabkan karena air garam memiliki viskositas yang rendah serta kerapatan tinggi sehingga penurunan suhu dari temperatur austenit berlangsung sangat cepat dan membentuk fasa martensit yang dominan sehingga kekerasan pada baja meningkat cukup signifikan dan berbanding lurus dengan nilai kekuatan tarik yang juga meningkat.

Nilai kekerasan variasi media pendingin air garam menjadi nilai kekerasan tertinggi. Menurut Sofyan (2021) penambahan garam di dalam media pendingin dapat mempercepat perpindahan panas dikarenakan air garam memiliki gelembung yang mudah pecah. Begitu juga menurut Widiyono et al. (2018) ketika meningkatkan kadar garam di media pendingin dapat mempercepat proses pendinginan dan juga membuat fase martensit yang terbentuk makin tinggi, serta jumlah martensit yang terbentuk akan menjadi semakin banyak ketika jumlah kadar garam yang dicampur pada media pendingin semakin banyak, diameter besar butir semakin kecil serta nilai *grain size number* menjadi semakin besar.

Selanjutnya dapat dilihat hasil dari pengujian kekerasan variasi media pendingin air, oli, dan air garam rata-rata nilai kekerasan terendah terjadi pada daerah *HAZ* (*Heat Affected Zone*) dikarenakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan sehingga daerah ini menjadi daerah paling kritis dari sambungan las karena meninggalkan tegangan sisa. Sehingga daerah *HAZ* memiliki nilai kekerasan material yang rendah akibat efek proses pengerjaan las.



Gambar 9. Titik Uji Kekerasan Variasi Media Pendingin

2. Hasil Uji Tarik

Tabel 2. Hasil Uji Kekuatan Tarik

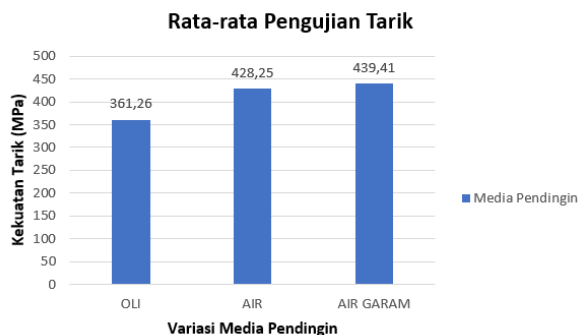
Variasi dan Spesimen		Luas $A_0 = b \times d$ (mm ²)	Beban Tarik Max (P) (Kg)	Kekuatan Tarik Max ($\sigma = P/A_0$) (MPa)	Rata-rata Tegangan Tarik Max (MPa)
Air	1	100	4378,40	429,08	428,25
	2	100	4384,80	429,71	
	3	100	4346,60	425,97	
Oli	1	100	3662,40	358,92	361,26
	2	100	3761,40	368,62	
	3	100	3635,20	356,25	
Air Garam	1	100	4576,40	448,49	439,41
	2	100	4458,40	436,92	
	3	100	4416,60	432,83	

Contoh Perhitungan:

Kekuatan tarik maksimum

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{p}{A_0} \\
 &= \frac{m \times g}{A_0} \\
 &= \frac{4378,40 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2}{100 \text{ mm}^2} \\
 &= 429,08 \text{ N/mm}^2 = 429,08 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil uji tarik yang diperoleh dan diperhitungkan seperti pada data tabel diatas, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data dan disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar dibawah ini agar mempermudah dalam melakukan analisis data.



Gambar 10. Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Tarik

Dilihat dari grafik perbandingan nilai rata-rata yang didapatkan beserta hasil uji tarik dari setiap variasi media pendingin Air, Oli, Air Garam memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik bahan. Rata-rata nilai tarik dari variasi media pendingin Air diperoleh yaitu sebesar 428,25 MPa dengan nilai tarik terbesar ada pada spesimen ke 2 yaitu 429,71 MPa. Rata-rata nilai tarik

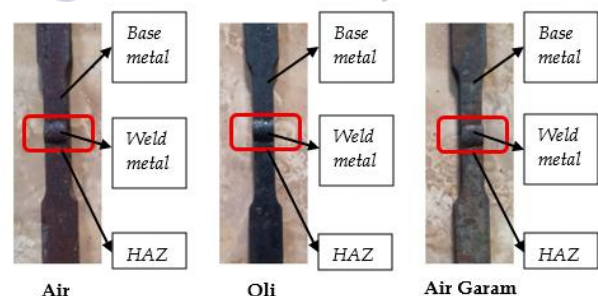
dari variasi media pendingin Oli diperoleh yaitu sebesar 361,26 MPa dengan nilai tarik terbesar ada pada spesimen ke 2 yaitu 368,62 MPa. Rata-rata nilai tarik dari variasi media pendingin Air Garam diperoleh yaitu sebesar 439,41 MPa dengan nilai tarik terbesar ada pada spesimen ke 1 yaitu 448,49 MPa.

Dari hasil data dan diagram diatas dapat ditemukan bahwa variasi media pendingin Air Garam menjadi yang tertinggi nilai kekuatan tariknya kemudian ada media pendingin Air dan yang paling rendah yaitu media pendingin Oli. Hasil pengelasan yang baik dilihat dari nilai kekuatan tarik yang besar, karena jika nilai kekuatan tarik semakin besar maka bahan akan semakin ulet.

Hasil tersebut juga didukung oleh penelitian Arimbi (2022) yang menunjukkan bahwa variasi temperatur pendingin secara signifikan memengaruhi kekuatan tarik dan struktur mikro baja keylos 50. Penelitian Mukhrim et al. (2022) juga menyebutkan bahwa proses quenching pada baja karbon sedang AISI 1045 mampu meningkatkan kekuatan tarik akibat terbentuknya struktur martensit setelah pendinginan cepat. Penelitian Pratama et al. (2020) juga melaporkan bahwa variasi media pendingin memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan tarik dan kekerasan baja S45C, di mana media pendingin dengan laju pendinginan lebih tinggi menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik.

Selanjutnya dapat dilihat hasil dari pengujian tarik variasi media pendingin air, oli, dan air garam rata-rata mengalami putus *HAZ* (*Heat Affected Zone*) dikarenakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan sehingga daerah ini menjadi daerah paling kritis dari sambungan las karena meninggalkan tegangan sisa. Sehingga daerah *HAZ* memiliki kekuatan material yang rendah akibat efek proses pengerjaan las dan mengakibatkan rata-rata pengujian tarik mengalami putus pada daerah tersebut.

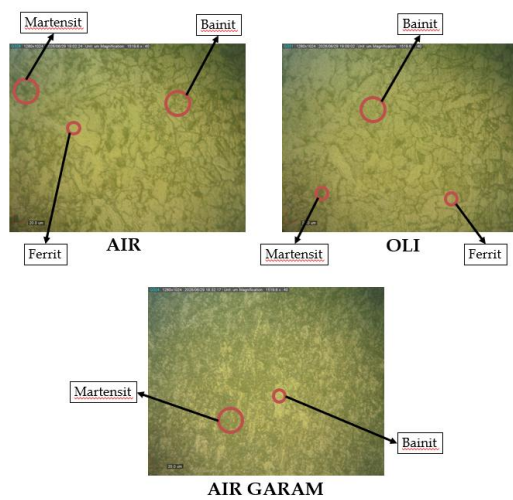
Dengan demikian, secara teoritis peningkatan kekuatan tarik setelah proses *quenching* terjadi akibat transformasi struktur mikro dari austenit menjadi martensit dan bainit yang mampu meningkatkan hambatan terhadap pergerakan dislokasi. Perubahan struktur mikro inilah yang nantinya dapat diamati melalui hasil pengujian metalografi untuk menjelaskan perubahan sifat mekanik material.



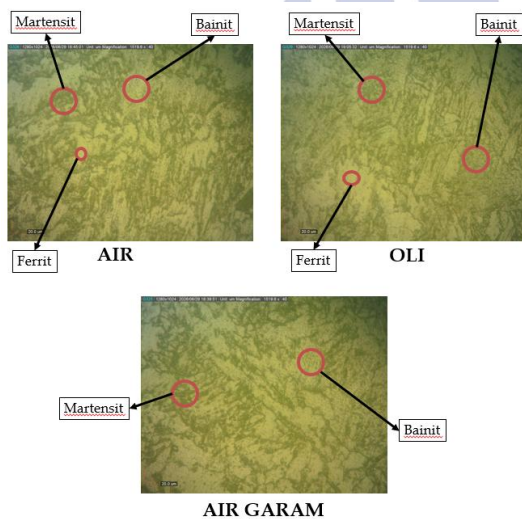
Gambar 11. Area Hasil Uji Tarik Variasi Media Pendingin

3. Hasil Uji Struktur Mikro

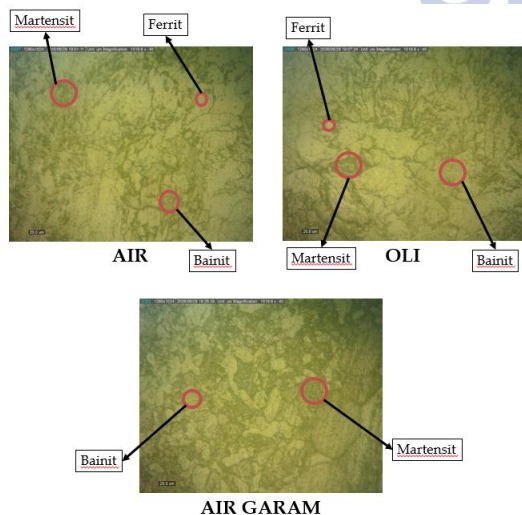
Setelah dilakukan pengujian struktur mikro, Adapun hasil yang diperoleh sebagai berikut:



Gambar 12. Hasil Struktur Mikro Pada Daerah *Base Metal*



Gambar 13. Hasil Struktur Mikro Pada Daerah *Weld Metal*



Gambar 14. Hasil Struktur Mikro Pada Daerah *HAZ*

Hasil pengamatan metalografi pada daerah *base metal* baja Keylos 50, fasa yang terbentuk hampir sama dengan *base metal* yaitu ferrit, martensit, dan bainit. Hal ini ditandai dengan terdapat bintik bulat berwarna putih yaitu ferrit, struktur jarum berwarna gelap yaitu martensit dan struktur jarum namun lebih pendek dan lebih halus yaitu bainit. Melalui hasil pengamatan metalografi, dapat diperhatikan bahwa perubahan struktur mikro setelah proses *quenching* dengan variasi media air, oli, dan air garam hasil pengelasan MIG di daerah *base metal* tidak jauh berbeda. Hal tersebut dapat dilihat melalui gambar 12 fasa ferrit, martensit, dan bainit yang mendominasi daerah *base metal*. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian (Anzhari et al., 2020) menyatakan daerah *base metal* yang diperoleh dari pengamatan metalografi relatif sama karena tidak dipengaruhi parameter pengelasan.

Pada daerah *HAZ* baja keylos 50, fasa yang terbentuk adalah ferrit, martensit, dan bainit. Hal ini ditandai dengan terdapat matrik dasar berwarna putih atau terang yaitu ferrit, struktur jarum berwarna gelap yaitu martensit, dan struktur jarum namun lebih pendek dan lebih halus yaitu bainit. Melalui hasil pengamatan metalografi, dapat diperhatikan bahwa perubahan struktur mikro setelah proses *quenching* dengan variasi media air, oli, dan air garam hasil pengelasan MIG di daerah *HAZ* memiliki perbedaan struktur yang tidak terlalu dominan. Hal tersebut dapat dilihat melalui gambar 14, pada gambar terlihat ukuran butir martensit dan bainit lebih mendominasi dibandingkan dengan daerah *base metal* hal ini karena wilayah *HAZ* merupakan daerah yang dipengaruhi oleh panas.

Perbedaan yang dominan terjadi pada daerah las *weld metal* baja Keylos 50, fasa yang terbentuk lebih terlihat jelas yaitu adalah martensit dan bainit serta sisa ferrit. Hal ini ditandai dengan terdapat struktur jarum berwarna gelap yaitu martensit, dan struktur jarum namun lebih pendek dan lebih halus yaitu bainit. Melalui hasil pengamatan metalografi, dapat diperhatikan bahwa hasil perubahan struktur mikro pada daerah las *weld metal* mengalami perubahan yang cukup dominan. Hal tersebut dapat dilihat melalui gambar 13, hasil pengelasan setelah diberikan perlakuan proses *quenching* dengan variasi media pendingin akan mengakibatkan terbentuknya martensit dan bainit akibat pendinginan cepat. Hal ini juga diperkuat dari hasil pengujian kekerasan (table 1) dan uji kekuatan tarik (table 2), didapatkan bahwa semakin meningkat nilai kekerasan menunjukkan kecenderungan yang sama dengan nilai kekuatannya yang juga akan meningkat dikarenakan fasa martensit dan bainit yang terdistribusi lebih merata pada struktur bahan baja Keylos 50 hasil pengelasan.

Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro, spesimen dengan media air garam menunjukkan pembentukan martensit yang lebih dominan dibandingkan media air maupun oli. Martensit terbentuk akibat pendinginan yang sangat cepat sehingga atom karbon terperangkap di dalam kisi kristal besi dan membentuk struktur Body Centered Tetragonal (BCT) (Bhadeshia & Honeycombe, 2017). Peningkatan

kekuatan tarik terjadi karena struktur martensit yang mengalami distorsi akibat atom karbon terperangkap, sehingga hambatan terhadap dislokasi menyebabkan material memerlukan tegangan yang lebih besar untuk mengalami deformasi plastis maupun hingga spesimen putus pada pengujian tarik. Oleh karena itu, pembentukan martensit berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan tarik dan kekerasan material.

Pada penelitian saya, struktur mikro yang terbentuk bukan martensit murni, melainkan kombinasi ferrit, bainit, dan martensit. Kombinasi tersebut menyebabkan kekuatan tarik meningkat tanpa membuat material menjadi terlalu rapuh.

SIMPULAN

Berdasarkan analisa data pengujian kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro pada material baja Keylos 50, didapatkan kesimpulan hasil pengujian kekerasan variasi media air mendapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 270 HV (*weld metal*), 251 HV (*HAZ*), dan 209,6 (*base metal*). Variasi media oli mendapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 196,5 HV (*weld metal*), 143,6 HV (*HAZ*), dan 165,3 (*base metal*). Dan variasi media air garam mendapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 280,4 HV (*weld metal*), 251,9 HV (*HAZ*), dan 259,6 (*base metal*). Kemudian hasil pengujian tarik variasi media air mendapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 428,25 MPa. Variasi media oli mendapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 361,26 MPa. Dan variasi media air garam mendapatkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 439,41 MPa. Selanjutnya hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa variasi media pendingin menghasilkan struktur ferrit, martensit, dan bainit. Ukuran butir ferrit mengecil sedangkan struktur martensit dan bainit meningkat akibat pendinginan cepat dan terdistribusi merata sehingga meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik baja Keylos 50.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua yang selalu memberikan doa serta dukungannya, pihak Universitas yang telah menyediakan fasilitas laboratorium, serta kepada para dosen pembimbing dan dosen penguji Tugas Akhir atas bimbingan, dukungan, pengarahan, dan masukan ilmiah yang sangat memotivasi serta pengalaman berharga selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini selesai.

Apresiasi juga ditujukan kepada teman-teman kelas TM 20A, rekan-rekan sesama mahasiswa di Rumpun Teknik Mesin, dan seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi serta artikel atas dukungan teknis dan bantuan selama pengambilan data eksperimental berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, M. F. F. (2019). Pengaruh Variasi Media Dan Temperatur Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Pada Baja ST 41 Dengan Proses Pengelasan SMAW.
- Anzharie, D. C. A., Ari, M., & Kurniyanto, H. B. (2020). Analisis Penambahan Gas Argon Pada Gas Pelindung *Flux Cored Arc Welding* Terhadap Struktur Mikro, Kekuatan Tarik Dan Nilai Kekerasan Pada Material A 516 Grade 70. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 1, No. 1, pp. 77-83).
- Arimbi, N. S. K., & Yunus, Y. (2022). Pengaruh Temperatur *Quenching* Dengan Pengelasan Smaw (*Shield Metal Arc Welding*) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja Keylos 50. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(03), 1-6.
- Bhadeshia, H. K. D. H., & Honeycombe, R. W. K. (2017). *Steels: microstructure and properties*. Butterworth-Heinemann.
- Mukhrim, G. A., Jasman, J., Nurdin, H., Abadi, Z., & Indrawan, E. (2022). Pengaruh Proses *Quenching* Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Sedang Aisi 1045. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 4(4), 56-62.
- Nanda, M. R. R., & Yunus, Y. (2022). Pengaruh Proses *Quenching* Media Air Dengan Variasi Temperatur Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Hasil Las Mig (Metal Inert Gas) Baja Keylos 50. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(03), 15-24.
- Sofyan, B. T. (2021). *Pengantar Material Teknik Edisi II*. UNHAN RI PRESS.
- Widiyono, E., Atria, P., Winarto, W., & Wardana, D. W. (2018). Analisa Pengaruh Penambahan Garam di Media Pendingin Air Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon AISI 1050. *Prosiding SENIATI*, 4(1), 245-250.
- Yuwita, P. E., Habib, A., & Faila, R. N. (2024). Studi Pengaruh Variasi Media Pendingin *Quenching* Dan Waktu Penahanan Pada Proses *Heat Treatment* Terhadap Kekerasan Baja AISI 1045. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(1), 77-84.