

## **Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las TIG (Tungsten Inert Gas) Pada Baja St 42**

### *Analysis Of The Effect Of Cooling Media On The Mechanical Properties Of TIG (Tungsten Inert Gas) Welded Joints In St 42 Steel*

**Disya Haeriaty Ariwiana Putri<sup>1</sup>, Ratna Dewi Anjani<sup>2</sup>, Iwan Nugraha Gusniar<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

e-mail: 1910631150078<sup>1</sup>@student.unsika.ac.id, ratna.dewi<sup>2</sup>@ft.unsika.ac.id,  
iwan.nugrahagusniar<sup>3</sup>@staff.unsika.ac.id

#### **Abstrak**

Proses pengelasan yaitu proses penyambungan dua material atau lebih dengan karakteristik material logam induk yang sama ataupun material logam induk yang berbeda. Pada proses pengelasan terdapat banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Dalam penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh media pendingin terhadap sifat mekanik sambungan las *Tungsten Inert Gas* pada baja St 42. Dengan menggunakan variasi media pendingin yaitu air tawar, air *coolant*, dan oli bekas dengan interval waktu perendaman selama 15 menit. Uji sifat mekanik yang dilakukan meliputi uji kekerasan *rockwell* yang menggunakan standar ASTM E18 dan uji tarik yang menggunakan standar ASTM E8 dan dilakukan pengujian struktur mikro. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi ada pada media pendingin air *coolant* dengan nilai kekerasan pada daerah lasan sebesar 29,7 HRC. Dan untuk hasil uji tarik yang diambil dari hasil konversi nilai kekerasan dimana nilai tertinggi pada penggunaan media pendingin air *coolant* dengan nilai sebesar 965 N/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian struktur mikro dengan media pendingin air *coolant* yang terbentuk adalah fasa ferit, perlit, dan martensit. Pendinginan secara cepat sehingga ferit yang bertransformasi menjadi martensit. hal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada spesimen dengan media pendingin air *coolant* cukup tinggi dan bersifat getas. Untuk struktur mikro pada spesimen tanpa media pendingin, oli bekas, dan air tawar yang terbentuk adalah perlit dan ferit.

**Kata kunci:** Pengelasan, Variasi Pendingin, Baja St 42, Sifat Mekanik.

#### **Abstract**

*The welding process is the process of joining two or more materials with the same parent metal material characteristics or different parent metal materials. In the welding process there are many factors that must be considered. This study aims to determine the effect of cooling media on the mechanical properties of Tungsten Inert Gas welding joints on St 42 steel. By using a variety of cooling media, namely fresh water, coolant water, and used oil with an immersion time interval of 15 minutes. The mechanical properties tests carried out include rockwell hardness tests using ASTM E18 standards and tensile tests using ASTM E8 standards and microstructure testing. The results of this study indicate that the highest hardness value is in air coolant cooling media with a hardness value in the weld area of 29.7 HRC. And*

for the tensile test results taken from the conversion of hardness values where the highest value is in the use of water coolant cooling media with a value of 965 N/mm<sup>2</sup>. The results of microstructure testing with water coolant cooling media formed are ferrite, pearlite and martensite phases. Cooling quickly so that ferrite is transformed into martensite. this causes the level of hardness in specimens with water coolant cooling media is quite high and brittle. For the microstructure of the specimens without cooling media, used oil, and fresh water formed are pearlite and ferrite.

**Keywords :** *Welding, Cooling Media Variation, St 42 Steel, Mechanical Properties.*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi industri di bidang manufaktur tidak bisa dipisahkan dengan proses pengelasan. Karena proses pengelasan memegang peranan penting di dalam bidang manufaktur dan rancang bangun. Proses pengelasan yaitu proses penyambungan dua material atau lebih dengan karakteristik material logam induk yang sama ataupun material logam induk yang berbeda (Yakub and Nofri 2013). Saat ini hampir dari semua pembangunan konstruksi yang menggunakan logam banyak melibatkan teknik pengelasan untuk penyambungan materialnya terkhusus dalam rancang bangun.

Baja St 42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik 42 Kg/mm<sup>2</sup> sampai 50 Kg/mm<sup>2</sup>. Baja ini mempunyai kandungan karbon (C) dibawah 0,3 %, jadi termasuk dalam baja karbon rendah (Nofri 2019). Pengaplikasian baja St 42 pada bidang teknik antara lain digunakan untuk baja konstruksi mulai dari rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur dan baut, plat, pipa, dan lain lain (Maxwell, Budiarto, and Sarjito 2018).

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan tekanan atau tanpa tekanan. Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Purnama 2022). Di dalam proses pengelasan terdapat banyak faktor yang harus dipertimbangkan dan beberapa faktor yang harus diketahui yaitu diantaranya faktor ekonomik, kekuatan sambungan las, prosedur pengelasan, teknik pengelasan dan kemampuan juru las untuk mengerjakan. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi kualitas sambungan las yang terbentuk (Yakub and Nofri 2013).

Dalam proses pengelasan mengalami pemanasan yang menyebabkan terjadinya perubahan siklus termal cepat yang menyebabkan perubahan struktur, deformasi, dan tegangan termal. Perubahan struktur terjadi karena kecepatan pendinginan dari suhu austenit sampai ke suhu kamar. Jika kecepatan pendinginan naik, berarti waktu pendinginan temperatur turun lambat terhadap suhu kamar. Dengan begitu, maka akan membentuk struktur butir yang rapat karena laju pendinginan yang lambat. Laju pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur semakin rapat sehingga kekerasan dan nilai kekuatan tariknya menurun. Temperatur media pendingin merupakan substansi yang berfungsi untuk menentukan kecepatan proses pendinginan terhadap material yang telah diberikan perlakuan panas dari hasil pengelasan (Azwinur et al. 2020).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dion Prakoso tentang pengaruh variasi kuat arus dan sudut kampuh terhadap kekuatan tarik material ST 42 pada proses pengelasan GTAW didapatkan hasil sudut kampuh dan kuat arus tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik dengan hasil dari analisa variansi untuk nilai  $F_{hitung}$  lebih kecil dari  $F_{tabel}$  atau P-value lebih besar dari nilai signifikan (0,05 = 5%). Untuk uji tarik yang telah

dilakukan nilai rata rata sudut kampuh tertinggi adalah  $50^\circ$ , sudut kampuh  $70^\circ$  menghasilkan nilai terendah. Sedangkan untuk nilai rata rata kuat arus tertinggi adalah 80A, kuat arus 100A menghasilkan nilai terendah(Prakoso 2018).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fran Nur Felani, Kosjoko dan Asmar Finali tentang uji perbandingan kekuatan tarik pengelasan *Stainless Steel* AISI 304 menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dan las MIG (*Metal Inert Gas*) dengan variasi media pendingin didapatkan hasil uji tarik dari hasil pengelasan *Stainless Steel* AISI 304 menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dengan variasi media pendingin udara bebas memiliki kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu sebesar  $590,63 \text{ N/mm}^2$  sedangkan dengan variasi media pendingin oli SAE 40 memiliki kekuatan tarik paling rendah yaitu sebesar  $328,13 \text{ N/mm}^2$ . Hasil uji tarik dari hasil pengelasan *Stainless Steel* AISI 304 menggunakan las MIG (*Metal Inert Gas*) dengan variasi media pendingin air garam memiliki kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu sebesar  $251,25 \text{ N/mm}^2$  sedangkan dengan variasi media pendingin oli SAE 40 memiliki kekuatan tarik paling rendah yaitu sebesar  $161,25 \text{ N/mm}^2$ . Hasil uji tarik dari hasil pengelasan *Stainless Steel* AISI 304 menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dari las MIG (*Metal Inert Gas*)(Felani, Kosjoko, and Finali 2017).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hosea Kurniawan, Ari Wibawa Budi Santosa dan Untung Budiarto tentang pengaruh media pendingin air tawar, air *coolant*, dan udara terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada sambungan las MIG (*Metal Inert Gas*) dan MAG(*Metal Active Gas*) Aluminium 6061 didapatkan hasil uji tarik Aluminium 6061 memiliki rata-rata kekuatan tarik dari berbagai variasi media pendingin yakni, untuk MIG air tawar 85 MPa, MIG air *coolant* sebesar 175 MPa, MIG udara sebesar 157 MPa.. Pengelasan MAG dengan air tawar sebesar 140 MPa, MAG air *coolant* sebesar 191 MPa, dan MAG udara sebesar 147 MPa. Air *coolant* memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan tarik di kedua pengelasan, MIG dan MAG, membuat pengelasan ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Air *coolant* berpengaruh juga terhadap modulus elastisitas yang memiliki angka tertinggi sebesar 157 GPa dengan las MIG. Kekerasan aluminium 6061 memiliki rata-rata dari berbagai macam media pendinginnya, yakni, untuk MIG air tawar 79 VHN, MIG air *coolant* sebesar 73 VHN, MIG udara sebesar 70 VHN. Pengelasan MAG dengan air tawar sebesar 81 VHN, MAG air *coolant* sebesar 80 VHN, dan MAG udara sebesar 70 VHN. Air tawar mempengaruhi nilai kekerasan *Vickers* terhadap pengelasan MIG dan MAG dengan hasil nilai kekerasan tertinggi daripada media pendingin lainnya(Kurniawan, Wibawa, and Budiarto 2020).

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisa pengelasan untuk mengetahui pengaruh media pendingin terhadap sifat mekanik sambungan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) pada baja St 42. Dengan menggunakan variasi media pendingin yaitu air tawar, air *coolant* dan oli bekas.

## 2. METODE

Proses las yang digunakan adalah proses las TIG (*Tungsten Inert Gas*), pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah jenis pengelasan menggunakan elektroda yang terbuat dari wolfram yang digunakan sebagai pengumpan busur nyala, serta menggunakan gas argon sebagai pelindung oksidasi dari udara. Sedangkan bahan tambahan yang digunakan dalam pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah bahan yang sejenis dengan material induknya(Sutarno, Warsa, and Mastur 2022).

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja St 42 yang merupakan baja karbon rendah. Komposisi paduan dari baja St 42 dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

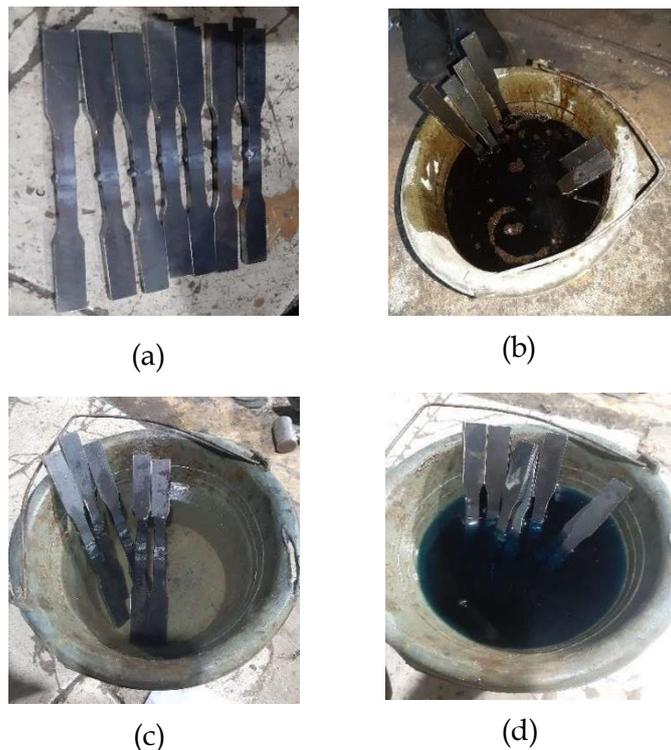
Tabel 1. komposisi paduan baja St 42

Paduan Baja Karbon Rendah Baja ST 42				
C %	N %	Mn %	P %	Si %
0,21 max	0,009	1,35	0,040	0,040

Media pendingin yang digunakan adalah air tawar, air *coolant*, dan oli bekas juga membandingkan dengan tanpa media pendingin. Variasi media pendingin ini karena kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, media pendingin merupakan suatu substansi yang berfungsi dalam menentukan kecepatan pendinginan yang dilakukan terhadap material yang telah diuji dalam perlakuan panas. Sifat mekanik yang dihasilkan oleh media pendingin memiliki perbedaan kapasitas pendingin dari masing-masing media pendingin. Dimana kapasitas media pendingin akan menentukan struktur butir yang terjadi, karena secara langsung berpengaruh terhadap sifat mekanik dari hasil pengelasan (Azwinur et al. 2020).

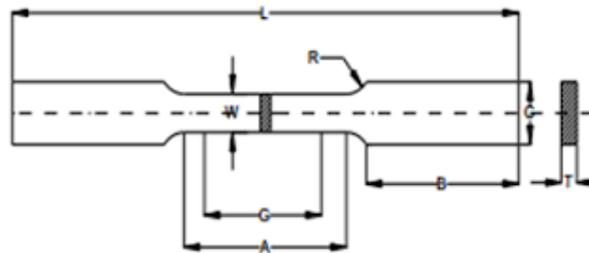
Metode awal adalah melakukan proses pengelasan menggunakan proses las TIG dengan gas pelindung argon, elektroda yang digunakan yaitu ER 70 S-6 berdiameter 1,6 mm menggunakan arus 90 Ampere untuk *root pass* dan *fill/cap* dengan arus 120 Ampere. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V tunggal dengan sudut kemiringan 30°. Posisi pengelasan menggunakan posisi 1G atau datar.

Baja St 42 langsung direndam ke media pendingin air tawar, air *coolant*, dan oli bekas setelah pengelasan selesai. Perendaman dilakukan selama masing-masing 15 menit di ember dengan isi atau volume sekitar tiga liter. Material akan didiamkan saja untuk variasi tanpa media pendingin.



Gambar 1. (a) spesimen tanpa di rendam media pendingin, (b) perendaman spesimen ke media pendingin oli bekas, (c) perendaman spesimen ke media pendingin air tawar, (d) perendaman spesimen ke media pendingin air *coolant*

Dimensi uji tarik menggunakan standar ASTM E8 dengan ukuran spesimen uji tarik dapat dilihat pada gambar dan tabel di bawah ini.



Gambar 2. Spesimen uji tarik

Tabel 2. dimensi spesimen uji tarik

Keterangan	Panjang
G	50 mm
A	57 mm
W	12,5 mm
T	6 mm
R	10 mm
L	220 mm
C	20 mm
B	60 mm

Setelah proses las selanjutnya dilakukan proses pengujian tarik, kekerasan dan struktur mikro. Pada pengujian kekerasan titik pengujian yang diuji yaitu daerah *base metal*, *weld metal* dan HAZ. Pada pengujian struktur mikro daerah yang akan diuji yaitu daerah *weld metal* dan daerah HAZ

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell C* (HRC) untuk mengetahui nilai kekerasan pada daerah *weld metal*, *base metal* dan HAZ. Pengujian kekerasan *Rockwell* merupakan salah satu pengujian kekerasan yang mulai banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian *Rockwell* lebih sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak (Reza and Imran 2018).

Pengujian kekerasan *Rockwell* dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor. Penekanan indentor kedalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pandahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan (Reza and Imran 2018).

Pengujian tarik merupakan suatu pengujian bahan yang bersifat merusak bahan. Bahan akan diberikan gaya tarik yang berlawanan dengan menggunakan mesin yang mengarahkan benda tersebut menjauh dari titik tengah. Uji tarik menggunakan standar aturan ASTM E8 (Kurniawan et al. 2020). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik yang berupa nilai kekuatan tarik, *yield strength*, kekuatan geser dari sebuah material atau hasil pengelasan (Risaldi 2021).

Pengujian mikro adalah suatu pengujian mengenai struktur bahan melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Dengan pengujian mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Untuk melakukan pengujian mikro, maka diperlukan proses metalografi yang bertujuan untuk melihat struktur mikro suatu bahan ada beberapa tahap yang harus dilakukan. Tahapan yang harus dilalui adalah *mounting*, *grinding*, *polishing*, dan *etching* (Nuraliansyah 2022).

Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat teknologis sangat mempengaruhi oleh mikro struktur logam dan paduannya, disamping komposisi kimianya. Struktur mikro dari logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

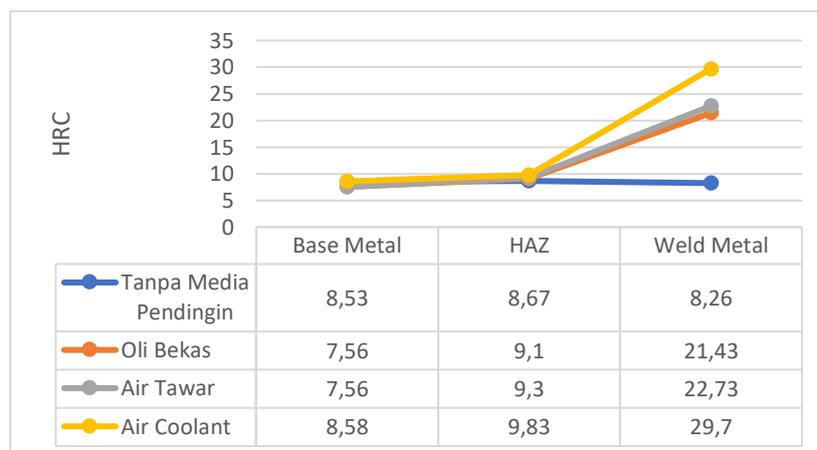
#### Hasil pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan alat uji *Rockwell C* (HRC) dengan pembebanan sebesar 150 kgf. Pengujian kekerasan dilakukan pada daerah *weld metal*, *base metal*, dan HAZ. Hasil pengujian kekerasan *rockwell* ditunjukkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan *rockwell C* (HRC)

Variasi Media Pendingin	Weld Metal (HRC)	HAZ (HRC)	Base Metal (HRC)
Tanpa Media Pendingin	7,3	8,3	8,5
	9,1	8,8	8,6
	8,4	8,9	8,5
Media pendingin oli bekas	20,3	8,6	6,6
	20,5	9,8	7,6
	23,5	8,9	8,5
Media pendingin air tawar	10,8	8,8	7,0
	26,8	9,8	7,7
	30,6	9,4	8,0
Media pendingin air coolant	30,1	8,7	8,1
	29,0	9,9	8,8
	30,0	10,9	9,1

Setiap spesimen dari hasil pengujian kekerasan *rockwell* (HRC) yang telah dilakukan didapatkan nilai rata-rata dari masing-masing variasi media pendingin yang ditunjukkan pada keterangan grafik yang ada pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Grafik nilai rata-rata pengujian *rockwell C* tiap variasi media pendingin

Gambar di atas menunjukkan bahwa nilai kekerasan Rockwell C (HRC) pada pengelasan baja St 42 tanpa menggunakan media pendingin menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekerasan pada daerah base metal atau logam dasar sebesar 8,53 HRC, daerah HAZ sebesar 8,67 HRC dan daerah pengelasan (*weld metal*) sebesar 8,26 HRC. Dari data menunjukkan bahwa adanya penurunan nilai kekerasan pada daerah pengelasan atau *weld metal* dibandingkan dengan daerah *base metal* atau logam dasar.

Kemudian pada pengelasan menggunakan media pendingin oli bekas menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekerasan pada daerah *base metal* sebesar 7,56 HRC, daerah HAZ sebesar 9,1 HRC dan daerah pengelasan (*weld metal*) sebesar 21,43 HRC. Dari data menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai kekerasan pada daerah pengelasan (*weld metal*) dibandingkan dengan daerah *base metal* atau logam dasar dan daerah HAZ.

Pada pengelasan menggunakan media pendingin air tawar menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekerasan pada daerah *base metal* sebesar 7,56 HRC, daerah HAZ sebesar 9,3 HRC dan daerah pengelasan (*weld metal*) sebesar 22,73 HRC. Dari data menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai kekerasan pada daerah *weld metal* dibandingkan dengan daerah *base metal* atau logam dasar dan daerah HAZ.

Pada pengelasan menggunakan media pendingin air coolant menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekerasan pada daerah *base metal* atau logam dasar sebesar 8,67 HRC, daerah HAZ sebesar 9,83 HRC dan daerah pengelasan (*weld metal*) sebesar 29,7 HRC. Dari data menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai kekerasan pada daerah *weld metal* dibandingkan dengan daerah *base metal* atau logam dasar dan daerah HAZ.

Dari gambar 3 juga dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan hasil pengelasan dengan menggunakan variasi media pendingin air *coolant* menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya yaitu sebesar 29,7 HRC sedangkan nilai kekerasan terendah tanpa menggunakan media pendingin dengan nilai 8,36 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan media pendingin (*severity of quench*) media pendingin air *coolant* lebih kuat diantara air tawar, oli dan tanpa media pendingin. Dan kemampuan media pendingin pada air *coolant* lebih keras dibandingkan dengan media pendingin air tawar dan oli. Kemampuan media pendingin (*severity of quench*) dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini (Permana, Anjani, and Gusniar 2020).

"H" factors – coefficient of severity of quench			
Agitation	Cooling medium		
	Oil	Water	Brine
None (20-bar N <sub>2</sub> )	0.25 – 0.30 (0.20)	0.9 – 1.0	2.0
Mild (20-bar He)	0.30 – 0.35 (0.35)	1.0 – 1.1	2.0 – 2.2
Moderate	0.35 – 0.40	1.2 – 1.3	
Good	0.4 – 0.5	1.4 – 1.5	
Strong (approx. 150 fps velocity)	0.5 – 0.8	1.6 – 2.0	
Violent	0.8 – 1.1	4.0	5.0

Gambar 4. Kemampuan media pendingin (*severity of quench*)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan pengelasan menggunakan proses las TIG dan penggunaan media pendingin berpengaruh terhadap nilai kekerasan material.

### Hasil pengujian tarik

Pada penelitian ini hasil uji tarik menggunakan konversi dari hubungan antara kekerasan dan uji tarik. Meskipun pengujian kekerasan *Rockwell* dan pengujian uji tarik memiliki tujuan yang berbeda, yaitu untuk menentukan sifat-sifat mekanik bahan, namun kedua metode ini saling terkait. Hal ini karena kekerasan bahan dapat digunakan sebagai indikator kekuatan bahan. Dalam pengujian uji tarik, kekuatan tarik bahan dapat dihitung berdasarkan luas penampang benda uji dan regangan pada batas elastis. Sedangkan dalam pengujian kekerasan *Rockwell*, kekerasan bahan dapat dihitung berdasarkan kedalaman penetrasi indenter pada benda uji (Callister and Wiley 2007).

Tabel 4. Hasil konversi nilai kekerasan dengan uji tarik pada tiap variasi media pendingin

Variasi media pendingin	Weld Metal (HRC)	HAZ (HRC)	Base Metal (HRC)	Kekuatan tarik (N/mm <sup>2</sup> )
Tanpa Media Pendingin	8,2	8,6	8,5	572 N/mm <sup>2</sup>
Oli Bekas	21,4	9,1	7,5	785 N/mm <sup>2</sup>
Air Tawar	22,7	9,3	7,5	810 N/mm <sup>2</sup>
Air Coolant	29,7	9,9	8,6	965 N/mm <sup>2</sup>

Dapat dilihat pada tabel 4 yang menunjukkan nilai hasil uji kekerasan *rockwell* (HRC) untuk tiap spesimen, dimana nilai kekerasan untuk spesimen tanpa media pendingin sebesar 8,2 HRC pada daerah *weld metal*, yang jika dikonversi ke dalam kekuatan tarik maka didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 572 N/mm<sup>2</sup>

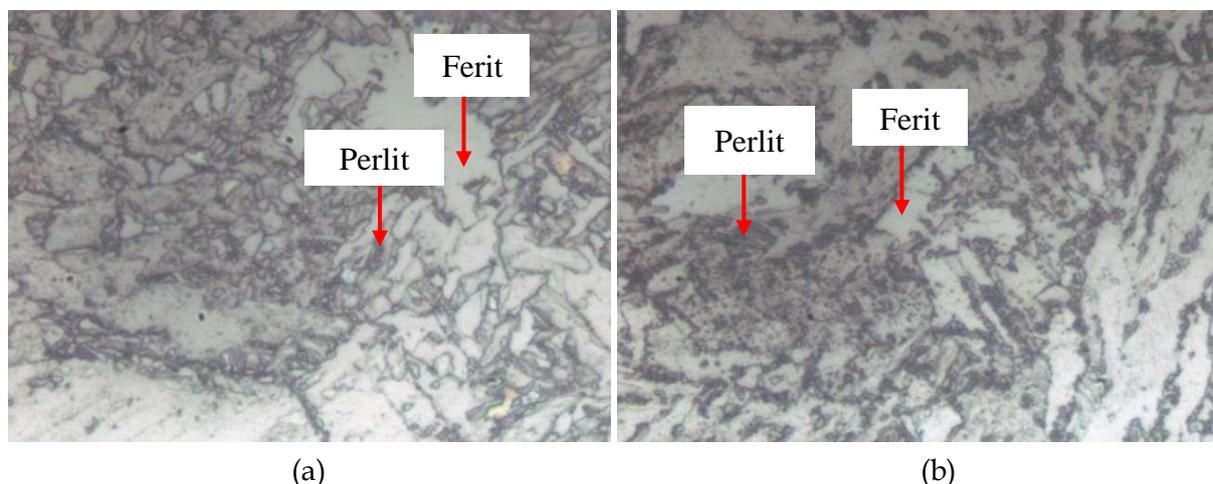
Dapat dilihat pada tabel 4 yang menunjukkan nilai hasil uji kekerasan *rockwell* (HRC) untuk tiap spesimen, dimana nilai kekerasan untuk spesimen variasi media pendingin oli bekas sebesar 21,4 HRC pada daerah *weld metal*, yang jika dikonversi ke dalam kekuatan tarik maka didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 785 N/mm<sup>2</sup>

Dapat dilihat pada tabel 4 yang menunjukkan nilai hasil uji kekerasan *rockwell* (HRC) untuk tiap spesimen, dimana nilai kekerasan untuk spesimen variasi media pendingin air tawar sebesar 22,7 HRC pada daerah *weld metal*, yang jika dikonversi ke dalam kekuatan tarik maka didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 810 N/mm<sup>2</sup>

Dapat dilihat pada tabel 4 yang menunjukkan nilai hasil uji kekerasan *rockwell* (HRC) untuk tiap spesimen, dimana nilai kekerasan untuk spesimen variasi media pendingin air coolant sebesar 29,7 HRC pada daerah *weld metal*, yang jika dikonversi ke dalam kekuatan tarik maka didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 965 N/mm<sup>2</sup>

### Hasil pengujian struktur mikro

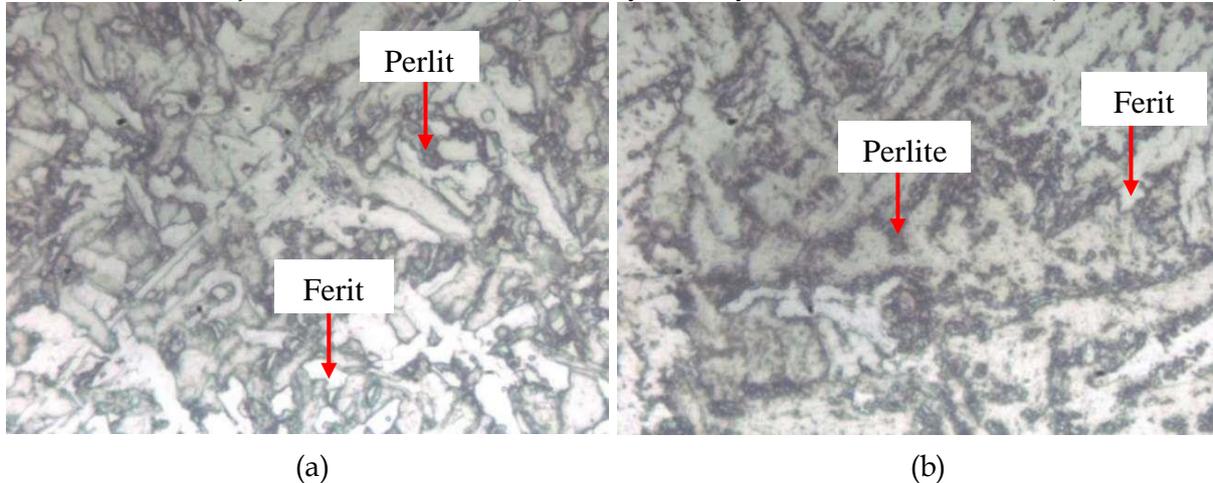
Pengujian struktur mikro dilakukan pada bagian *weld metal* dan HAZ. Pengujian yang dilakukan menggunakan skala pembesaran sampai 1000X.



Gambar 5. Hasil uji struktur mikro tanpa media pendingin (a) pada daerah *weld metal*, (b) pada daerah HAZ

Berdasarkan pada gambar 5(a) pengujian struktur mikro pada baja St 42 tanpa media pendingin pada daerah *weld metal* dan HAZ didapatkan struktur mikro yang terbentuk yaitu fasa ferit dan fasa perlit. Dimana fasa ferit memiliki warna yang lebih terang (putih), kemudian

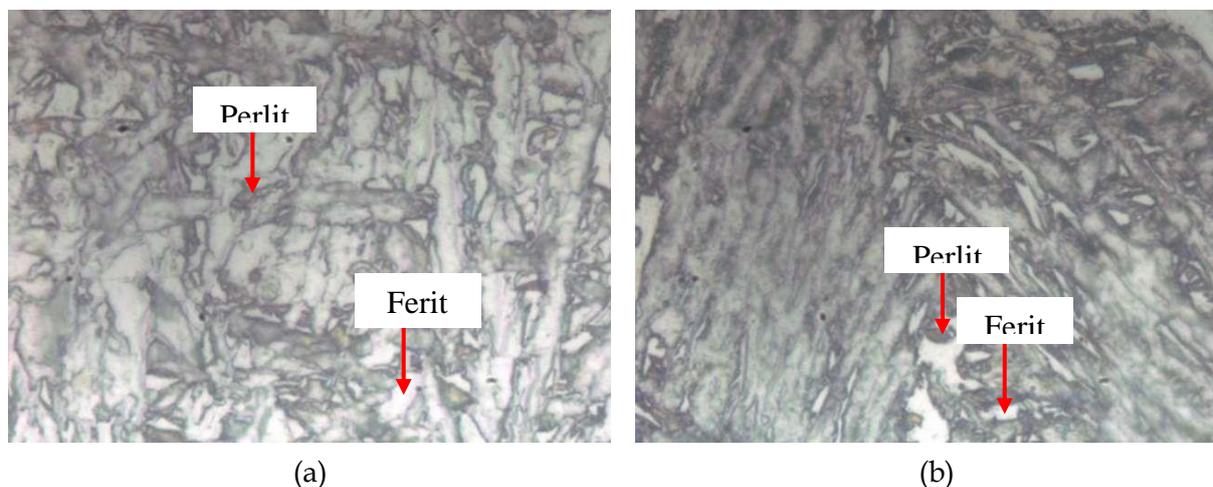
fasa perlit terdapat campuran dari fasa ferit dan fasa cementite yang memiliki warna sedikit gelap (hitam)(Haris and Widodo 2021). Pada gambar struktur mikro bagian *weld metal* terbentuk ferit dan perlit yang berimbang. Pada gambar 5(b) struktur mikro bagian HAZ perlit terlihat lebih banyak dan besar. Hal ini dikarenakan daerah HAZ baja karbon rendah St 42 mengalami siklus termal pengelasan, semakin besar masukan panas yang dikenakan pada material akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir kasar(Firmansyah, Suryanto, and Solichin 2017).



Gambar 6. Hasil uji struktur mikro dengan media pendingin oli bekas (a) pada daerah *weld metal*, (b) pada daerah HAZ

Berdasarkan pada gambar 6(a) pengujian struktur mikro pada baja St 42 dengan media pendingin oli bekas pada daerah *weld metal* dan HAZ didapatkan struktur mikro yang terbentuk yaitu fasa ferit dan fasa perlit. Dimana fasa ferit memiliki warna yang lebih terang (putih), kemudian fasa perlit terdapat campuran dari fasa ferit dan fasa cementite yang memiliki warna sedikit gelap (hitam). Pada gambar struktur mikro bagian *weld metal* terdapat keberadaan perlit yang lebih dominan dan merata yang ditunjukkan dengan warna gelap. Hal itu menyebabkan kekerasan yang meningkat pada daerah lasan dibandingkan daerah HAZ.

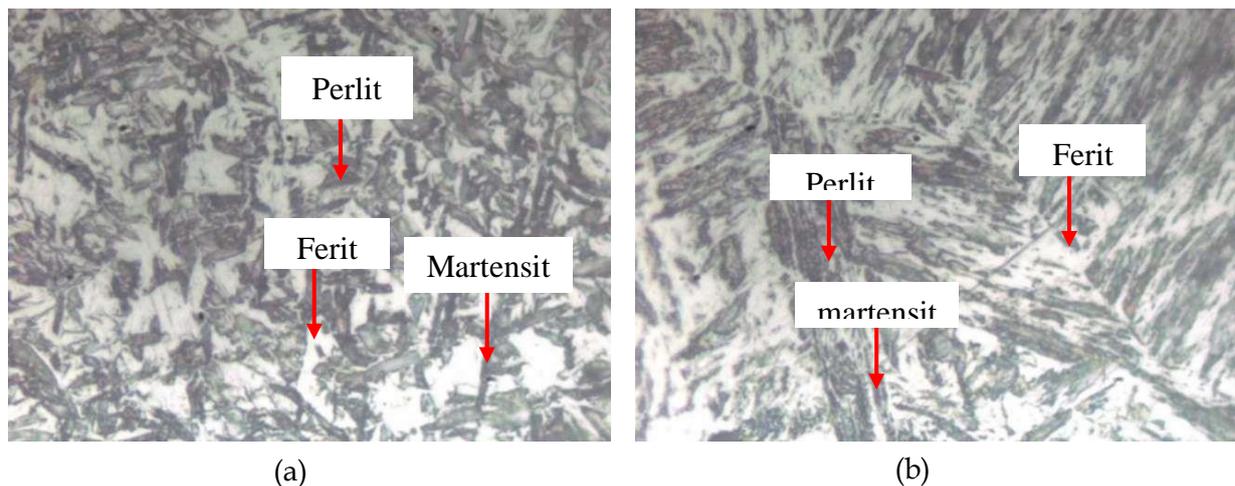
Pada gambar 6(b) struktur mikro bagian HAZ perlit terlihat lebih banyak dan besar. Hal ini dikarenakan daerah HAZ baja karbon rendah St 42 mengalami siklus termal pengelasan, semakin besar masukan panas yang dikenakan pada material akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir kasar.



Gambar 7. Hasil uji struktur mikro dengan media pendingin air tawar (a) pada daerah *weld metal*, (b) pada daerah HAZ

Berdasarkan pada gambar 7(a) pengujian struktur mikro pada baja St 42 dengan media pendingin air tawar pada daerah *weld metal* dan HAZ didapatkan struktur mikro yang terbentuk yaitu fasa ferit dan fasa perlit. Dimana fasa ferit memiliki warna yang lebih terang (putih), kemudian fasa perlit terdapat campuran dari fasa ferit dan fasa cementite yang memiliki warna sedikit gelap (hitam). Pada gambar struktur mikro bagian *weld metal* terdapat keberadaan perlit yang lebih dominan dan merata yang ditunjukkan dengan warna gelap. Hal itu menyebabkan kekerasan yang meningkat pada daerah lasan dibandingkan daerah HAZ material.

Pada gambar 7(b) struktur mikro bagian HAZ perlit terlihat lebih banyak dan besar. Hal ini dikarenakan daerah HAZ baja karbon rendah St 42 mengalami siklus termal pengelasan, semakin besar masukan panas yang dikenakan pada material akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir kasar.



Gambar 8. Hasil uji struktur mikro dengan media pendingin air *coolant* (a) pada daerah *weld metal*, (b) pada daerah HAZ

Berdasarkan pada gambar 8(a) pengujian struktur mikro pada baja St 42 dengan media pendingin air *coolant* pada daerah *weld metal* dan HAZ didapatkan struktur mikro yang terbentuk yaitu fasa ferit, fasa perlit dan fasa martensite. Dimana fasa ferit memiliki warna yang lebih terang (putih), kemudian fasa perlit terdapat campuran dari fasa ferit dan fasa cementite yang memiliki warna sedikit gelap (hitam), lalu fasa martensite ditampilkan dengan garis hitam pekat. Pada gambar 8(a) struktur mikro bagian *weld metal* terdapat keberadaan perlit yang lebih dominan dan merata yang ditunjukkan dengan warna gelap dan terdapat juga keberadaan martensite. Hal itu menyebabkan kekerasan yang meningkat pada daerah lasan dan menjadi getas dibandingkan daerah HAZ (Prayogi and Suhardiman 2019). Pada gambar 4.15 struktur mikro bagian HAZ menunjukkan keberadaan ferit dan perlit yang lebih halus dan seimbang, dan terdapat beberapa fasa martensit.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dari hasil penelitian pengaruh media pendingin oli bekas, air tawar, air *coolant* dan tanpa media pendingin terhadap sifat mekanik pada sambungan las TIG pada baja st 42. Media pendingin sebagai pembanding, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *rockwell*, nilai rata-rata kekerasan yang diperoleh tanpa media pendingin yaitu sebesar 8,53 HRC pada daerah *base metal*, pada daerah HAZ sebesar 8,67 HRC dan pada daerah lasan atau *weld metal* sebesar 8,26 HRC. Untuk nilai rata-rata kekerasan yang diperoleh dari media pendingin oli bekas yaitu sebesar 7,56 pada daerah

*base metal*, pada daerah HAZ sebesar 9,1 HRC dan pada daerah lasan atau *weld metal* sebesar 21,43 HRC. Pada penggunaan media pendingin air tawar diperoleh nilai rata-rata kekerasan pada daerah *base metal* sebesar 7,56 HRC, pada daerah HAZ sebesar 9,3 HRC dan pada daerah lasan atau *weld metal* sebesar 22,73 HRC. Sedangkan nilai rata-rata kekerasan pada penggunaan media pendingin air *coolant* yaitu pada daerah *base metal* sebesar 8,58 HRC, pada daerah HAZ sebesar 9,83 HRC dan pada daerah lasan atau *weld metal* sebesar 29,7 HRC. Disini terlihat bahwa spesimen yang memiliki nilai kekerasan tertinggi ada pada media pendingin air *coolant* dengan nilai kekerasan pada daerah lasan sebesar 29,7 HRC.

Berdasarkan hasil penelitian untuk nilai pengujian tarik diambil dari hasil konversi nilai kekerasan pada pengujian *rockwell*. Untuk nilai pengujian tarik tanpa media pendingin didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 572 N/mm<sup>2</sup>. Pada penggunaan media pendingin oli bekas didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 785 N/mm<sup>2</sup>. Nilai kekuatan tarik pada media pendingin air tawar yaitu sebesar 810 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik pada penggunaan media pendingin air *coolant* didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 965 N/mm<sup>2</sup>.

Hasil pengujian struktur mikro dengan media pendingin air *coolant* yang terbentuk adalah fasa ferit, perlit dan martensit. Pendinginan secara cepat sehingga ferit yang bertransformasi menjadi martensit. Hal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada spesimen dengan media pendingin air *coolant* cukup tinggi dan bersifat getas. Untuk struktur mikro pada spesimen tanpa media pendingin yang terbentuk adalah perlit dan ferit. Untuk spesimen dengan media pendingin oli bekas yang terbentuk adalah perlit dan ferit. Dan spesimen dengan media pendingin air tawar yang terbentuk adalah perlit dan ferit.

## DAFTAR RUJUKAN

- Azwinur, A. Jannifar, M. Yudi, & Zulkifli. (2020). "Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Hasil Pengelasan Material AISI 1050 Pada Proses Las MAG The Effect of Cooling Media on the Hardness and Toughness of AISI 1050 Material in the MAG Welding Process." *JURNAL POLIMESIN* 18(2):124-30.
- Callister, William D., & Wiley J. (2007). *Materials Science and Engineering: An Introduction 7th Edition*. seventh. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Felani, Nur, F., Kosjoko, & Finali., A. (2017). "Uji Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Stainless Steel Aisi 304 Menggunakan Las Tig (Tungsten Inert Gas) Dan Las Mig (Metal Inert Gas) Dengan Variasi Media Pendingin." *J-Proteksion* 1(2):13-16.
- Firmansyah, Wahyu, Suryanto., H., & Solichin. (2017). "Pengaruh Variasi Penekanan Pengelasan Titik Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Dissimilar Baja Tahan Karat Aisi 304 Dengan Baja Karbon Rendah St 41." *JURNAL TEKNIK MESIN* 24(2):1-8.
- Haris, Radifan, & Widodo., B. (2021). "Analisa Pengaruh Media Pendingin Menggunakan Oli Sae 10 , Sae 40 , Dan Sae 90 Dari Hasil Pengelasan Metal Inert Gas ( MIG ) Pada Material Baja AISI 1045." *JURNAL MESIN MATERIAL MANUFAKTUR DAN ENERGI* 2(1):26-30.
- Kurniawan, Hosea, Wibawa., A., B., S., & Budiarto., U. (2020). "Pengaruh Media Pendingin Air Tawar , Air Coolant , Dan Udara Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Sambungan Las MIG (Metal Inert Gas) Dan MAG (Metal Active Gas) Aluminium 6061." *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN* 8(4):579-87.
- Maxwell, Pradolun, Budiarto., U., & Sarjito., J (2018). "Analisa Kekuatan Tarik, Tekuk, Dan Mikrografi Baja St 42 Akibat Pengelasan FCAW (Fluc-Cored Arc Welding) Dengan

Variasi Posisi Pengelasan." *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN* 6(4):6-24.

Permana, A., W., Anjani., R., D., & Gusniar., I., N. (2020). "Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Heat Treatment Metode Hardening- Tempering Material Baja S45C Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro." *Jurnal Rekayasa Mesin* 15(3):199-206.

Prakoso, Dion. (2018). "Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Sudut Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Material St 42 Pada Proses Pengelasan GTAW." *Simki-Techsain* 02:1-10.

Prayogi, Agung, & Suhardiman. (2019). "Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah." *Jurnal Polimesin* 17(2):29-37.