

## Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin pada Proses *Heat Treatment* Metode *Hardening-Tempering* Material Baja S45C terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro

Aldi Wahyu Permana\*, Ratna Dewi Anjani, Iwan Nugraha Gusniar

Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang,

Jl. HS. Ronggo Waluyo No.70, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Kabupaten.Karawang, JawaBarat 41361

\*E-mail: aldi.wahyu15011@student.unsika.ac.id

Diterima: 03-10-2020; Direvisi: 05-12-2020; Dipublikasi: 28-12-2020

### Abstrak

Dalam kehidupan sehari-hari manusia selalu berdampingan dengan peralatan dan teknologi sebagai penunjang kehidupan, banyak peralatan dan teknologi yang dibuat dari bahan logam contohnya seperti poros roda pada sepeda motor. Tentunya logam yang diperlukan harus memiliki karakteristik masing-masing. Contohnya dalam hal kekerasan pada logam. Kekerasan pada logam dapat ditingkatkan dengan beberapa cara. Salah satunya dengan proses *hardening*. Proses ini merupakan proses perlakuan panas pada logam dengan cara dipanaskan kemudian didinginkan dengan suhu tertentu. Di pasar tradisional banyak limbah air kelapa parut yang tidak dimanfaatkan dan bisa digunakan untuk salah satu media pendingin diproses *hardening*. Maka dari itu penulis akan memanfaatkan hasil limbah air kelapa parut ini sebagai salah satu media pendingin proses *hardening*. peneliti meneliti terkait pengaruh variasi media pendingin proses *heat treatment* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dengan tiga variasi pendingin, air garam, air kelapa, dan air radiator. Temperatur 865°C untuk proses *hardening* dan 465°C untuk proses *tempering*. kegiatan penelitian meliputi uji kekerasan dan struktur mikro. Dari hasil penelitian menunjukkan media pendingin air garam proses *hardening* memiliki nilai kekerasan tertinggi 275,6Hv sedangkan kekerasan terendah didapatkan pada media pendingin air kelapa yang telah melakukan proses *tempering* dengan kekerasan 219,3Hv. Hal ini dipengaruhi oleh SOQ (*Severity Of Quenching*) atau disebut kemampuan media pendingin, untuk air garam SOQ nilainya 5,0 dan untuk air kelapa di bawah 2,055. Sementara itu untuk struktur mikro dapat diketahui media pendinginan air garam proses *hardening* memiliki struktur yang lebih halus dibandingkan dengan spesimen pendinginan yang lainnya. Sementara pada proses *tempering*, *martensit* berubah menjadi *ferrite sementite* yang lebih halus dengan hasil kekerasan 269,3Hv.

**Kata Kunci :** *Hardening*, Media Pendingin, Struktur Mikro, *Tempering*.

### Abstract

*In daily life, human always need every tools and technologies. Many tools and technologies are made by metal. Example shaft on motorcycle. Of course metal which needed, must have their characteristics. For example in their hardness. Metal hardness can improve with many step. One of them is the hardening process. This process is a process of heat treatment of metal by heating and then cooling it to a certain temperature. In traditional markets, a lot of grated coconut water waste is not utilized and can be used as a hardening cooling medium. Therefore, the authors will use the results of this shredded coconut waste as a cooling medium for the hardening process. Researchers the effect of examine variations in the cooling process media of the heat treatment process on the mechanical properties and microstructure with three variations of cooling, salt water, coconut water, and radiator coolant. Temperature 865 C for hardening process and 465 C for tempering process. research activities including the hardness and micro structure testing. The results show that the hardening process brine cooling medium with the highest hardness value was 275.6Hv while the lowest hardness was found in the coconut water cooling medium which had carry out the tempering process with a hardness of 219.3Hv. This is recognized by SOQ (Severity Of Quenching) or the so-called cooling media capability, for SOQ brine the value is 5.0 and for coconut water is below 2.055. Meanwhile, for the microstructure, it can be seen that the hardening process brine cooling medium has a better structure than the other cooling specimens. Meanwhile, in the tempering process, the martensite turned into better cementite ferrite with a hardness of 269.3Hv.*

**Keywords:** *Hardening*, *Quenching*, *Microstructure*, *Tempering*.

### 1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari manusia selalu berdampingan dengan peralatan dan teknologi sebagai penunjang kehidupan, banyak peralatan dan teknologi yang dibuat dari bahan logam, contohnya seperti poros roda pada sepeda motor yang memerlukan proses *heattreatment* agar poros tersebut lebih kuat dan tahan lama. Oleh karena itu produksi

perusahaan yang berhubungan dengan logam setiap harinya meningkat. Tentunya logam yang diperlukan harus memiliki karakteristik masing-masing. Contohnya dalam hal kekerasan pada logam. Kekerasan pada logam dapat ditingkatkan dengan beberapa cara. Salah satunya dengan proses *hardening*. Proses ini merupakan proses perlakuan panas pada logam dengan cara dipanaskan kemudian didinginkan dengan suhu tertentu.

Proses *hardening* ini adalah dengan memberikan sifat keras pada logam itu sendiri. Menurut [7] Proses *hardening* berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa mengubah komposisi kimia secara keseluruhan. Menurut [2] Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan bahan terhadap penetrasi pada permukaannya. Beberapa kasus, proses *hardening* banyak dilakukan pada material baja. Dimana pada material baja, memiliki sifat *hardenability* [12], dengan adanya sifat ini pada material baja dapat dikeraskan dengan pembentukan *martensite*. Pembentukan ini didasari pada proses pergeseran atom yang melibatkan penyusutan pada struktur kristal.

Dalam proses *hardening* ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan, antara lain : temperatur, waktu dan laju pendinginan [5]. Laju pendinginan dihasilkan oleh media pendingin yang digunakan dalam suatu proses pendinginan secara cepat yang disebut juga dengan proses *quenching*. Proses ini menggunakan beberapa media dalam mendinginkan baja dengan suhu tinggi. Pada tahap *quenching* akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution*) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang [9]. Media dalam proses *quenching* juga berbeda beda, seperti air, oli bensin dan sebagainya yang dapat menghasilkan kekerasan maksimal dari transformasi struktur *austenite* pada suhu tinggi menjadi struktur *martensit* tanpa terjadi pembentukan struktur *perlite* atau *bainite* [15]. untuk pendinginan yang cepat biasanya digunakan air garam, soda api yang dimasukkan ke dalam air [1].

Dalam industri rumahan banyak ditemukan industri penjualan kelapa parut, dari kelapa parut tersebut hanya diambil daging kelapanya saja, tetapi airnya sendiri tidak digunakan dan dibuang begitu saja oleh penjualnya. air kelapa ini bisa digunakan untuk salah satu media pendingin di proses *hardening*. Maka dari itu penulis akan memanfaatkan hasil limbah air kelapa parut ini sebagai media pendingin proses *hardening*.

Air kelapa memiliki kandungan elektrolit lebih besar dari air putih biasa yang menyebabkan air tersebut sulit membeku atau mendidih [8]. Air Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Larutan garam mampu mengurangi pengaruh buruk proses pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam. Pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam dapat menyebabkan distorsi/perubahan bentuk dan retak [14]. Penggunaan Air radiator sebagai media pendingin dikarenakan radiator *coolant* mengandung *ethylene glycol* dan *additive* yang berguna menaikkan titik didih dan mencegah terjadinya korosi [3].

Tujuan penelitian ini untuk pemanfaatan limbah air kelapa yang tidak digunakan dan Mendapatkan parameter nilai kekerasan tertinggi dan terendah dari proses *hardening-tempering* dengan media pendingin yang berbeda Serta mendapatkan gambar struktur mikro dari proses tersebut.

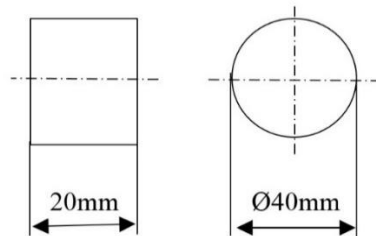
## 2. Material dan Metodologi

### 2.1. Material

Material yang digunakan adalah baja karbon S45C. Menurut [13] baja S45C adalah baja yang mempunyai kadar karbon sekitar 0,51%, dan tergolong baja karbon menengah. Dengan ukuran diameter 40mm x 20mm dan dengan komposisi Karbon (C) 0,44%, Silikon (Si) 0,25%, Mangan (Mn) 0,71%, Fosforus (P) 0,012%, Tembaga (S) 0,003%, Kromium (Cr) 0,11%, Nikel (Ni) 0,02%, Tembaga (Cu) 0,01%. Lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

**Tabel 1.** Komposisi Material Baja S45C

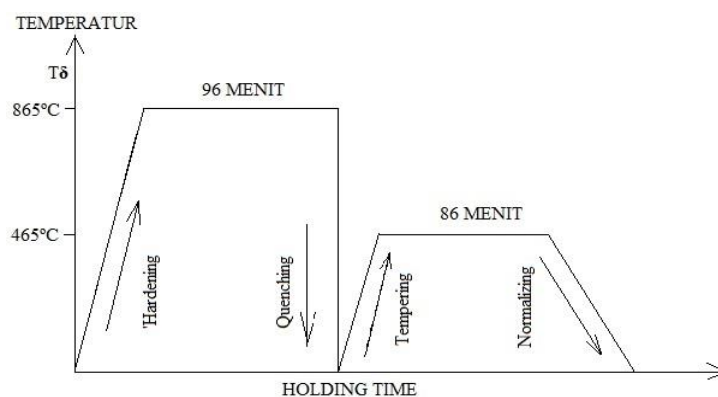
Komposisi %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
	0,44	0,25	0,71	0,012	0,003	0,11	0,02	0,01



**Gambar 1.** Gambar teknik material yang digunakan

## 2.2. Metodologi

Material baja S45C dilakukan proses *heattreatment* metode *hardening* dengan temperatur 865C dengan penahanan waktu pemanasain (*holding time*) 96 Menit di dalam tungku pemanas *muffle furnace*. Kemudian material dilakukan proses *quenching* dengan media air garam, air kelapa dan air radiator secara cepat dan didinginkan dengan temperatur suhu ruang. Lalu sebagian material di masukan kembali ke dalam tungku pemanas *muffle furnace* untuk dilakukan proses *tempering* dengan suhu 465°C dengan penahanan waktu pemanasan (*holding time*) 86 Menit dan didinginkan dengan temperatur suhu ruang. *Holding time* dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum [4].



**Gambar 2.** Diagram pemanasan dan pendinginan proses *heattreatment*

Setelah melakukan *heattreatment* kemudian material dilakukan proses pengujian uji kekerasan *vickers* dengan menggunakan standar ASTM E 92-82 (Reapproved 2003) dengan alat ZWICK NS:61029. uji kekerasan *vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk *geometri* berbentuk piramida [11]. Dan pengujian struktur mikro dengan menggunakan standar ASTM E 407-07 dengan alat Microscope BX53M.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kekeras dan uji struktur mikro dari baja hasil *hardening* dan *tempering* dengan media pendinginan air garam, air kelapa, dan air *coolant* radiator mendapatkan hasil uji sebagai berikut:

### 3.1. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan uji vickers pada spesimen material *hardening* suhu 865°C dan *tempering* pada suhu 465°C dengan media oli, air garam, dan air radiator. Pengujian dilakukan pada tiga titik, penekanan selama 15 detik, beban penekanan pada uji keras sebesar 1471 N, dan hasil nilai yang didapat merupakan HV. Uji keras yang digunakan menggunakan uji keras *Hadrnes Vickers* dengan menguji baja dari titik yang sudah ditentukan, berikut merupakan hasil dari uji keras *vickers*. Lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 di bawah ini:

**Tabel 2.** Hasil Uji Keras *Hardening* Baja S45C

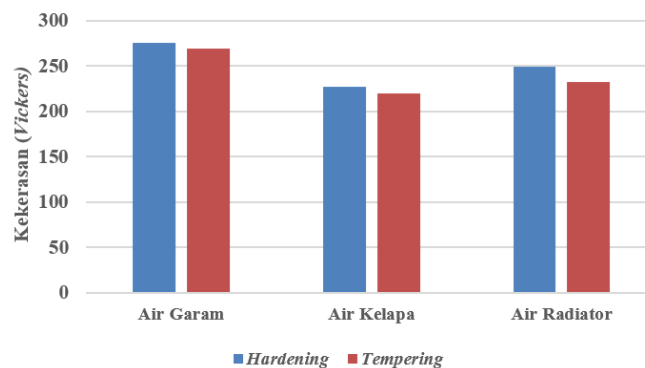
NO	Media Quenching Hardening Suhu 865C	Uji Kekerasan (Vickers) 10kgf/mm <sup>2</sup>			Rata-rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	Air Garam	279 HV	274 HV	274 HV	275,6 HV
2	Air Kelapa	232 HV	228 HV	222 HV	227,3 HV
3	Air Coolant Radiator	254 HV	249 HV	245 HV	249,3 HV

Pada Tabel 2 merupakan hasil uji kekeasan *hardening* pada suhu 865°C dengan media pendinin air garam, air kelapa, dan air *coolant* radiator. Pengujian di atas menggunakan uji *vickers* dengan 3 titik pengujian.

**Tabel 3.** Hasil Uji Keras *Tempering* Baja S45C

NO	Media Quenching Tempering Suhu 465C	Uji Kekerasan (Vickers) 10kgf/mm <sup>2</sup>			Rata-rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	Air Garam	264 HV	274 HV	270 HV	269,3 HV
2	Air Kelapa	215 HV	222 HV	221 HV	219,3 HV
3	Air Coolant Radiator	236 HV	232 HV	228 HV	232 HV

Pada Tabel 3 merupakan hasil uji kekerasan *vicker tempering* pada suhu 465°C dengan media pendinin air garam, air kelapa, dan air *coolant* radiator. Pengujian diatas menggunakan uji *vickers* dengan 3 titik pengujian. Pada tabel di atas akan dikonversikan kedalam grafik untuk menunjukkan perbandingan rata-rata dari hasil *hardening* dan *tempering* pada material baja S45C. dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 3 di bawah ini:



**Gambar 3.** Grafik perbandingan nilai rata-rata

Pada grafik di atas hasil uji kekerasan pada proses *hardening* dapat terlihat hasil tertinggi didapatkan oleh baja dengan pendinginan air garam memiliki nilai rata-rata 275,6HV sedangkan terendah oleh baja dengan media pendinginan air kelapa memiliki nilai rata-rata 227,3HV hal ini menunjukkan bahwa kemampuan media *quenching* (*Severity Of*

*Quenching*) air garam lebih kuat diantara air *coolant* radiator dan air kelapa. Sedangkan hasil uji kekerasan pada proses *tempering* dapat terlihat hasil tertinggi didapatkan oleh baja dengan pendinginan air garam memiliki nilai rata-rata 269,3Hv sedangkan terendah oleh baja dengan media pendinginan air kelapa memiliki nilai rata-rata 219,3Hv hal ini menunjukkan bahwa hasil kekerasan *tempering* memiliki penurunan kekerasan dari hasil *hardening*. Dan kemampuan media *quenching* (*Severity Of Quenching*) pada air garam tetap lebih keras dibandingkan dengan kedua media pendingin lainnya. Lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.

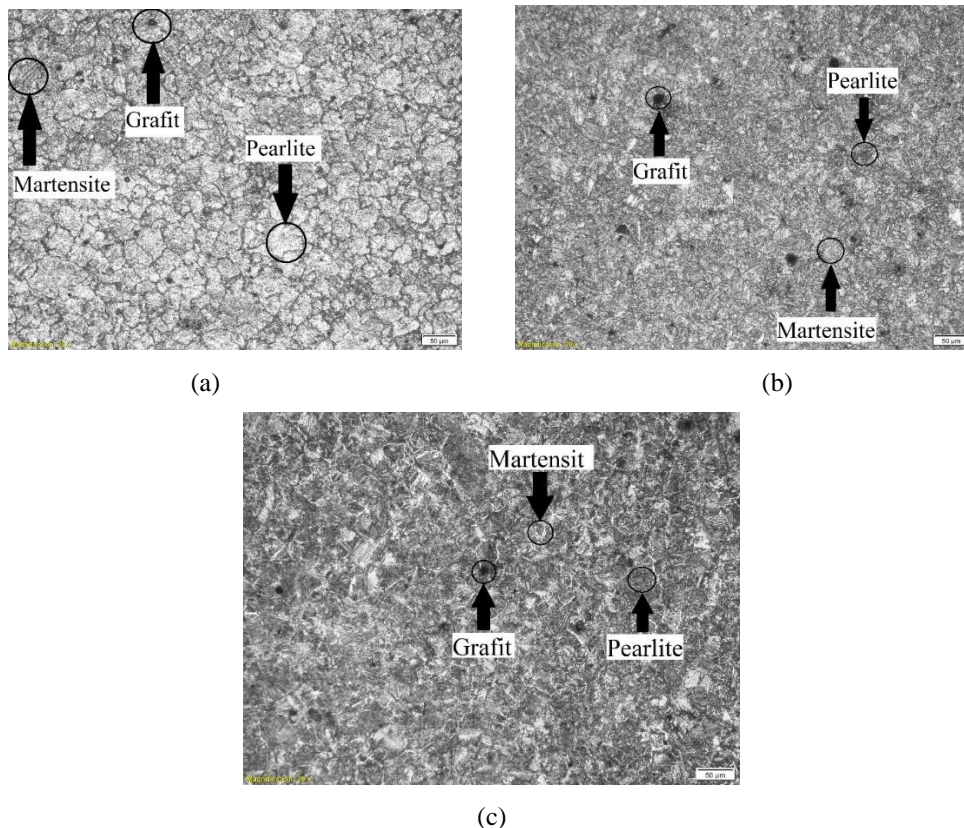
<b>"H" factors – coefficient of severity of quench</b>			
Agitation	Cooling medium		
	Oil	Water	Brine
None (20-bar N <sub>2</sub> )	0.25 – 0.30 (0.20)	0.9 – 1.0	2.0
Mild (20-bar He)	0.30 – 0.35 (0.35)	1.0 – 1.1	2.0 – 2.2
Moderate	0.35 – 0.40	1.2 – 1.3	
Good	0.4 – 0.5	1.4 – 1.5	
Strong (approx. 150 fps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

**Gambar 4.** *Severity Of Quench* [10]

### 3.2. Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro pada hasil penelitian ini diambil dengan menggunakan mikroskop optik. Bentuk penampang mikro dengan pembesaran 200 kali adalah sebagai berikut:

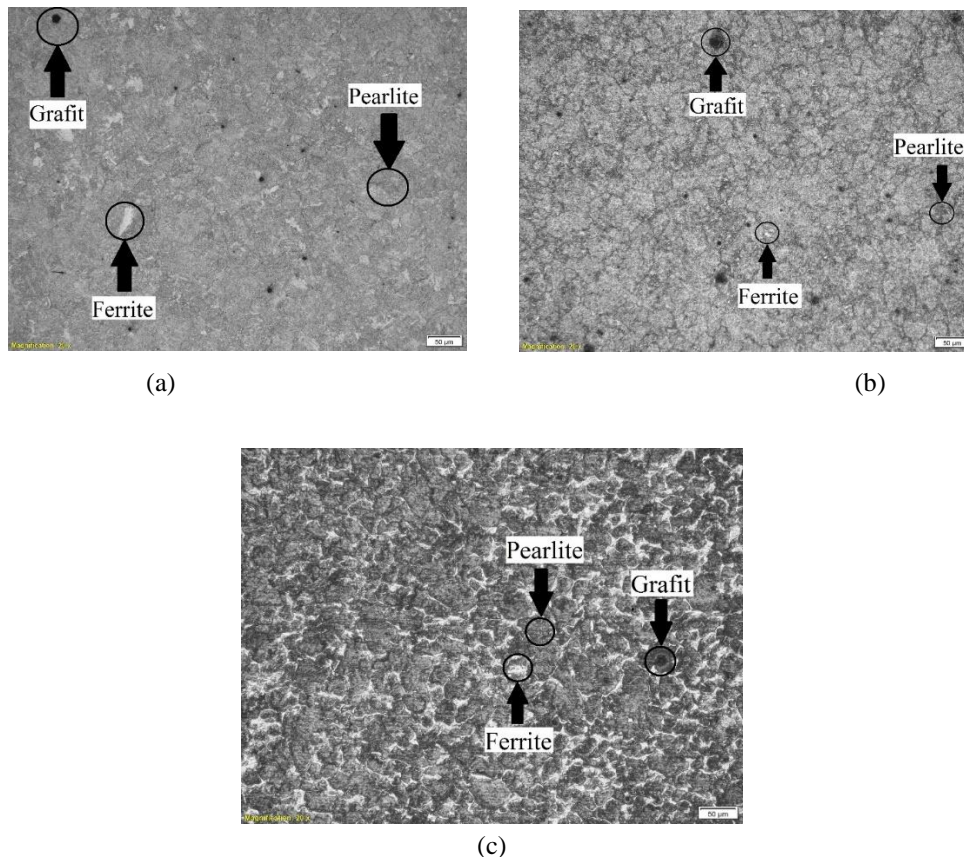
3.2.1. Hasil Pengujian Struktur Mikro *Hardening Quenching* dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 5 (a-c)



**Gambar 5.** (a) *Hardening Quenching* Air Garam, (b) *Hardening Quenching* Air Kelapa dan (c) *Hardening Quenching* Air Radiator

Pada Gambar 5 (a) *hardening quenching* air garam, terlihat memiliki permukaan material dengan batas butir berukuran cukup besar. Gambar 5(b) *hardening quenching* air kelapa, terdapat batas butir halus banyak, serta terlihat permukaan seperti serat. Gambar 5(c) *hardening quenching* air radiator, memiliki permukaan dengan batas butir kecil, dapat dilihat struktur yang didapat pada proses *hardening* yaitu *grafit*, *pearlite* dan *martensite* karna proses *quenching* / Pendinginan secara cepat mengakibatkan struktur *martensite* yang bersifat getas.

3.2.2. Hasil Pengujian Struktur Mikro *Tempering Quenching* dapat dilihat pada Gambar 6 (a-b)



**Gambar 6.** (a) *Tempering Quenching* Air Garam, (b) *Tempering Quenching* Air Kelapa dan (c) *Tempering Quenching* Air Radiator

Pada Gambar 6(a) *tempering quenching* air garam, terlihat permukaan sangat lembut dan halus. Gambar 6(b) *tempering quenching* air kelapa, terlihat permukaan lebih halus dari *hardening* air kelapa. Gambar 6(c) *tempering quenching* air radiator, terlihat banyak batas butir putih yang tebal. Dapat dilihat struktur yang didapat setelah di tempering yaitu struktur *pearlite*, *ferrite*, dan *grafit*. Proses ini mengubah *martensite* menjadi *ferrite*, dan *grafit* tetap ada karena menurut [6] *grafit* bulat diakibatkan oleh komposisi kimia pada kandungan baja S45C seperti: karbon, silikon, sulfur.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan hasil pembahasan tentang variasi media pendingin pada proses *heattreatment* metode *hardening-tempering* material baja s45c terhadap sifat mekanik dan struktur mikro telah mendapatkan beberapa kesimpulan. Ditinjau dari hasil uji kekerasan nilai kekerasan tertinggi didapat pada proses *hardening* pendinginan air garam dengan nilai kekerasan 275,6HV menunjukkan bahwa kemampuan media *quenching* (*Severity Of Quenching*) air garam lebih kuat diantara air *coolant* radiator dan air kelapa. Sedangkan nilai kekerasan terendah didapatkan didalam proses *tempering* hasil *hardening* pendinginan air kelapa dengan nilai kekerasan 219,3HV hal ini menunjukkan bahwa

hasil kekerasan *tempering* memiliki penurunan kekerasan dari hasil *hardening*. Dan kemampuan media *quenching* (*Severity Of Quenching*) pada air garam tetap lebih keras dibandingkan dengan kedua media pendingin lainnya. Karena air garam memiliki nilai SOQ tertinggi dengan nilai SOQ 5,0.

Ditinjau dari hasil uji struktur mikro pengaruh variasi media pendingin yang didapat dari hasil struktur mikro pada proses *hardening* pendinginan air garam memiliki kekerasan tertinggi serta memiliki struktur *martensite*, sedikit batas butir dan paling halus diantara spesimen lainnya. Sedangkan hasil struktur mikro pada proses *tempering* hasil *hardening* pendinginan air kelapa memiliki kekerasan terendah dan memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite* yang merata ke seluruh material. Setelah penelitian disimpulkan banyak kelebihan dan kekurangan dari setiap masing-masing media pendingin, media pendingin air garam memiliki kelebihan kekerasan paling tinggi dan mudah ditemukan, kekurangan media air garam memiliki laju pendinginan yang lambat. Media pendingin air kelapa memiliki kelebihan laju pendinginan yang cepat, dalam segi kekurangan air kelapa memiliki kekerasan paling rendah dibandingkan air garam dan air *coolant*. Media pendingin air *coolant* radiator memiliki kelebihan laju pendinginan yang cepat, dalam segi kelemahan laju pendinginan air *coolant* dibawah air kelapa.

#### Daftar Pustaka

- [1] Amanto, Hari. 1999. Ilmu Bahan. Jakarta: Bumi Angkasa
- [2] Sriati Djaprie.,1993., “Metalurgi Mekanik 1”, Jakarta, PT. Erlangga.
- [3] Yahya Abdul Matien (2016).“ Pengaruh Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Laju Korosi Pada Hardening Baja Karbon Sedang”. Semarang, Universitas Negi Semarang
- [4] Agus Pramono, (2011). “Karakteristik Mekanik Poses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai”. Cilegon <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jem/article/download/2346/1551>
- [5] Arief Murtiono, (2012). “Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Kekutan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit” Jurnal e-Dinamis, Volume II, ISSN 2338-1035. Sumatra Utara. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/edinamis/article/view/2635>
- [6] Athanasius P. Bayuseno, (2010). “Penambahan *Magnesium-Ferrosilikon* Pada Proses Pembuatan Besi Cor Grafit Bulat: Evaluasi Terhadap Peningkatan Sifat Mekanik dan Impak”. Semarang. <https://adoc.tips/penambahan-magnesium-ferrosilikon-pada-proses-pembuatan-besi.html>
- [7] Bahtiar, M. Iqbal, Supramono. 2014. “Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE40 Pada Proses *Quenching* dan *Tempering* Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah”. Jurnal Mekanikal 5(1):455-463 <http://simki.unpkediri.ac.id/detail/14.1.03.01.0145>.
- [8] Hendy Saputra., A. Syarif, Y. Maulana. 2014. Analisa Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam 3(2):91-98. [http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:6ArkKPK8r\\_kJ:scholar.google.com/&hl=id&as\\_sdt=0,5](http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:6ArkKPK8r_kJ:scholar.google.com/&hl=id&as_sdt=0,5)
- [9] Iman Saefuloh, (2018). “Studi Karakterisasi Sifat Mekanik Dan struktur Mikro Material Piston *Aluminium-Silikon Alloy*” Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. IV hal. 56 – 62. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/view/4010>
- [10] Jack Titus. 2016. <https://www.industrialheating.com/articles/92647-case-hardening-comparing-hpgq-oil-and-salt>
- [11] Magdalena Feby Kumayasari & Arif Indro Sultoni, (2017). Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri, VOL. 2, NO. 2, <http://ejournal.kemenperin.go.id/JTPII/issue/archive>

- [12] Rabiatul Adawiyah, (2015). “Pengaruh Beda Media Pendingin Pada Proses *Hardening* Terhadap Kekerasan Baja Pegas Daun”. Jurnal Poros Teknik Volume 7, No. 1. ISSN 2085-5761 (Print) ISSN 2442-7764 (Online) <https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/porosteknik/article/view/195>
- [13] Taufik Hidayat & Priyagung Hartono & Sujatmiko, (2017). “Analisa Pengaruh Suhu Pada Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Baja S45C Pada Proses *Hardening*”. <http://www.riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/706>
- [14] Yunaidi, 2016 <http://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/JMST/article/view/YUNAIID12>
- [15] Zulfiqar Andhika Suprayogi, Saufik Luthfianto, & Drajat Samyono. (2017) “Pengaruh Variasi Media *Quenching* Terhadap Sifat Mekanis Rantai *Elevator* buah Kelapa Sawit”. P-ISSN : 2303-3142 E-ISSN : 2548-8570 Vol. 6 <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JST/article/view/9396>