

**OPTIMALISASI SIFAT MEKANIK BAJA AISI 4340
DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN QUENCHING**Nani Mulyaningsih¹ dan Mufti Syafi'i²**ABSTRACT**

The shaft that is attached to the impeller on the multistage pump which is commonly used in the refining of sap sugar factory often gets damaged, one of which is because of its low mechanical properties. The material for the failed multistage pump shaft component is AISI 4340 (ASSAB 705 equivalent). Therefore, it is necessary to optimize the mechanical properties of a material that has an equivalent composition according to the standard heat treatment method. The heat treatment process used is quenching with a temperature of 860 °C, holding time 40 minutes and a variety of cooling media used in the form of brine, SAE 40 oil, and PDAM water. Then the mechanical properties testing was carried out, namely hardness testing and wear testing. The results of this research show that the cooling medium affects the mechanical properties of the material. Quenching using brine cooling media produces the highest hardness of 547.01 VHN and the lowest wear of 4.11152x10⁻⁹ mm² / kg. With the increase in mechanical properties, it can reduce damage to the shaft.

Keywords: AISI 4340 Steel, Quenching, Mechanical Properties

PENDAHULUAN

Poros yang dipasang impeller pada pompa multistaged yang biasa dipakai dibagian pemurnian nira pabrik gula sering mengalami kerusakan, salah satunya karena sifat mekaniknya rendah. Dimana pada poros tersebut merupakan produk lokal dan sering

^{1,2} Teknik Mesin Universitas Tidar, Indonesia

*Corresponding author:
nani_mulyaningsih@untidar.ac.id

mengalami keausan dan patah saat poros beroperasi selama 4 bulan. Berbeda dengan poros yang orisinil, yang mampu bertahan beroperasi selama 4 tahun. Material untuk komponen poros pompa multistage yang rusak tersebut adalah baja AISI 4340, yang setara dengan ASSAB 705. Menurut (Azhari, 2012), baja AISI 4340 merupakan baja paduan rendah martensitik yang mempunyai sifat kekuatan, keuletan dan ketangguhan yang cocok untuk komponen mesin, namun juga rentan terhadap kegetasan selama proses tempering dalam kisaran suhu tertentu.

Menurut (Anggoro, 2017) bahwa kekerasan bahan akan meningkat setelah mengalami quenching. Nilai kekerasan specimen semula sebesar 288 kg/mm². Setelah diquenching kekerasan specimen meningkat menjadi 551 kg/mm². Sedangkan (Zeyad Kadhim, 2016) yang meneliti tentang pengaruh media quenching pada sifat mekanis. Media quenching memiliki pengaruh yang besar pada kekuatan tarik dan nilai kekerasan. Dimana nilai tinggi untuk kuat tarik adalah (998.6N / mm²) dan kekerasan (360.4 Hv) untuk baja yang pendinginan dengan air dingin.

Adapun (Handoyo, 2015) meneliti tentang baja JIS S45C hasil Quenching dan Tempering dengan media pendingin air, oli. Kekerasan spesimen setelah di quenching dengan media pendingin oli memiliki kekerasan bagian atas 35,3 HRC dan bagian bawah 31,6 HRC. Sedangkan pada specimen yang diquenching dengan media pendingin air kekerasannya naik, yaitu bagian atas 43,5 HRC dan bagian bawah 37,5 HRC.

Selain itu menurut (Gazhi, 2019) mengatakan bahwa optimalisasi sifat mekanik dari poros yang rusak tersebut perlu dilakukan dengan menggunakan perlakuan panas. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Gazhi, 2019), yang meneliti tentang analisis pengaruh variasi holding time dan temperatur tempering terhadap kekerasan baja AISI 4340 untuk komponen poros pompa sentrifugal multistage horizontal dengan metode kang dan lee equation didapatkan beberapa kekurangan antara lain sifat mekanik poros yang belum optimal akibat proses tempering dengan kekerasan yang dihasilkan sebesar 532HV dan keausan sebesar 0,0125 gr.

Oleh karena itu tujuan penelitian ini yaitu untuk mengoptimalkan sifat mekanik poros dengan material yang sama tetapi dengan metode yang berbeda yaitu quenching. Sehingga nantinya dapat mengurangi kerusakan akibat patah dan kurang tahan aus pada material tersebut. Material yang digunakan yaitu material sesuai standart baja AISI 4340 (setara ASSAB 705). Perlakuan panas yang diterapkan adalah quenching menggunakan

variasi media pendingin kemudian diamati dan dianalisa responnya dari segi sifat mekanik yaitu kekerasan dan keausan. Sedangkan media pendingin yang digunakan berupa air garam, oli SAE 40 dan air PDAM.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Tidar, Preparasi dilakukan dengan melakukan pemotongan terhadap baja AISI 4340 dengan diameter 28 mm yang dipotong dengan ketebalan 17 mm sebanyak 12 buah. Kemudian 9 diantaranya diberi perlakuan quenching dengan pemanasan dengan temperature 860⁰C , waktu penahanan 40 menit, lalu diquenching dengan variasi media pendingin yaitu air garam, oli SAE 40, air PDAM.

Pengujian diawali dengan preparasi permukaan spesimen yang mengacu pada ASTM E3-11 (ASTM E3, 2016), lalu dilakukan pengetsaan yang mengacu pada ASTM E407 (E-407, 2016). Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan dengan melakukan indentasi di tiga titik pada sampel material setelah dipreparasi maupun setelah diberi perlakuan panas untuk mengetahui tingkat kekerasan di permukaan material tersebut, Pengujian ini dilakukan dengan Vickers Hardness Tester di Laboratorium Bahan Universitas Tidar. Pengujian ini mengacu pada ASTM E92 (ASTM-E92, 1997).

Kemudian pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan mesin pin on disc di Laboratorium Bahan Universitas Gadjah Mada dengan memberikan beban tertentu pada spesimen. Sebelum diuji, spesimen diukur massanya. Setelah itu dilakukan uji pengausan pada wear track disc dengan menetapkan rpm yang dibutuhkan. Pengujian ini mengacu pada ASTM G99-03 (ASTM G99, 2006). Adapun tahapan penelitian ditunjukkan dengan diagram alir pada gambar 1.

Alat dan bahan penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Furnace
2. Alat uji kekerasan
3. Alat uji keausan
4. Pemotong logam.

Bahan yang digunakan :

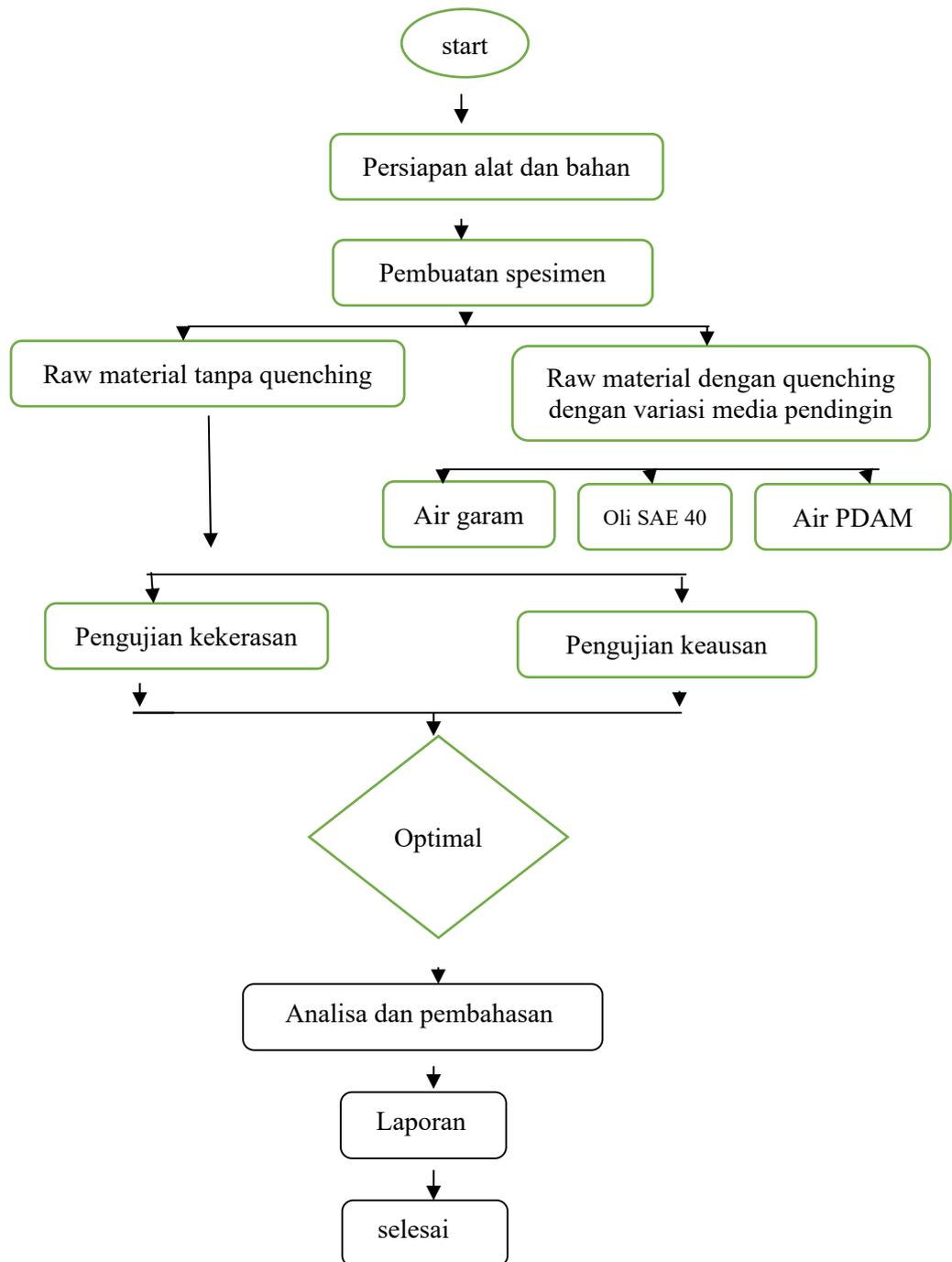
1. Baja AISI 4340
2. Air garam
3. Oli SAE 40
4. Air PDAM

Quenching

Quenching merupakan pendinginan secara cepat. Setelah dipanaskan kemudian didinginkan dengan media pendingin seperti oli, air atau media pendingin lainnya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kekerasan material baja. Oksidasi udara menjadi faktor penting yang dapat mempengaruhi proses *quenching* terhadap kekerasan baja. Oksigen dalam udara selain berpengaruh terhadap besi juga berpengaruh terhadap karbon terikat, sebagai sementit atau yang larut dalam *austenite*. Menghasilkan material yang optimal, jika selama transformasi seluruh fasa austenit dapat dikonversi ke fasa martensit. Pada umumnya baja yang telah mengalami proses *quenching* memiliki kekerasan yang tinggi merata dapat mencapai kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh (Handoyo, 2015).

Media *Quenching*

Pada proses *quenching*, media pendinginan sangat mempengaruhi sifat mekanik dan struktur logam. Untuk mencapai struktur *martensite* maka *austenite* yang terjadi harus didinginkan cukup cepat, setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis dari baja yang bersangkutan. (Zeyad Kadhim, 2016).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode Vickers. Data diambil 3 titik pada setiap spesimen uji. Kemudian dari tiga titik pengujian tersebut dihitung untuk mendapatkan nilai rata-rata dengan skala Vickers Hardness Number (VHN). Adapun foto specimen setelah dilakukan uji kekerasan seperti terlihat pada gambar 2.

Dari tabel 1 dan grafik 3. menunjukkan bahwa media quenching dapat mempengaruhi nilai kekerasan baja AISI 4340. Dimana peningkatan kekerasan maksimum terjadi pada media air garam dengan nilai rata-rata 517,51 VHN (naik 122,5 %) dibanding raw material, selanjutnya pada media pendinginan air PDAM yaitu sebesar 313,58 VHN (naik 121,6 %), dan peningkatan kekerasan yang paling kecil terjadi pada oli SAE 40 yaitu sebesar 96,47 VHN (naik 37,4 %). Dimana kekerasan baja AISI 4340 / raw material hanya sebesar 257,93 VHN.



Gambar 2. Specimen setelah diuji kekerasan

Hasil perhitungan tersebut disajikan pada tabel 1 dan gambar 1.

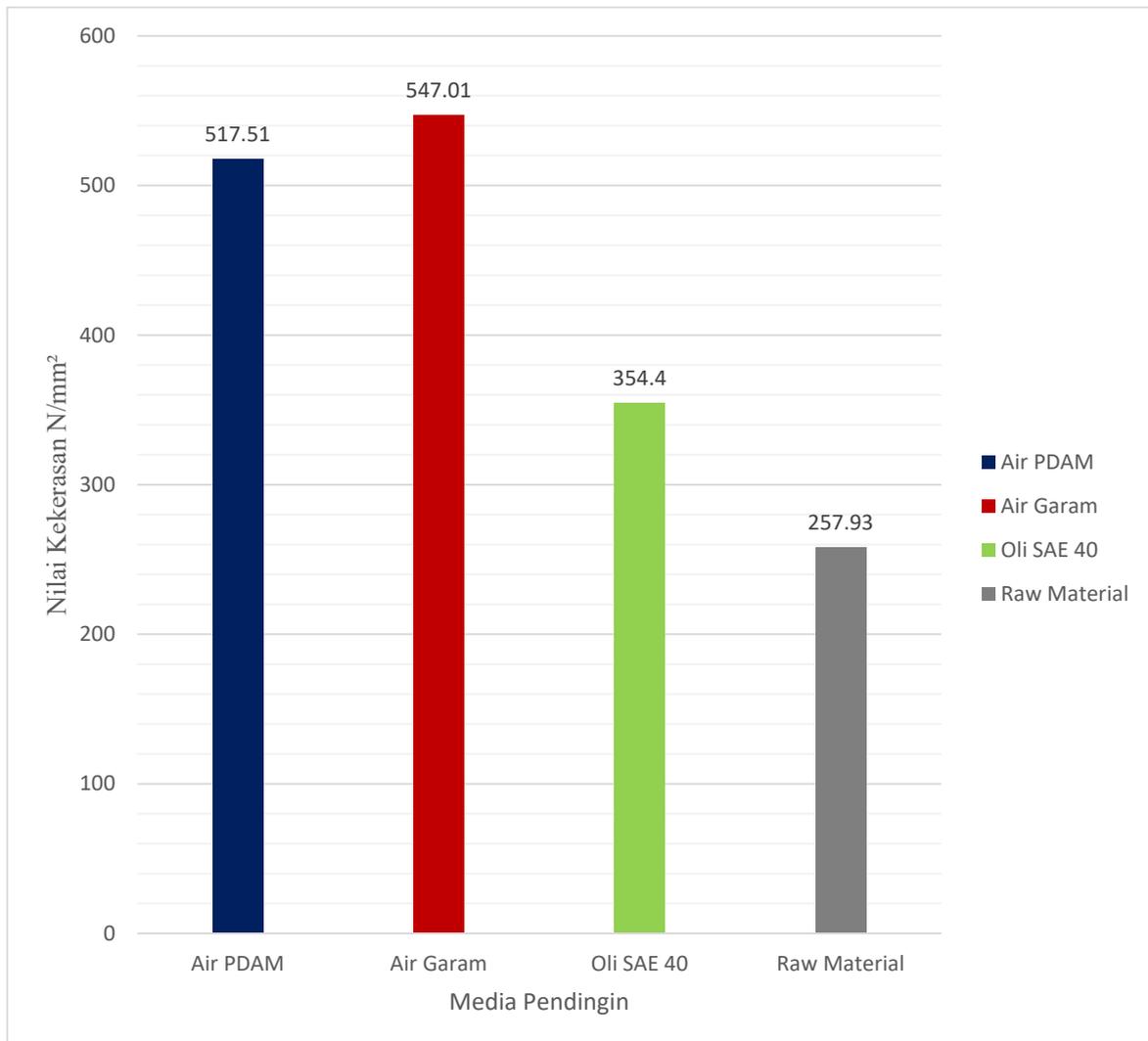
Tabel 1. Rata-Rata Kekerasan Tiap Variasi Media Pendingin.

No	Suhu	Media Pendingin	Kekerasan			Rata-rata Kekerasan (VHN)
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
1		Air PDAM	516,87	517,2	518,47	517,51
2	860 °C	Air Garam	545,63	547,6	547,8	547,01
3		Oli SAE 40	354,3	354,5	354,4	354,4
4		<i>Raw Material</i>	256,6	259,0	258,2	257,93

Peningkatan kekerasan tersebut terjadi akibat proses *quenching* berlangsung dengan cepat sehingga terjadi transformasi struktur austenite pada baja AISI 4340 ke struktur martensit dan tidak sempat mengalami difusi. Selain itu air garam memiliki nilai kekerasan paling tinggi, hal ini dapat terjadi karena media pendingin air garam memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Senyawa NaCl yang terdapat pada air garam mampu meningkatkan zat arang pada material saat proses *quenching* berlangsung.

Senyawa NaCl juga berperan untuk mengurangi efek negatif dari proses *quenching* yang tidak seragam. Apabila dalam proses pemanasan atau pendinginan cepat tidak seragam, material akan mengalami *distorsi* atau perubahan bentuk dan retak. Kandungan 15% NaCl dalam air garam memungkinkan air garam untuk memiliki massa jenis yang lebih besar dari pada media pendingin air PDAM dan oli SAE 40 akan tetapi memiliki kekentalan

(viskositas) yang rendah. Hal ini menyebabkan laju pendinginan *quenching* menjadi sangat cepat. Hal tersebut dikuatkan dengan pernyataan (Luthfianto, 2017) bahwa media pendingin yang memiliki nilai densitas yang tinggi, maka semakin cepat pula laju pendinginannya.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan

Analisis media air PDAM menjadi media pendingin yang paling keras setelah air garam karena air PDAM memiliki viskositas sama dengan air garam yaitu sebesar 1,01 Pa.s akan tetapi memiliki massa jenis lebih rendah dari pada air garam sehingga laju pendinginan *quenching* menjadi lebih lambat dari air garam. Penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Astrini, 2016) bahwa kekerasan suatu material hasil *quenching* dengan media air menghasilkan tingkat kekerasan lebih rendah dari air garam.

Analisis oli SAE 40 menjadi media pendingin dengan peningkatan kekerasannya paling rendah dikarenakan media pendingin ini memiliki *viscosity improver* atau nilai kekentalan lebih besar dari media air dan air garam sedangkan nilai densitas oli paling rendah dari air PDAM dan air garam yang menyebabkan laju pendinginan lebih lambat. Hal tersebut dikuatkan dengan penelitian (Luthfianto, 2017) bahwa semakin rendah viskositas media pendingin nilai kekerasan lebih besar dibandingkan dengan viskositas yang lebih tinggi. Oli/minyak merupakan salah satu media pendingin yang telah di tambah zat aditif dan secara umum oli/minyak mempunyai laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan air atau air garam.

Hasil Uji Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan cara masing-masing sampel pada pengujian keausan diberi 3 titik uji dengan beban 6,36 kg kemudian diambil rata-rata untuk setiap sampel dan variasi media pendingin. Adapun foto specimen setelah diuji keausan seperti ditunjukkan pada gambar 4. Kemudian hasilnya seperti terlihat dalam grafik pada gambar 5.

Berdasarkan hasil uji keausan, media quenching berpengaruh terhadap keausan spesifik baja AISI 4340. Secara umum, nilai keausan spesifik menurun setelah specimen baja AISI 4340 diquenching dengan berbagai variasi media pendingin. Dari gambar 5 terlihat bahwa specimen *raw material* baja AISI 4340 memiliki keausan spesifik rata-rata sebesar $6,31495 \times 10^{-9}$ mm²/kg. Keausan spesifik paling rendah terjadi pada specimen baja AISI 4340 setelah diquenching dengan media pendingin air garam, sebesar $4,11152 \times 10^{-9}$ mm²/kg (turun 34,89 %), selanjutnya pada media pendinginan air PDAM sebesar $1,80861 \times 10^{-9}$ mm²/kg (turun 28,64 %), dan kemudian media oli SAE 40 yaitu sebesar $1,00651 \times 10^{-9}$ mm²/kg (turun 15,94 %).

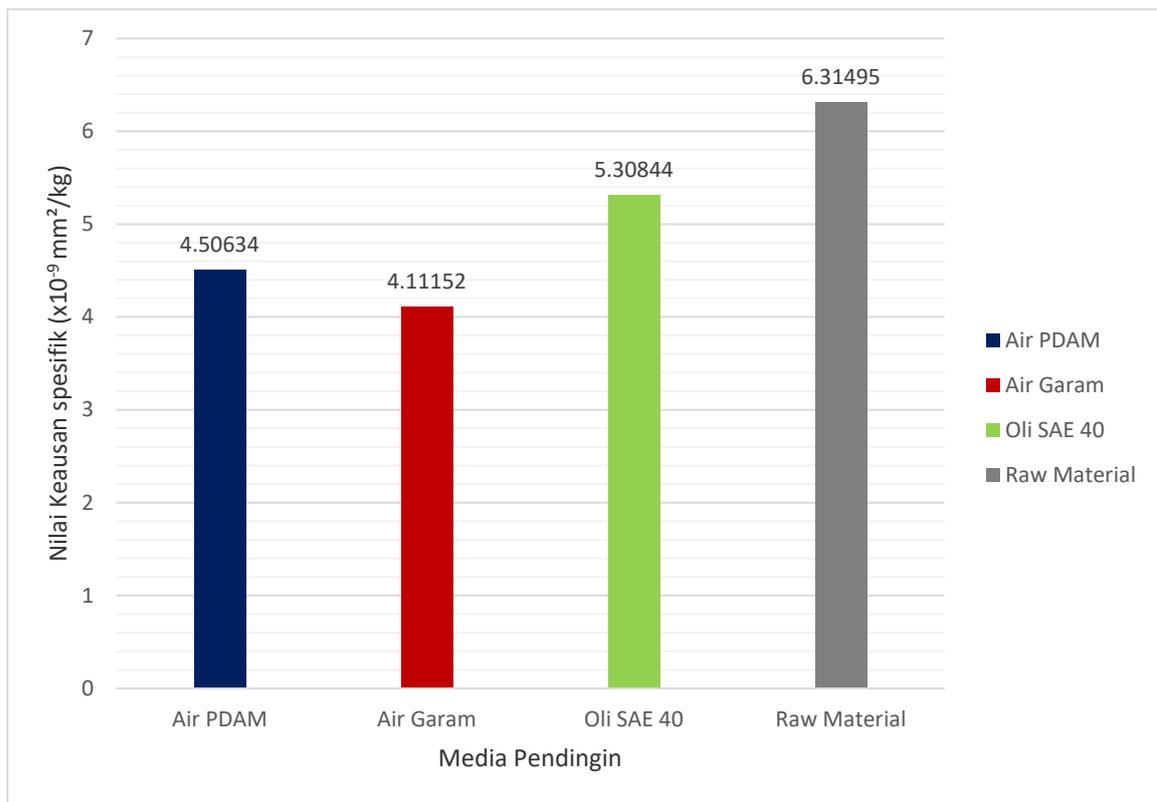
Hal tersebut terjadi karena air garam memiliki senyawa NaCl yang mampu mempercepat dan membuat laju pendinginan dapat berlangsung secara teratur. Senyawa NaCl juga mampu meningkatkan zat arang yang membuat baja AISI 4340 memiliki keausan spesifik yang kecil. Hal tersebut tersebut sesuai dengan pernyataan (Luthfianto, 2017) bahwa bahan yang diinginkan dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda tersebut akan meningkat zat arang.



Gambar 4. Foto Spesimen Setelah Diuji Keausan

Akibat pendinginan yang teratur dan cepat, fasa yang terbentuk terbentuk selama proses *quenching* adalah fasa martensit sebagian terdapat ferit dan perlit. Hal ini mengakibatkan nilai kekerasan pada baja mengalami peningkatan sehingga keausan spesifik yang didapatkan menjadi turun.

Nilai keausan spesifik paling besar terjadi pada *raw material* karena fasa yang terbentuk adalah perlit dan ferit halus sehingga variable ini cenderung lebih lunak dan memiliki keausan spesifik paling besar atau dapat dikatakan ketahanan aus *raw material* paling buruk dari pada material hasil *quenching*. Analisis diatas diperkuat (Balkhaya, 2019) yang menyatakan bahwa sifat kekerasan mempengaruhi ketahanan aus dari suatu bahan, bahan yang memiliki nilai kekerasan lebih tinggi akan memiliki keausan spesifik yang lebih rendah.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Media Pendingin Terhadap Keausan Spesifik

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan sifat mekanik baja AISI 4340 setelah diquenching dengan berbagai variasi media pendingin. Hasil pengujian kekerasan, uji keausan mencapai peningkatan optimum pada media pendingin air garam yaitu sebesar 517,51 VHN dan $4,11152 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, S. (2017). Pengaruh Perlakuan Panas Quenching dan Tempering terhadap Laju Korosi pada Baja AISI 420. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 1(2), 19. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v1i2.257>

- ASTM-E92. (1997). Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials. *ASTM International*, 82(Reapproved), 1–10.
- ASTM E3. (2016). Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. *ASTM International*, 82(C), 1–15. Retrieved from <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E140%0Ahttp://www.astm.org/Standards/E8.htm>
- ASTM G99. (2006). G99, Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus. *ASTM International, West Conshohocken, PA*, (Reapproved).
- Astrini. (2016). Pengaruh Heat Treatment dengan Variasi Media Quenching Air dan Oli terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 4(02), 195–200.
- Azhari, A. (2012). Pengaruh Proses Tempering dan Proses Pengerolan Di bawah dan Di atas Temperatur Rekristalisasi pada baja karbon Sedang Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Serta Struktur Mikro untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 10–22.
- Balkhaya. (2019). Investigation of knife quality by using forging and flame hardening methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 506(1), 4–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/506/1/012004>
- E-407, A. (2016). Standard Practice for Microetching Metals and Alloys ASTM E-407, 07(Reapproved 2015), 1–22. <https://doi.org/10.1520/E0407-07R15E01.2>
- Gazhi. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Holding Time dan AISI 4340 untuk Komponen Poros Pompa Sentrifugal Multistage Horizontal dengan Metode, 8(2).
- Handoyo, Y. (2015). Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma "45" Bekasi*, 3(2), 97782.
- Luthfianto. (2017). Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 6(1), 0–9. <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v6i1.9396>
- Zeyad Kadhim, A. D. (2016). Effect of Quenching Media on Mechanical Properties for Medium Carbon Steel. *Journal of Engineering Research and Application Www.Ijera.Com ISSN*, 6(85), 2248–962226.