

PEMANFAATAN LIMBAH *SEA WATER* DAN *ENGINE OIL* PADA INDUSTRI PETROKIMIA UNTUK PROSES QUENCHING PADA BAJA S45C

Tito Alfarizi ¹⁾, Hendra Setyawan ²⁾, Oldy Fahlovi ³⁾, Ganjar Kurnia⁴⁾, Nugroho Tri Atmoko⁵⁾

^{1,2,3,4)} Politeknik Industri Petrokimia Banten

⁵⁾ Politeknik Negeri Cilacap

Email : tito.alfarizi@poltek-petrokimia.ac.id ¹⁾, hendra.setyawan@ poltek-petrokimia.ac.id²⁾, oldy.fahlovi@poltek-petrokimia.ac.id³⁾, ganjar.kurnia@poltek-petrokimia.ac.id⁴⁾, nugroho.ta@pnc.ac.id⁵⁾

ABSTRAK

Studi tentang penggunaan baja karbon S45C pada industri manufaktur telah mengalami perkembangan yang pesat. Tidak hanya pemanfaatan pada komponen dan peralatan industri, namun upaya peningkatan sifat material melalui berbagai metode termasuk perlakuan panas juga semakin menarik bagi para peneliti. Penelitian tentang media *quenching* air laut (*sea water*) dan *engine oil* menjadi salah satu pilihan bagaimana peningkatan kekerasan material pada baja karbon S45C. Namun studi tentang potensi pemanfaatan media *quenching sea water* dan *engine oil* dari limbah industri belum banyak dilakukan. Pada penelitian ini pengaruh media *quenching* berupa limbah *sea water* dan *engine oil* terhadap perubahan kekerasan material pada baja karbon S45C. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan penggunaan media *sea water* dalam proses *quenching* memberikan hasil nilai kekerasan yang lebih tinggi yaitu sebesar HVN 754,10 pada bagian tepi material dibandingkan dengan media *quenching engine oil* yang memiliki kekerasan tepi sebesar HVN 320,97. Potensi pemanfaatan limbah pada industri petrokimia ini mendukung penerapan industri yang lebih berkelanjutan

Kata Kunci : Perlakuan panas, media *quenching*, uji kekerasan Vickers,

ABSTRACT

The study of S45C carbon steel utilization in the manufacturing industry has seen rapid development. Its application is not limited to industrial components and equipment but also extends to enhancing material properties through various methods, including heat treatment, which continues to attract research interest. The use of seawater and engine oil as quenching media has emerged as a potential approach to improve the hardness of S45C carbon steel. However, studies on the use of seawater and engine oil derived from industry waste as quenching media remain limited. This research investigates the effect of quenching media, specifically seawater waste and used engine oil, on the hardness variation of S45C carbon steel. The experimental results show that seawater quenching yields significantly higher hardness, reaching HVN 754.10 at the edge of the material, compared to engine oil quenching, which produces an edge hardness of HVN 320.97. The potential of waste utilization from the petrochemical industry supports the implementation of more sustainable industrial practices

Keywords: Heat treatment, quenching, Vickers hardness test

1. PENDAHULUAN

Baja karbon ST60 banyak digunakan dalam industri untuk komponen-komponen yang memerlukan kekuatan dan ketahanan aus tinggi, seperti poros, roda gigi, dan peralatan lainnya (Syaiyullah et al., 2021). Untuk meningkatkan sifat mekanik baja tersebut, perlakuan panas (*heat treatment*) menjadi salah satu metode yang umum diterapkan (Azis & Korespondensi, n.d.; Ikubanni et al., 2017; Nilai et al., n.d.; Sukarno et al., n.d.; Syahputra Purba et al., 2024; Tri Wibowo et al., 2020). Proses *quenching*, yaitu pendinginan cepat setelah pemanasan hingga suhu austenitisasi, berperan penting dalam menentukan struktur mikro dan, pada akhirnya, sifat mekanik material (Lee et al., n.d.).

Pemilihan media pendingin dalam proses *quenching* sangat mempengaruhi laju pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk. Media *quenching* seperti air tawar, air garam, dan oli telah banyak diteliti (Asyara & Syahrul, n.d.; Hari Priyambodo et al., 2023; Nilai et al., n.d.; Sukarno et al., n.d.; Tri Wibowo et al., 2020; Yuwita et al., 2024). Namun, penggunaan limbah *sea water* dan *engine oil* sebagai media *quenching* masih perlu dieksplorasi lebih lanjut, terutama dalam konteks limbah industri petrokimia di mana kedua media tersebut tersedia melimpah (Kim et al., 2016).

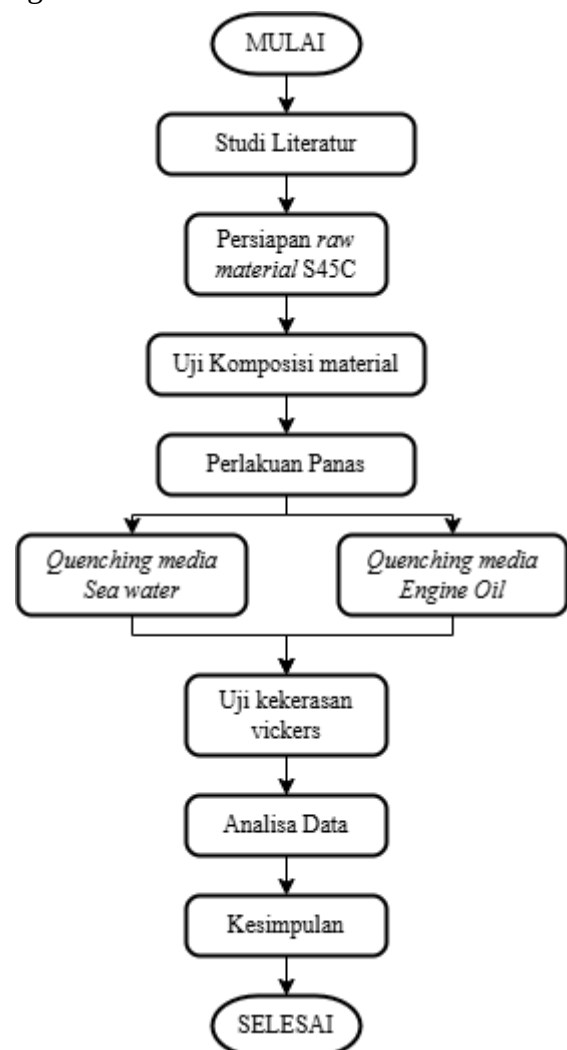
Pemanfaatan air laut pada industri Petrokimia telah dilakukan secara luas sebagai media pendingin dalam sistem *plate heat exchanger* (Kumar Sethi, 2017) karena ketersediaannya yang melimpah dan efisiensi transfer panas yang tinggi. Namun, kandungan ion klorida yang tinggi dalam air laut (*sea water*) menyebabkan korosi yang signifikan pada material seperti baja tahan karat (Arsenyeva et al., 2023).

Dalam hal potensi pemanfaatan kembali limbah *sea water* dan *engine oil* pada industri petrokimia sebagai media *quenching* tidak hanya pemanfaatan kembali (*reuse*) limbah industri tetapi juga berpotensi menjadi media alternatif untuk proses *quenching*. Studi ini dilakukan untuk mengeksplorasi pengaruh

media *quenching* menggunakan *sea water* dan *engine oil* terhadap kekerasan baja S45C (Hariyanto et al., n.d.; Son Minh et al., 2024; Suarsana et al., 2018) yang dapat dimanfaatkan dalam bidang manufaktur, guna mendukung penerapan industri yang lebih berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengevaluasi pengaruh media *quenching* terhadap kekerasan baja karbon S45C. Parameter yang ditetapkan dalam studi ini adalah temperatur pemanasan 900°C selama 30 menit, selanjutnya spesimen didinginkan menggunakan media pendingin berupa limbah *sea water* dan *engine oil* seperti pada gambar 1 berikut.



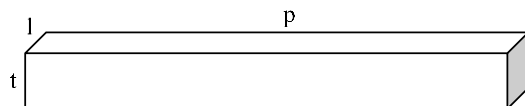
Gambar 1 Diagram alir penelitian

Raw material yang digunakan adalah baja karbon S45C. Validasi jenis *raw material* dilakukan dengan uji komposisi kimia terlebih dahulu dengan hasil seperti pada tabel 1

Tabel 1 Komposisi kimia *raw material* (%)

Unsur	Prosentase (%)
C	0,477
Si	0,227
Mn	0,508
S	0,11
Cr	0,338
Mo	0,016
Ni	0,28
Al	0,014
Fe	98,35

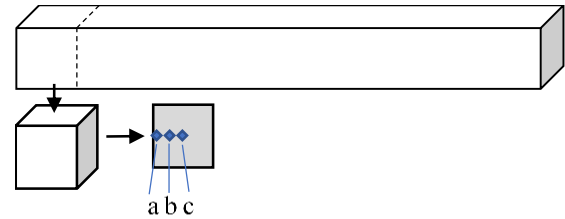
Raw material kemudian dipotong menjadi ukuran 12,7 mm × 12,7 mm × 100 mm seperti pada gambar 2 untuk selanjutnya dilakukan perlakuan panas pada temperatur 900°C dengan *holding time* selama 30 menit.



Gambar 2 Ukuran *raw material*

Setelah proses *heat treatment*, spesimen kemudian didinginkan secara cepat menggunakan media limbah *sea water* dan *engine oil*.

Pengujian kekerasan (*hardness testing*) dilakukan menggunakan *Vickers Hardness Tester* dengan gaya penekanan sebesar 9,8N dilakukan dari bagian tepi sampai tengah penampang spesimen. Persiapan pengujian kekerasan dilakukan dengan melakukan pemotongan. Pengujian kekerasan *vickers* dilakukan pada tiga titik seperti pada gambar 3 yaitu titik (a), (b), dan (c).



Gambar 2 Titik uji kekerasan material

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai hasil uji kekerasan yang diperoleh dari pengujian kekerasan *Vickers* didapatkan dari kalkulasi lebar bekas indenter *Vickers* menggunakan formula berikut:

$$HV = constant \times \frac{tets\ force\ F}{surface\ of\ the\ indentation} \quad (1)$$

$$HV = 0,1891 \frac{F}{d^2} \quad (2)$$

Diamana:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (3)$$

Keterangan:

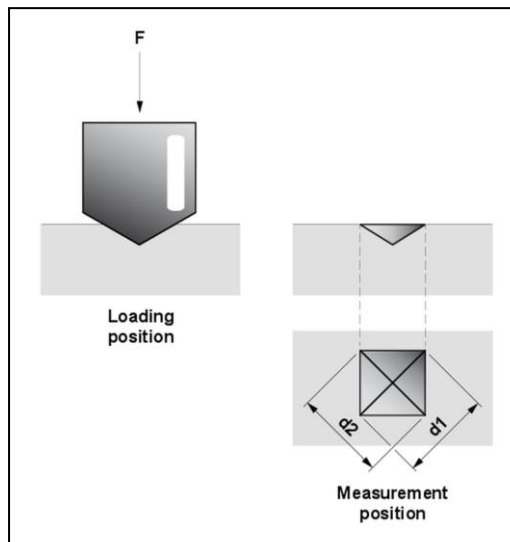
HV : nilai kekerasan Vickers

Constant x : nilai konstanta

Test force : gaya penekanan (N)

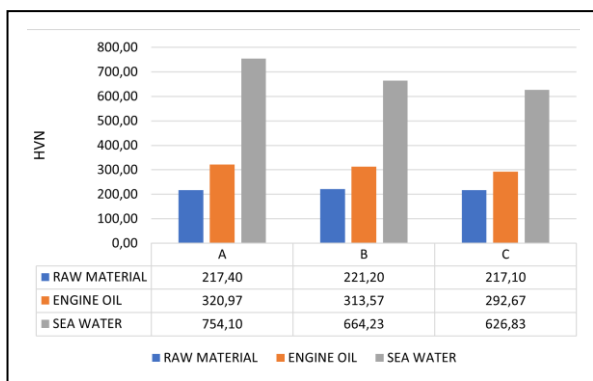
Surface of indentation : penampang bekas indenter

Indenter uji kekerasan vickers adalah ujung intan (*diamond*) berbentuk piramida dengan sudut ujung piramida sebesar 136°(Haryadi et al., 2021; Syaifullah et al., 2021). Indenter yang menekan spesimen dengan F sebesar 9,8N meninggalkan bekas yang dapat diukur, sehingga nilai d_1 dan d_2 diperoleh dari hasil pengukuran bekas indenter pada spesimen seperti pada gambar 3 berikut



Gambar 3 pengukuran hasil uji kekerasan Vickers

Hasil pengujian kekerasan material menggunakan Vickers Hardness Tester pada sisi penampang spesimen pada gambar 4 berikut.



Gambar 4 hasil uji kekerasan material

Peningkatan kekerasan yang signifikan ini terjadi akibat dari pendinginan secara cepat pada proses *quenching*. *Sea water* memiliki kandungan garam sehingga meningkatkan konduktivitas *thermal* dibandingkan oli, yang mengakibatkan proses pendinginan secara cepat (*rapid cooling*) pada specimen (Guo et al., 2023).

Kekerasan yang lebih tinggi pada bagian tepi spesimen sebesar HVN 754,10 dibandingkan bagian tengah spesimen sebesar HVN 626,83 pada proses *quenching*, bagian tepi yang langsung bersentuhan dengan media

pendingin *sea water* mengalami pendinginan tercepat.

Hal ini sejalan dengan fenomena *thermal conductivity lag* dan *temperature gradient* selama proses *quenching* (Prasetyo, 2022), yang telah melakukan studi bahwa perbedaan nilai kekerasan antara permukaan dan pusat spesimen dapat mencapai lebih dari 100 HVN tergantung pada jenis media pendingin dan ukuran spesimen.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Dengan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan media *sea water* dalam proses *quenching* memberikan hasil nilai kekerasan yang lebih tinggi yaitu sebesar HVN 754,10 pada bagian tepi material dibandingkan dengan media *quenching engine oil*.

Dengan hasil ini, potensi pemanfaatan limbah *sea water* pada industri Petrokimia untuk media *quenching* guna meningkatkan nilai kekerasan baja karbon S45C tidak hanya memberikan peningkatan signifikan pada nilai kekerasan material, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dalam proses manufaktur maupun sektor industri lain secara luas.

4.2. Saran

Untuk memberikan hasil dan gambaran yang lebih luas fenomena yang terjadi pada *quenching* menggunakan media limbah *sea water*, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruhnya terhadap struktur mikro, ketahanan terhadap korosi, maupun pengujian yang terkait perubahan *material properties* lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arsenyeva, O., Tovazhnyanskyy, L., Kapustenko, P., Klemeš, J. J., & Varbanov, P. S. (2023). Review of Developments in Plate Heat Exchanger Heat Transfer Enhancement for Single-Phase Applications in Process Industries. In *Energies* (Vol. 16, Issue 13). Multidisciplinary Digital Publishing

- Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/en16134976>
- Asyara, M. ', & Syahrul. (n.d.). *EFEK QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN YANG BERBEDA TERHADAP NILAI KEKERASAN PISAU BERBAHAN SUP 9*.
- Azis, A., & Korespondensi, P. (n.d.). Pengaruh variasi media pendingin terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada baja S45C. *PERWIRA JOURNAL OF SCIENCE & ENGINEERING*, 3(2), 46–51.
- Guo, Q., Deng, Y., & Ma, W. (2023). An experimental study on quenching of metallic spheres in seawater. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 148.
<https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2023.110990>
- Hari Priyambodo, B., Laili, R., & Ilmal Yaqin, R. (2023). Effect of cooling media on hardness and microstructural changes in S45C carbon steel during heat treatment process. *Disseminating Information on the Research of Mechanical Engineering-Jurnal Polimesin*, 21(3). <http://ejurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- Hariyanto, A., Mesin Produksi dan Perawatan, T., Teknik Mesin, J., Negeri Samarinda, P., & dan Perbaikam Mesin, P. (n.d.). *JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY (JAMERE) Pengaruh Temperatur Temperring Pada Proses Heat Treatment Baja ST 60 Dengan Media Pendingin Oli Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro*.
<https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE>
- Haryadi, G. D., Fredy Utomo, A., Made, I., & Ekaputra, W. (2021). Pengaruh Variasi Temperatur Quenching dan Media Pendingin terhadap Tingkat Kekerasan Baja AISI 1045. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 16, Issue 2).
<https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Ikubanni, P. P., Adediran, A. A., Adeleke, A. A., Ajao, K. R., & Agboola, O. O. (2017). Mechanical properties improvement evaluation of medium carbon steels quenched in different media. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 32, 1–10.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.32.1>
- Kim, M., Lee, J., & Yoon, J. (2016). Design and Analysis of Heat Exchanger Using Sea Water Heat Source for Cooling. *KIEAE Journal*, 16(3), 25–34.
<https://doi.org/10.12813/kieae.2016.16.3.025>
- Kumar Sethi, C. (2017). CFD Analysis on Effectiveness of a Plate Type Heat Exchanger Using Sea Water and Engine Oil. In *International Journal of Advanced Mechanical Engineering* (Vol. 12, Issue 1). <http://www.ripublication.com>
- Lee, S. G., Kaviany, M., & Lee, J. (n.d.). *Role of quenching method on cooling rate and microstructure of steels: Variations in coolant and its flow arrangement*.
<https://ssrn.com/abstract=3996055>
- Nilai, T., Basori, K., Akbar, A., & Pramesti, Y. S. (n.d.). *Pengaruh Quenching Baja St 60 dengan Media Hot Oil*.
- Son Minh, P., Nguyen, V. T., Nguyen, T. T., & Ho, N. (2024). Investigation of Surface Hardness and Microstructural Changes in S45C Carbon Steel Cylinders Through Arc Quenching. *Metals*, 14(12).
<https://doi.org/10.3390/met14121438>
- Suarsana, I. K., Santhiarsa, I. N., & Negara, D. P. (2018). Pengaruh Perlakuan Temperatur dan Media Pendinginan Terhadap Sifat Ketangguhan Baja AISI 3215. *Jurnal METTEK*, 4(1), 23.
<https://doi.org/10.24843/mettek.2018.v04.i01.p04>
- Sukarno, N. A., Azis, A., Budianti, S. I., Borromeus, C., Sampurno, K., & Korespondensi, P. (n.d.). Pengaruh proses quenching dengan variasi media pendingin terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja AISI 1045. *PERWIRA*

JOURNAL OF SCIENCE & ENGINEERING, 5(1), 140–144.

- Syahputra Purba, A., Khalifah, H., Abdurrahman Prasetyo, N., Fitria Pujo, N., Van Gunawan, L., & Negeri Batam, P. (2024). Perbandingan Perubahan Hardness Akibat Heat Treatment Pada Material AISI D2 Dengan Menggunakan Uji Rockwell. *JURNAL DEVICE*, 14, 189–193.
- Syaifullah, M., Subhan, M., & Juanda, J. (2021). Pengaruh Air Garam Sebagai Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Pada Proses Pengerasan Baja ST 60. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(8), 1555–1569.
<https://doi.org/10.46799/jsa.v2i8.292>
- Tri Wibowo, A., Kusairi Samlawi, A., Studi Teknik Mesin, P., Akhmad Yani Km, J., & Selatan, K. (2020). *PENGARUH PROSES QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI TERHADAP KEKERASAN BAJA DAN STRUKTUR MIKRO BAJA S45C*. 2. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot>
- 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. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 19, Issue 1). <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>