



Analisis Kekerasan pada *Press Cage* Setelah Perlakuan Panas Dengan Suhu 850^oc Quenching Dengan Oli Sae 40 Dan Air Laut

Rahmat Hidayat^{1*}, Erizal², Muhammad Halil³

¹⁻³Universitas Prof. Dr. Hazairin S,H, Indonesia

*Penulis Korespondensi: rh31051999@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the effect of heat treatment on the hardness level of ST 37 steel material used in the press cage component, particularly after quenching using two different cooling media: seawater and SAE 40 oil. The press cage is a crucial component in screw press machines that operates under high pressure and requires optimal mechanical strength, including sufficient material hardness. The research method involved heating the specimens at 850°C for 30 minutes, followed by quenching using each of the cooling media. Hardness testing was conducted using the Rockwell method at five test points on each specimen. The results showed that the untreated specimen had an average hardness value of 72.3 HRC. After heat treatment and quenching, hardness significantly increased, with an average value of 93.8 HRC for specimens cooled in seawater and 84.3 HRC for those cooled in SAE 40 oil. The highest hardness was achieved using seawater due to its rapid cooling rate, which promotes the formation of martensitic structures. In contrast, quenching with SAE 40 oil produced lower hardness results because of its slower heat dissipation process. These findings indicate that the type of cooling medium has a significant impact on the mechanical properties of the material after heat treatment.*

Keywords: *Heat Treatment; Quenching; SAE 40 Oil; Seawater; ST 37 Steel.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan panas terhadap tingkat kekerasan material baja ST 37 yang digunakan pada komponen press cage, khususnya setelah proses quenching dengan dua jenis media pendingin: air laut dan oli SAE 40. Press cage merupakan komponen penting dalam mesin screw press yang bekerja pada tekanan tinggi dan memerlukan ketahanan mekanik optimal, termasuk kekerasan material yang memadai. Metode penelitian meliputi pemanasan spesimen pada suhu 850°C selama 30 menit, dilanjutkan dengan proses quenching menggunakan masing-masing media pendingin. Uji kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell pada lima titik uji tiap spesimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen tanpa perlakuan memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 72,3 HRC. Setelah perlakuan panas dan quenching, kekerasan meningkat signifikan, dengan nilai rata-rata mencapai 93,8 HRC pada media air laut, dan 84,3 HRC pada media oli SAE 40. Peningkatan kekerasan tertinggi terjadi pada media air laut, disebabkan oleh pendinginan cepat yang memicu pembentukan struktur martensit. Sementara itu, pendinginan menggunakan oli SAE 40 memberikan hasil kekerasan yang lebih rendah karena proses pelepasan panas yang lebih lambat. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis media pendingin memiliki pengaruh besar terhadap perubahan sifat mekanik material setelah perlakuan panas.

Kata kunci: Air Laut; Baja ST 37; Oli SAE 40; Pendinginan; Perlakuan Panas.

1. LATAR BELAKANG

Dalam berbagai sektor industri manufaktur, salah satu komponen yang sangat penting dalam sistem mekanis adalah press cage suatu komponen krusial dalam mesin screw press. Bentuknya mirip kacamata dan dilengkapi dengan banyak lubang kecil yang berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan minyak yang telah diproses. Terbuat dari baja karbon dengan ketebalan 15 mm, press cage ini mampu menahan tekanan hingga 5060 bar. Selain itu, press cage diperkuat dengan pelat mild steel setebal 8 mm. Fungsi press cage mirip dengan saringan, karena ia memisahkan serat atau daging buah sawit dari cairan minyak yang dihasilkan.

Press cage menggunakan bahan Baja ST 37. Baja ST 37 adalah jenis material yang termasuk dalam kategori baja karbon rendah, dengan kandungan karbon kurang dari 0,30%.

Material ini memiliki kekuatan tarik yang mencapai 370 N/mm². Baja ST 37 mengandung berbagai unsur, antara lain: Karbon (C) sebesar 0,15%, Silikon (Si) 0,01%, Mangan (Mn) 0,6%, Sulfur (S) 0,0011%, dan Fosfor (P) sebesar 0,050% (Taruyun Hudeardo Sinaga et al., 2024).

Kekerasan dapat diartikan sebagai ukuran ketahanan suatu bahan terhadap deformasi akibat tekanan. Deformasi ini dapat melibatkan kombinasi perilaku elastis dan plastis. Ketika dua komponen bersinggungan dan bergerak saling mendekati, akan terjadi perubahan bentuk yang bersifat elastis dan plastis pada permukaan mereka. Perubahan elastis umumnya terjadi pada permukaan yang keras, sedangkan deformasi plastis lebih sering dialami oleh permukaan yang lebih lembut (Silaen, 2019).

Perlakuan panas merupakan proses di mana logam dipanaskan dan didinginkan dalam keadaan padat, dengan tujuan untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya (Munanda et al., 2022). Secara umum, proses perlakuan panas sering digunakan untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan pada logam atau paduan. Selain itu, perlakuan panas juga berfungsi untuk menghomogenisasi struktur mikro, memperbesar ukuran butir-butir, meningkatkan kekerasan, serta menambah keuletan pada baja,

Dalam penelitian ini, fokus utama adalah menganalisis kekerasan press cage setelah mengalami perlakuan panas pada suhu 850°C. Suhu ini dipilih untuk mencapai transformasi fasa yang diinginkan pada material baja yang biasanya digunakan untuk press cage. Proses pendinginan dilakukan dengan dua media berbeda, yaitu oli SAE 40 dan air laut. Oli SAE 40 adalah media pendinginan yang umum digunakan dan dikenal memberikan laju pendinginan yang moderat. Sementara itu, air laut memiliki karakteristik pendinginan yang lebih cepat serta mengandung garam, yang dapat mempengaruhi proses pendinginan dan berpotensi menimbulkan korosi pada permukaan.

Dengan rumusan masalah, Bagaimana pengaruh perbedaan media pendingin, yaitu oli SAE 40 dan air laut, terhadap tingkat kekerasan press cage setelah proses quenching?, Bagaimana perbandingan kekerasan awal pada press cage sebelum dan setelah proses pemanasan pada suhu 850°C?, Bagaimana mengetahui tingkat kekerasan pada press cage menggunakan.

2. KAJIAN TEORITIS

Press Cage

Press silinder, atau yang sering disebut sebagai *press cage*, terbuat dari plat baja yang diperkuat dengan tulangan plat mild steel setebal 8 mm. Bentuknya menyerupai kacaamata, di mana bagian tengahnya terhubung. Alat ini juga berfungsi sebagai saringan, yang memisahkan

serabut daging buah sawit dari cairan minyak yang telah dipress. Press silinder ini dilengkapi dengan banyak lubang berdiameter bervariasi, umumnya antara 4 hingga 6 mm. Penahan press silinder, yang sering disebut kaca mata, terbuat dari baja dengan ketebalan 15 mm dan didukung oleh sejumlah baut yang dirancang untuk menopang tekanan antara 5000 hingga 6000 kPa (Area, 2024).

Baja St 37

Baja St 37 merupakan jenis baja yang memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 37 Kg/mm². Proses pembuatannya menggunakan metode Thomas dan Martin. Dalam proses Thomas, lapisan dinding bagian dalam terbuat dari bahan tahan api biasa atau dolomite, yang terdiri dari kalsium karbonat dan magnesium. Baja ini diolah dari besi kasar putih yang mengandung fosfor (P) antara 1,7 - 2%, mangan (Mn) 1 - 2%, dan silikon (Si) 0,6 - 0,8% (Belakang, 2021). Komposisi kimia dari baja ST 37 dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 1. Komposisi kimia Baja St 37.

Unsure kimia	C	Si	Mn	S	P	Al	Cu
Presentase	0,12%	0,10%	0,50%	0,05%	0,04%	0,02%	0,10%

Baja karbon rendah (St 37) adalah jenis baja yang tidak terlalu keras karena memiliki kandungan karbon yang rendah. Baja ini sering disebut sebagai baja ringan (mild steel) atau baja perkakas, dengan kadar karbon kurang dari 0,3%. Dalam satu ton baja karbon rendah, terkandung sekitar 10 hingga 30 kg karbon. Istilah "St" sendiri adalah singkatan dari "Steel" (baja), sedangkan angka 37 menunjukkan batas minimum kekuatan tarik, yaitu 37 kg/mm² (Insani, 2020).

Pengertian Kekerasan

Kekerasan dapat diartikan sebagai ukuran ketahanan suatu bahan terhadap perubahan bentuk akibat tekanan. Proses deformasi yang terjadi bisa merupakan kombinasi dari perilaku elastis dan plastis. Ketika dua komponen saling bersentuhan dan bergerak satu sama lain, akan terjadi perubahan bentuk yang bersifat elastis maupun plastis. Deformasi elastis biasanya terjadi pada permukaan yang keras, sementara deformasi plastis lebih umum pada permukaan yang lebih lembut. Terdapat berbagai metode untuk mengukur kekerasan, di antaranya adalah: (Silaen, 2019). Uji kekerasan Rockwell Pengujian Rockwell memiliki kesamaan dengan pengujian Brinell, yaitu angka kekerasan yang dihasilkan bergantung pada tingkat indentasi. Variasi beban dan jenis indenter yang digunakan disesuaikan dengan kondisi pengujian yang dihadapi. Indenter atau "penetrator" dapat berbentuk bola baja atau kerucut intan dengan ujung

yang sedikit membulat, yang sering disebut sebagai "brale". Umumnya, diameter bola baja yang digunakan adalah 1/16 inci, namun tersedia juga indenter dengan diameter yang lebih besar, yaitu 1/8, 1/4, atau 1/2 inci, khusus untuk bahan-bahan yang lebih lunak. Proses pengujian dimulai dengan memberikan beban minor sebesar 10 kg, sebelum kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor ini biasanya berkisar antara 60 atau 100 kg untuk indenter bola baja, dan 150 kg untuk indenter jenis brale. Meskipun demikian, pemilihan beban dan indenter dapat disesuaikan dengan kondisi pengujian yang ada.

Mesin pengujian dilengkapi dengan dial yang memiliki dua warna, merah dan hitam, yang dirancang untuk memfasilitasi pengujian pada skala B dan C, yang sering digunakan. Skala kekerasan B diperuntukkan bagi pengujian pada material dengan kekerasan sedang, seperti baja karbon rendah dan baja karbon medium yang telah dianil (dilunakkan), dengan kisaran kekerasan antara 0 hingga 100. Pada pengujian kekerasan Rockwell, prosedurnya dilakukan dengan menekan permukaan specimen menggunakan indenter. Pertama, indenter ditekan ke dalam benda uji dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian dilanjutkan dengan penambahan beban utama (beban mayor). Setelah beban utama ditekan, beban tersebut kemudian dilepaskan, tetapi beban minor tetap dipertahankan. Metode pengujian kekerasan ini mengikuti standar DIN 50103 (Prayogi & Suhardiman, 2019).

Untuk menghitung nilai kekerasan Rockwell dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$HR = E - e$$

Dimana,

HR = Kekerasan Rockwell (kg/mm²)

E = konstanta dengan nilai 100 untuk indenter intan dan 130 untuk indenter bola.

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F1) diukur dengan satuan 0,002 mm.

Jadi, $e = h/0,002$. (Sulaeman. M, Budiman. H, 2018)

Proses Perlakuan Panas

Langkah pertama dalam perlakuan panas baja adalah memanaskan material hingga mencapai suhu tertentu, atau di atas temperatur kritis, untuk membentuk fase austenite. Setelah itu, ada tahap penahanan yang bertujuan untuk membuat austenit menjadi lebih homogen sebelum melakukan proses pendinginan. Pada tahap pendinginan, perhatian khusus diperlukan agar benda kerja tidak mengalami kerusakan atau retak. Variasi dalam tipe perlakuan panas tetap sejalan, karena semua proses ini melibatkan pemanasan dengan perbedaan utama terletak

pada suhu pemanasan dan laju pendinginannya. Kedua faktor ini sangat memengaruhi hasil akhir dari perlakuan panas (Pramono, 2011).

Proses pendinginan setelah perlakuan panas antara lain:

a. *annealing*

Terdapat dua jenis annealing, yaitu annealing isothermal dan annealing isokronal. Pada annealing isothermal, proses dilakukan pada suhu yang konstan, tetapi dengan waktu yang bervariasi. Sementara itu, annealing isokronal dilakukan pada suhu yang berfluktuasi, tetapi dengan durasi yang tetap (Istiyono, 2009).

b. *Quenching*

Secara umum, quenching dapat menyebabkan ukuran butir menjadi lebih kecil dan meningkatkan tingkat kekerasan pada suatu paduan logam (Luthfianto et al., 2017).

c. *Tempering*

Jika kekerasan turun maka kekuatan tarik akan turun pula. Sedang keuletan dan ketangguhan akan meningkat meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak (Azmy et al., 2021).

d. *Normalizing*

Suhu pemanasan untuk proses normalizing biasanya berkisar sekitar 50° C di atas suhu kritis atas Ac3 bagi baja hypoeutectoid, sehingga diharapkan diperoleh struktur austenit yang homogen. Rentang suhu pemanasan untuk proses normalizing dapat dilihat dalam diagram fase Fe-C (Syarifuddin & Cebro, 2020).

Media Pendingin

terdapat berbagai macam media yang dapat digunakan, seperti air, udara, oli, air garam, udara bebas, dan nitrogen. Berdasarkan penelitian sebelumnya, variasi penggunaan media pendingin dalam proses heat treatment dapat menghasilkan perbedaan kekerasan pada permukaan material (Lostari et al., 2022).

Media pendingin yang digunakan antara lain :

a. Media Pending Oli

Mempunyai kelebihan diantaranya dapat digunakan pada berbagai temperatur secara efektif. Secara umum, oli mempunyai laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan air atau air garam. Oleh karena itu, media pendingin ini dengan memberikan hasil quenching dengan distorsi dan retak yang lebih kecil. Oli mempunyai titik nyala yang beragam antara 130 - 290°C. Dalam aplikasinya temperatur bak

pendingin biasanya pengaruh Viskositas Oli, antara 75 -110°C di bawah titik nyalanya untuk menghindari kemungkinan oli terbakar (Haris & Widodo, 2021).

b. Media pendingin Air Laut

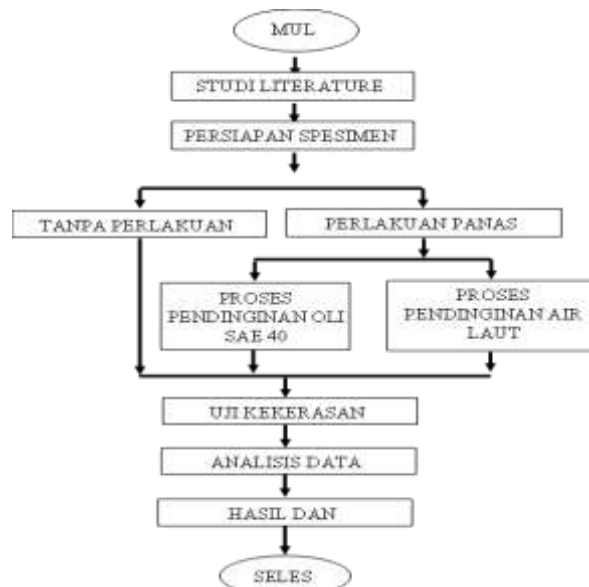
Air laut merupakan air yang berasal dari laut atau samudera. Kadar garam dalam air laut rata-rata mencapai 3,5%. Dengan kata lain, dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat sekitar 35 gram garam, yang sebagian besar terdiri dari garam dapur (NaCl), meskipun tidak semuanya berasal dari jenis garam tersebut (Studi et al., 2020)

Menurut (April & Leto, 2024) Air laut merupakan air yang berasal dari laut atau samudera, di mana kadar garamnya rata-rata mencapai 3,5%. Ini berarti dalam setiap liter air laut terdapat sekitar 35 gram garam. Perbedaan mendasar antara air laut dan air tawar terletak pada kandungan garam, Komponen utama garam yang terdapat dalam air laut meliputi NaCl (68,1%), KCl (3,9%), KBr (0,3%), serta elemen lainnya (0,1%).

3. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah bagan alir dari penelitian ini:



Gambar 1. diagram alir proses penelitian.

Metode Pengujian

Langkah awal pengujian spesimen dilakukan proses pemanasan dengan suhu 850°C, dilanjutkan dengan proses pendinginan menggunakan oli SAE 40 dan air laut, dan dilakukan uji kekerasan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Menyiapkan bahan uji (plat baja st 37) dan alat yang akan digunakan
- Ratakan dan haluskan permukaan spesimen menggunakan amplas.

- c. Untuk spesimen yang akan dipanaskan, masukkan spesimen ke dalam oven dengan suhu 850°C, dengan rumus sebagai berikut

Rumus Waktu Pemanasan (Soaking Time)

$$t = k \times d$$

Keterangan:

t = waktu tahan (holding time) dalam menit

d = ketebalan bagian tertebal baja (mm)

k = koefisien waktu tahan (menit/mm),

- d. Selanjutnya, masukkan spesimen yang telah dipanaskan ke dalam media pendingin, yaitu : Oli SAE 40 dan Air Laut
- e. Pengujian kekerasan ini menggunakan metode rockwell, Untuk menghitung nilai kekerasan Rokwell dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$HR = E - e$$

Dimana,

HRC = Kekerasan Rockwell (kg/mm²)

E = konstanta dengan nilai 100 untuk indentor intan dan 130 untuk indentor bola.

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F_1) diukur dengan satuan 0,002 mm.

Jadi, $e = h/0,002$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kekerasan

Sebelum Pengujian kekerasan spesimen di panaskan dengan suhu 850°C dengan media quenching Air Laut Dan Oli SAE 40. Pengujian kekerasan pada spesimen dilakukan 5 titik disetiap masing-masing quenching. Pengujian ini menggunakan alat uji Rockwell dengan menggunakan metode HRC. Dari hasil pengujian dilaboratorium material Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin, S.H, Bengkulu.

Uji Kekerasan Non perlakuan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan Rokwell dengan metode HRC. Setiap spesimen diuji pada 5 titik permukaan untuk memastikan keakuratan dan kestabilan nilai kekerasan yang diperoleh. Nilai kekerasan yang dihasilkan dari spesimen tanpa perlakuan menunjukkan hasil yang cenderung stabil dan berada dalam kisaran [71-74 HRC], Nilai hasil pengujian dapat di lihat bada table 4.1

Tabel 2. Hasil Uji kekerasan non perlakuan.

Titik pengujian	Nilai hasil kekerasan (HRC)
1	71
2	72
3	73
4	71.5
5	74
Rata-Rata	72.3

Dari hasil pada table 4.1 dapat dilihat pada titik pengujian 1 mendapatkan nilai kekerasan = 71 HRC, di titik pengujian ke-2 mendapatkan nilai kekerasan = 72 HRC, di titik pengujian ke-3 mendapatkan nilai kekerasan = 73 HRC, di titik pengujian ke-4 mendapatkan nilai kekerasan = 71.5 HRC, dan titik pengujian ke 5 mendapatkan nilai kekerasan = 74 HRC. Yang mana dari hasil 5 titik pengujian ini mendapatkan Kekerasan Rata-rata yaitu; 72.3 HRC.



Gambar 2. grafik nilai kekerasan non perlakuan.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata kekerasan} &= \frac{\text{Jumlah nilai hasil kekerasan}}{\text{Jumlah pengujian}} \\
 &= \frac{71+72+73+71.5+74}{5} \\
 &= 72,3
 \end{aligned}$$

Perhitungan kedalaman penetrasi (h) yang terbentuk saat pengujian menggunakan formula

$$HRC = E-e \text{ atau } e = \frac{h}{0.002}$$

Jadi rata- rata kedalaman penetrasi (h) dari pengujian non perlakuan adalah : 0,0554 mm

Tabel 3. kedalaman penetrasi hasil pengujian kekerasan non perlakuan pemanasan.

Titik pengujian	Kedalaman penetrasi (mm)
1	0,058
2	0,056
3	0,054
4	0,057
5	0,052
Rata-rata	0,0554

Dari hasil pada table 4.2 dapat dilihat pada titik pengujian 1 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.058 mm, di titik pengujian ke-2 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.056 mm, di titik pengujian ke-3 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.054 mm, di titik pengujian ke-4 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.057 mm, dan titik pengujian ke 5 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.052 mm. Yang mana dari hasil 5 titik pengujian ini mendapatkan kedalaman penetrasi Rata-rata yaitu; 0.0554 mm.

Uji Kekerasan Dengan Media Pendingin oli SAE 40

sebagai media quenching. Nilai hasil pengujian dapat di lihat pada table 4.3

Tabel 4. hasil uji Kekerasan Dengan Media Pendingin oli SAE 40.

Titik pengujian	Nilai hasil kekerasan (HRC)
1	82
2	83.5
3	84.5
4	85
5	86.5
Rata-Rata	84.3

Dari hasil pada table 4.3 dapat dilihat pada titik pengujian 1 mendapatkan nilai kekerasan = 82 HRC, di titik pengujian ke-2 mendapatkan nilai kekerasan = 83.5 HRC, di titik pengujian ke-3 mendapatkan nilai kekerasan = 84.5 HRC, di titik pengujian ke-4 mendapatkan nilai kekerasan = 85 HRC, dan titik pengujian ke 5 mendapatkan nilai kekerasan = 86.5 HRC. Yang mana dari hasil 5 titik pengujian ini mendapatkan Kekerasan Rata-rata yaitu; 84.3 HRC

Dengan demikian, oli SAE 40 dapat digunakan sebagai media pendingin alternatif ketika dibutuhkan peningkatan kekerasan yang lebih terkendali dan tidak terlalu ekstrem, serta untuk meminimalkan kemungkinan retak akibat pendinginan mendadak.



Gambar 3. grafik nilai hasil kekerasan Media Pendingin oli SAE 40.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata kekerasan} &= \frac{\text{jumlah nilai hasil kekerasan}}{\text{jumlah pengujian}} \\
 &= \frac{82 + 83,5 + 84,5 + 85 + 86}{5} \\
 &= 84.3
 \end{aligned}$$

Perhitungan kedalaman penetrasi (h) yang terbentuk saat pengujian menggunakan formula $HRC = E - e$ atau $e = \frac{h}{0.002}$

Rata – rata kedalaman penetrasi

$$= \frac{\sum h}{n}$$

$$= \frac{0,036+0,033+0,031+0,03+0,027}{5}$$

$$= 0,08 \text{ mm}$$

Jadi rata- rata kedalaman penetrasi (h) dari pengujian dengan Media Pendingin oli SAE 40 adalah : 0,08 mm

Tabel 5. kedalaman penetrasi hasil pengujian kekerasan Media Pendingin oli SAE 40.

Titik pengujian	Kedalaman penetrasi (mm)
1	0,036
2	0,033
3	0,031
4	0,03
5	0,027
Rata-rata	0,0314

Dari hasil pada table 4.4 dapat dilihat pada titik pengujian 1 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.036 mm, di titik pengujian ke-2 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.033 mm, di titik pengujian ke-3 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.031 mm, di titik pengujian ke-4 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.03 mm, dan titik pengujian ke 5 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.027 mm. Yang mana dari hasil 5 titik pengujian ini mendapatkan kedalaman penetrasi Rata-rata yaitu; 0.0314 mm.

Uji Kekerasan Dengan Media Pendingin Air Laut

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji Rockwell dengan metode HRC pada 5 titik pengujian untuk mendapatkan hasil yang akurat dan merata. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekerasan spesimen yang didinginkan dengan air laut menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya struktur martensit yang lebih keras akibat proses quenching cepat menggunakan air laut sebagai media pendingin, Nilai hasil pengujian dapat di lihat pada table 4.3

Tabel 6. hasil uji kekerasan dengan media pendingin air laut.

Titik pengujian	Nilai hasil kekerasan (HRC)
1	93
2	93.5
3	94.5

4	94
5	94
Rata-Rata	93.8

Dari hasil pada table 4.5 dapat dilihat pada titik pengujian 1 mendapatkan nilai kekerasan = 93 HRC, di titik pengujian ke-2 mendapatkan nilai kekerasan = 93.5 HRC, di titik pengujian ke-3 mendapatkan nilai kekerasan = 94.5 HRC, di titik pengujian ke-4 mendapatkan nilai kekerasan = 94 HRC, dan titik pengujian ke 5 mendapatkan nilai kekerasan = 94 HRC. Yang mana dari hasil 5 titik pengujian ini mendapatkan Kekerasan Rata-rata yaitu; 93.8 HRC.

Nilai kekerasan yang dihasilkan pada pengujian ini berkisar antara [93 HRC] hingga [94.5 HRC], dengan rata-rata sebesar [93.8]. Hasil ini menunjukkan bahwa pendinginan dengan air laut memberikan efek signifikan terhadap peningkatan kekerasan material, meskipun dapat menimbulkan ketidakseragaman nilai pada beberapa titik akibat permukaan spesimen yang kurang rata atau adanya gelembung udara saat proses quenching.



Gambar 4. grafik nilai kekerasan dengan media pendingin air laut.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata kekerasan} &= \frac{\text{jumlah nilai hasil kekerasan}}{\text{jumlah pengujian}} \\
 &= \frac{93+93,5+94,5+94+94}{5} \\
 &= 93,8
 \end{aligned}$$

Perhitungan kedalaman penetrasi (h) yang terbentuk saat pengujian menggunakan formula

$$\text{HRC} = E - e \text{ atau } e = \frac{h}{0.002}$$

Rata – rata kedalaman penetrasi

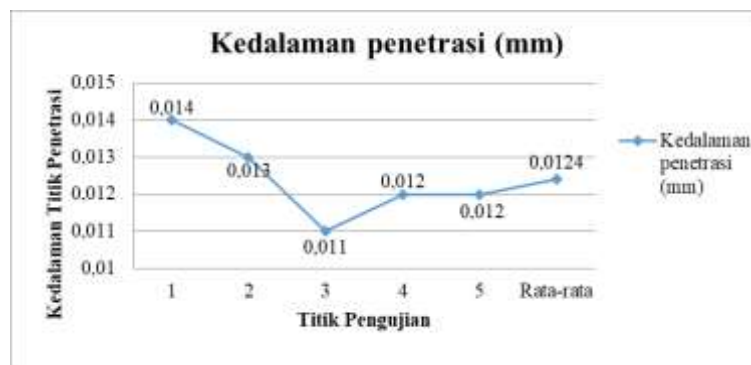
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sum h}{n} \\
 &= \frac{0,014+0,013+0,011+0,012+0,012}{5} \\
 &= 0,0124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi rata- rata kedalaman penetrasi (h) dari pengujian media pendingin air laut adalah : 0,0124 mm

Tabel 7. kedalaman penetrasi hasil pengujian kekerasan media pendingin air laut pemanasan.

Titik pengujian	Kedalaman penetrasi (mm)
1	0,014
2	0,013
3	0,011
4	0,012
5	0,012
Rata-rata	0,0124

Dari hasil pada table 4.6 dapat dilihat pada titik pengujian 1 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.014 mm, di titik pengujian ke-2 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.013 mm, di titik pengujian ke-3 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.011 mm, di titik pengujian ke-4 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.012 mm, dan titik pengujian ke 5 mendapatkan Kedalaman penetrasi = 0.012 mm. Yang mana dari hasil 5 titik pengujian ini mendapatkan kedalaman penetrasi Rata-rata yaitu; 0.0124 mm.



Gambar 5. Grafik kedalaman penetrasi h hasil pengujian dengan media pendingin air laut.

Nilai kekerasan yang dihasilkan pada pengujian ini berkisar antara [93 HRC] hingga [94.5 HRC], dengan rata-rata sebesar [93.8]. Hasil ini menunjukkan bahwa pendinginan dengan air laut memberikan efek signifikan terhadap peningkatan kekerasan material, meskipun dapat menimbulkan ketidakseragaman nilai pada beberapa titik akibat permukaan spesimen yang kurang rata atau adanya gelembung udara saat proses quenching.

Pembahasan

Pengaruh Perlakuan Panas dan Media Pendingin terhadap Kekerasan Material

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan yang dilakukan pada spesimen tanpa perlakuan, serta yang telah melalui proses pemanasan pada suhu 850°C dan didinginkan menggunakan dua jenis media pendingin (air laut dan oli SAE 40), dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan signifikan pada nilai kekerasan setelah perlakuan termal dan proses quenching,

a. Spesimen non-perlakuan

menunjukkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 72.3 HRC, yang mencerminkan kondisi awal material (as-received). Nilai ini relatif stabil dan homogen di seluruh titik uji, yang mengindikasikan bahwa struktur mikro material masih dalam kondisi asli tanpa transformasi akibat perlakuan panas.

b. Spesimen quenching menggunakan air laut

Setelah dilakukan proses pemanasan dan quenching menggunakan air laut, terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan, yaitu mencapai nilai rata-rata sebesar 93.8 HRC. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya struktur martensit yang keras sebagai hasil dari proses pendinginan cepat (rapid quenching). Air laut sebagai media pendingin memiliki konduktivitas termal yang tinggi, yang memungkinkan pelepasan panas secara cepat dari spesimen sehingga proses transformasi fasa austenit menjadi martensit berlangsung maksimal. Kenaikan kekerasan ini menunjukkan bahwa proses quenching dengan air laut sangat efektif dalam meningkatkan kekerasan material.

c. menggunakan oli SAE 40

Sementara itu, pada spesimen yang didinginkan menggunakan oli SAE 40, nilai kekerasan rata-rata berada di angka 84.3 HRC. Meskipun lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa perlakuan, nilai ini lebih rendah dibandingkan spesimen yang menggunakan air laut sebagai media pendingin. Hal ini terjadi karena pendinginan dengan oli memiliki laju pelepasan panas yang lebih lambat akibat viskositas oli yang tinggi. Pendinginan lambat ini menyebabkan pembentukan martensit tidak sebanyak pada pendinginan cepat, sehingga struktur mikro yang terbentuk sebagian besar berupa bainit atau campuran antara martensit dan struktur fasa lainnya yang lebih lunak.

Stabilitas dan Ketidakteraturan Nilai Kekerasan

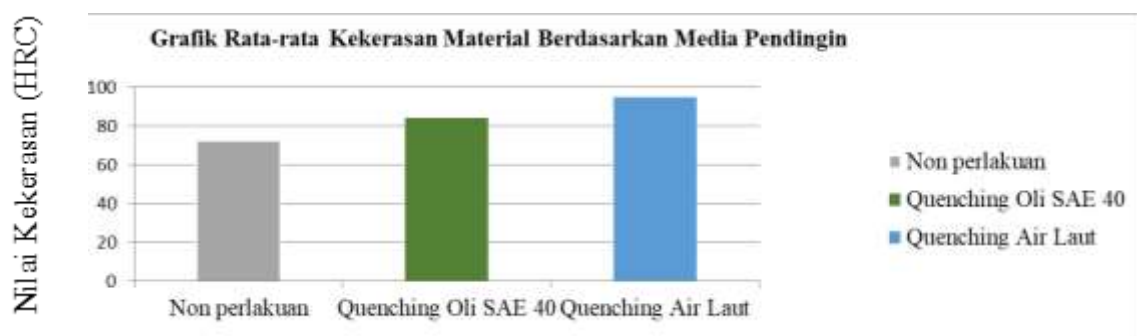
Pada spesimen non-perlakuan, nilai kekerasan antar titik pengujian relatif stabil, menunjukkan bahwa permukaan spesimen cukup rata dan proses pengujian berjalan optimal. Namun, pada spesimen yang telah mengalami quenching, terutama dengan air laut, terdapat sedikit variasi nilai antar titik. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh ketidakteraturan permukaan akibat proses pengampelasan yang kurang sempurna, atau adanya gelembung udara saat quenching yang menyebabkan ketidakkontak sempurna antara spesimen dan media pendingin. Selain itu, kondisi permukaan spesimen sangat mempengaruhi akurasi pengujian kekerasan. Ketidakteraturan seperti goresan atau lubang kecil dapat menyebabkan pembacaan nilai kekerasan menjadi tidak konsisten, terutama pada pengujian yang menggunakan indenter kerucut intan seperti metode Vickers HRC.

Efektivitas Media Pendingin

Hasil ini menunjukkan bahwa media pendingin sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan akhir material setelah perlakuan panas. Secara umum, urutan efektivitas peningkatan kekerasan adalah sebagai berikut:

Air Laut > Oli SAE 40 > Non Perlakuan

Dengan demikian, jika tujuan perlakuan termal adalah untuk memaksimalkan kekerasan, maka air laut merupakan media pendingin yang lebih unggul. Namun, jika dibutuhkan **kontrol** terhadap peningkatan kekerasan dan risiko deformasi atau retak perlu diminimalkan, maka oli SAE 40 bisa menjadi alternatif yang lebih tepat.



Gambar 1. Grafik Rata-rata Kekerasan Material Berdasarkan Media Pendingin.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan pada specimen baja st 37, dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas pada suhu 850°C selama 30 menit diikuti dengan proses quenching menggunakan media pendingin yang berbeda memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan material. Spesimen tanpa perlakuan panas menunjukkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 72.3 HRC dan kedalaman penetrasi rata-rata = 0.0554 mm, yang merepresentasikan kekerasan awal material. Setelah melalui proses quenching, specimen yang didinginkan dengan air laut mengalami peningkatan kekerasan yang paling tinggi, dengan nilai rata-rata 93.8 HRC dan kedalaman penetrasi rata-rata = 0.0124 mm, menunjukkan efektivitas pendinginan cepat dalam membentuk struktur martensit yang keras. Sementara itu, pendinginan menggunakan oli SAE 40 menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 84.3 HRC dan kedalaman penetrasi rata-rata = 0.0314 mm, yang meskipun lebih rendah dari air laut, tetap menunjukkan peningkatan dibandingkan material tanpa perlakuan. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis media pendingin sangat memengaruhi hasil akhir kekerasan material, di mana air laut lebih agresif dalam meningkatkan kekerasan, sedangkan oli SAE 40 memberikan hasil yang lebih terkendali. Selain itu, hasil juga menunjukkan bahwa

kualitas permukaan spesimen dan proses quenching berperan penting terhadap konsistensi nilai kekerasan yang diperoleh.

DAFTAR REFERENSI

- April, N., & Leto, K. T. (2024). *Studi eksploratif mengenai kadar garam tradisional di Kampung Garam Kabupaten Sikka*. Yudistira, 2(2), 289–307. <https://doi.org/10.61132/yudistira.v2i2.706>
- Area, U. M. (2024). *Analisis pengaruh oil losses, temperatur dan tekanan pada stasiun press* (Skripsi). Fakultas Teknik, Universitas—(tidak lengkap).
- Azmy, I., Adi, M., Umam, K., & Muliawan, R. (2021). Studi pengaruh proses tempering terhadap struktur mikro dan kekerasan post-annealing baja mangan austenitik. *Jurnal—(tidak lengkap)*, 19, 169–175.
- Belakang, L. (2021). *Analisa pengaruh kampuh pengelasan SMAW pada...* (tidak lengkap). 5(1), 1–7.
- Haris, R., & Widodo, I. 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.
- Insani, M. N. (2020). *Analisis struktur mikro material baja karbon rendah (ST 37) akibat proses bending*.
- Istiyono, E. (2009). Analisis sifat magnetik bahan yang mengalami proses annealing dan quenching. *Jurnal—(tidak lengkap)*, 311–319.
- Lostari, A., Machfuroh, T., & Mahardika, S. (2022). Pengaruh media pendinginan pada proses heat treatment baja SUP-9. *Jurnal—(tidak lengkap)*, 24(3), 29–35.
- Luthfianto, S., Suprayogi, Z. A., & Samyono, D. (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/jstundiksha.v6i1.9396>
- Munanda, A., Ibrahim, A., Ismy, A. S., Prodi, M., Rekayasa, D. T., Jurusan, D., Mesin, T., Negeri, P., & Suhu, V. (2022). Efek suhu annealing terhadap kekerasan dan ketangguhan impak pada kuningan C38500. *Jurnal—(tidak lengkap)*, 6(1), 1–5.
- Pramono, A. (2011). Karakteristik struktur mikro hasil proses hardening baja AISI 1045 media quenching untuk aplikasi sprocket rantai. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(2), 115. <https://doi.org/10.36055/tjst.v8i2.6710>
- Prayogi, A., & Suhardiman. (2019). Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah. *Jurnal Polimesin*, 17(2), 29–36.
- Silaen, A. F. (2019). Pengujian kekerasan plat bodi lori batubara dengan suhu 400°C di quenching dengan air garam. *Jurnal—(tidak lengkap)*, 13(1), 18–22.
- Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Makassar, U. M. (2020). Pemanfaatan air laut sebagai sumber cadangan energi listrik. *Jurnal—(tidak lengkap)*, 12(2), 22–33.
- Sulaeman, M., Budiman, H., & K., E. (2018). Proses uji dimensi, uji kekerasan dengan metode Rockwell dan uji komposisi kimia pada cangkul di Balai Besar Logam dan Mesin

- (BBLM) Bandung. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 539–543.
- Syarifuddin, M., & Cebro, I. S. (2020). Pengaruh variasi kedalaman potong pada proses bubut dan perlakuan panas normalizing terhadap uji kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1045. *JMST*, 4(2), 113–118. <https://doi.org/10.30811/jmst.v4i2.2018>
- Taruyun Hudeardo Sinaga, F., Putra Dairi Boangmanalu, E., Fan H. T. Saragi, J., & Bahri Pratama, A. (2024). Analisis sifat mekanik material plat baja ST 37 dengan metode Brinell Hardness Test. *Atech-I*, 1(2), 1–8. <https://doi.org/10.55043/atech-i.v1i2.19>
- Yani, R. D., Pratomo, T., & Cahyono, H. (2008). Pengaruh perlakuan panas terhadap struktur mikro logam ST 60. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 11(1), 96–109.