

PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4140 SETELAH PERLAKUAN PANAS HARDENING

EFFECT OF COOLANT ON HARDENESS OF 4140 AISI STEEL AFTER HARDENING HEAT TREATMENT

Arizal Saputra⁽¹⁾, Purwantono⁽²⁾, Rifelino⁽³⁾, Budi Syahri⁽⁴⁾

^{(1), (2), (3), (4)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

arizalchan97@gmail.com

purwantono@ft.unp.ac.id

rifelino@ft.unp.ac.id

budisyahri@ft.unp.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui media pendingin mana yang lebih berpengaruh pada baja AISI 4140 setelah diberikan perlakuan panas hardening. Spesimen berbentuk batangan dengan ukuran 12 mm tinggi dan diameter 24 mm. Spesimen dibagi menjadi 12 dengan rincian 3 untuk media pendingin air, 3 untuk media pendingin oli, 3 untuk media pendingin air garam dan 3 untuk raw material. Raw material dijadikan panduan awal untuk melihat hasil perlakuan panas. Spesimen dipanaskan pada suhu 720° C selama 15 menit lalu didinginkan secara cepat dengan menggunakan media pendingin air, oli dan air garam. Volume media pendingin yang digunakan yaitu satu liter dan untuk air garam, volume air dan garam satu berbanding satu. Hasil kekerasan spesimen yang didinginkan menggunakan media pendingin air yaitu 29.4 HRC, hasil kekerasan menggunakan media pendingin oli yaitu 26.2 HRC sedangkan hasil kekerasan menggunakan media pendingin air garam yaitu 33.6 HRC. Memberikan media pendingin air, oli dan air garam memberikan kenaikan kekerasan yang signifikan terhadap hasil kekerasan. Yang mana kekerasan raw material dari baja AISI 4140 yaitu 21.8 HRC. Hasil kekerasan setelah menggunakan media pendingin air meningkat 34%, hasil kekerasan setelah menggunakan media pendingin oli meningkat 20%, hasil kekerasan menggunakan media pendingin air garam meningkat sebesar 54%.

Kata kunci : Perlakuan Panas, Media Pendingin, Pendinginan Cepat, AISI 4140, Baja Paduan Rendah.

Abstract

This study uses an experimental method that aims to determine the coolant has more effect on AISI 4140 steel after being given heat hardening treatment. The specimen is in the form of a bar with a size of 12 mm high and 24 mm in diameter. Specimens were divided into 12 with details of 3 for water coolant, 3 for oil coolant, 3 for salt water coolant and 3 for raw materials. Raw material is used as an initial guide to see the results of heat treatment. The specimens were heated at 720°C for 15 minutes and then cooled rapidly using water, oil and salt water as coolant. The volume of the coolant used is one liter and for salt water, the volume of water and salt is one to one. The hardness results of the specimens cooled using water coolant were 29.4 HRC, the hardness results using oil coolant were 26.2 HRC while the hardness results using salt water coolant was 33.6 HRC. Providing a coolant of water, oil and brine provides a significant increase in hardness to hardness results. The raw material hardness of AISI 4140 steel is 21.8 HRC. The hardness results after using water coolant increased by 34%, the hardness results after using oil coolant increased by 20%, the hardness results using salt water coolant increased by 54%.

Keywords : Heat Treatment, Coolant, Fast Cooling, AISI 4140, Low Alloy Steel.

I. Pendahuluan

Berdasarkan komposisi kimianya, baja terbagi menjadi dua bagian yaitu baja karbon dan baja paduan (Nugraha and Oktadinata 2022). Berdasarkan kandungan karbon, baja karbon dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah

memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30% (Rifelino et al. 2020). Baja karbon menengah memiliki kandungan karbon antara 0,30% - 0,60%. Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,6% - 1,5%. Berdasarkan paduannya, baja paduan dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu baja paduan rendah, baja paduan sedang dan baja paduan tinggi. Baja AISI 4140 termasuk baja paduan rendah

yang memiliki kandungan karbon sedang (Weriono, Rinaldi, and Sepfitrah 2020)(Maulana 2016). Tambahan unsur *chromium* dan *molybdenum* membuat baja AISI 4140 memiliki sifat tahan karat(Rizal 2018). Baja AISI 4140 merupakan baja paduan rendah yang didesain dengan menggunakan *four-digit number* (empat digit angka)(Mahardika 2020). Hal tersebut bertujuan untuk menunjukkan kandungan komposisi yang membentuk baja tersebut(Maulana 2016). Angka pertama menunjukkan unsur paduan yang terkandung dalam baja tersebut(Septianto and Setiyorini 2013). Satu angka selanjutnya menunjukkan banyaknya unsur paduan yang terkandung didalam baja tersebut dan dua angka terakhir menunjukkan banyaknya persentase karbon(Rinaldi et al. 2019). Jadi angka 4 menunjukkan unsur paduan yaitu *chromium-molibdenum*. Angka 1 menunjukkan persentase unsur paduan yaitu $\pm 1\%$ dan angka 40 menunjukkan persentase karbon yaitu $\pm 0,40\%$ (Haryadi 2006). Jadi AISI 4140 termasuk baja karbon sedang, bisa dilihat dari karbon yang terkandung didalamnya(Irzal et al. 2022). Baja paduan banyak digunakan untuk membuat alat-alat peerkakas, alat-alat pertanian dan komponen otomotif(Ridwan et al. 2021). Factor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain(Syahri, Putra, and Helmi 2017): komposisi kimia, langkah perlakuan panas, media pendingin dan temperatur pemanasan (Fatihuddin, Kholil, and Budhi Susetyo 2019). Cara melakukan perlakuan panas yaitu dengan memanaskan baja sampai suhu tertentu dan didinginkan dengan media dan waktu tertentu pula(Purwantono et al. 2022). Salah satu perlakuan panas yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan material yaitu perlakuan panas *hardening*(Sari 2017). *Hardening* adalah proses perlakuan panas untuk mengeraskan baja sampai perubahan fasa yang homogen dan diikuti dengan pendinginan cepat sampai terjadi struktur *martensite* (Wahyudin K & Wahjoe Hidayat, 1978). Laju media pendingin sangat dipengaruhi oleh viskositas dan densitas media pendingin tersebut(Retno Astrini 2016). Semakin tinggi tingkat viskositas maka semakin lambat laju pendinginan sedangkan semakin tinggi densitas yang dimilikinya media pendingin semakin cepat laju pendinginannya(Adi Nugroho 2018). perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat mekanik logam tersebut(Jasman et al. 2018). Proses perlakuan panas bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Sifat logam dapat berubah sebagian bahkan keseluruhannya. Dengan perlakuan panas, kemampuan potong dan tahan aus baja dapat ditingkatkan(Rianto and Harjanto 2014).

II. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen agar dapat mengetahui pengaruh atau akibat dari suatu perlakuan. Metode penelitian eksperimen merupakan metode yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali(Sugiyono 2015).

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan desember 2021 sampai januari 2022. Pembuatan spesimen berbentuk silinder dengan ukuran diameter 24 mm dan tinggi 10 mm. Pembuatan spesimen dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

3. Alat dan Bahan

Penelitian menggunakan alat uji mesin kekerasan *Rockwell merk type future tech hardness tester*. Proses pengumpulan data yaitu dengan melakukan pemotongan spesimen dengan menggunakan mesin potong atau gergaji dan lakukan pengukuran spesimen sesuai standar yang telah ditetapkan. Setelah itu lakukan grinding agar permukaan spesimen lebih rata dan halus. Lakukan pemanasan pada baja dengan suhu 720°C selama 15 menit lalu dinginkan dengan cepat menggunakan media pendingin yang telah disiapkan yaitu air, oli dan air garam. Jenis baja dan waktu tahan yang dibutuhkan pada saat proses perlakuan panas (Prayitno.et.al, 1999).

Tabel 1.1 Waktu Tahan

No	Jenis Baja	Waktu tahan (Menit)
1	Baja karbon dan baja paduan rendah	5-15
2	Baja paduan menengah	15-25
3	<i>Low alloy tool steel</i>	10-30
4	<i>High alloy chrome steel</i>	10-60
5	<i>Hot work tool steel</i>	15-30

Ketebalan benda uji sangat mempengaruhi pemberian waktu penahanan pada saat proses austenisasi. Dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Krauss, 1986).

$$T = 1,4 \times H$$

Yang mana : T = waktu penahanan (menit)

H = tebal benda kerja (mm)

Penelitian ini menggunakan tiga spesimen per setiap media pendingin dan tiga spesimen untuk raw material. Untuk pengambilan data, setiap spesimen diuji empat kali. Jadi banyak spesimen pada

penelitian ini yaitu 12 buah dan 48 buah data hasil uji kekerasan.

4. Teknik Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengujian kemudian dianalisa supaya dapat mengetahui besar pengaruh dari masing-masing media pendingin terhadap hasil perlakuan panas *hardening*. Untuk pengujian data di gunakan ANOVA (*Analysis of vVariance*) satu arah karena data hasil memiliki satu variabel yaitu pengaruh media pendingin. ANOVA adalah metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. ANOVA digunakan untuk menguji perbandingan mean (rata-rata) data lebih dari dua kelompok.

HIPOTESIS

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$. tidak ada perbedaan yang nyata antara rata-rata hitung dari n kelompok.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_n$. ada perbedaan yang nyata antara rata-rata hitung dari n kelompok.

Aturan penolakan

P -value : H_0 ditolak jika P -value $\leq \alpha$

Critical value : H_0 ditolak jika $F \geq F_{\alpha}$

III. Hasil dan Pembahasan

1. Data Hasil Pengujian

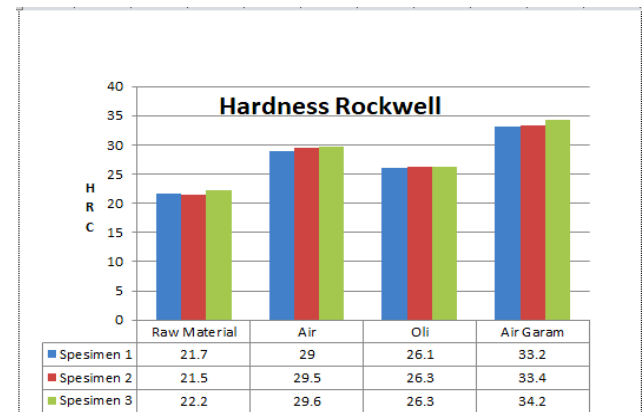
Hasil pengujian kekerasan menggunakan alat uji hardness Rockwell . Data hasil pengujian yang telah dikelompokkan sebagai berikut :

Tabel 1.2 Hasil Uji Kekerasan

No	Media Pendingin	Rata-rata specimen	Rata-rata kelompok
1	Raw material	21.7	21.8
		21.5	
		22.2	
		29	
2	Air	29.5	29.4
		29.6	
		26.1	
3	Oli	26.3	26.2
		26.3	
		33.2	
4	Air garam	33.4	33.6
		34.2	

Data hasil pengujian raw material menggunakan baja AISI 4140 rata-rata 21.8 HRC. Raw material digunakan sebagai patokan untuk melihat hasil perlakuan panas yang diberikan media pendingin air, oli dan air garam. Hasil pengujian kekerasan menggunakan media pendingin air rata-rata 29.4 HRC. Hasil pengujian kekerasan menggunakan media pendingin oli rata-rata 26.4. hasil pengujian

kekerasan menggunakan media pendingin air garam rata-rata 33.6 HRC.



Grafik1.1 Hasil Uji Kekerasan

Pada grafik 1.1 di atas terlihat nilai kekerasan rata-rata hasil pengujian Rockwell. Terdapat perbedaan yang jelas antara setiap media yang digunakan dan raw material sebagai patokan dasar perlakuan. Perbedaan nilai kekerasan terjadi karena cepat lambatnya terjadi martensit karena media pendingin. Laju pendinginan dipengaruhi oleh viskositas (kekentalan) dan densitas (massa jenis) media pendingin tersebut (sultoni., nurida finahari., M. Agus Sahbana. 2019). Viskositas merupakan tingkat kekentalan yang dimiliki suatu fluida, semakin tinggi angka viskositas maka semakin lambat laju pendinginan, jika semakin tinggi densitas maka semakin cepat pendinginan (Streeter, 1992).

2. Pembahasan Hasil Pengujian

untuk menentukan rata-rata kekerasan Rockwell terhadap hasil penelitian, maka dianalisa menggunakan metode anova (*analysis of variance*) dengan tingkat tingkat kepercayaan atau alpha 0.05%.

Tabel 1.3 Hasil Anova

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Air	12	352.3	29.4	0.517		
Oli	12	314.7	26.2	0.669		
Air Garam	12	403	33.6	0.565		
ANOVA						
Source of Variation	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	327.254	2	163.627	280.236	1.97E-21	3.285
Within Groups	19.268	33	0.584			
Total	346.522	35				

Dari table 1.3 anova single factor di atas dapat dilihat

bahwa $P\text{-value } 1.97\text{E-}21 (1.97 \times 10^{-21}) < \alpha (0.05)$ maka H_0 ditolak. Jika dilihat dari nilai F hitung $(280.236) \geq F\alpha (3.285)$ maka H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa hasil kekerasan setelah perlakuan panas *hardening* dengan menggunakan media pendingin air, oli, air garam memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil kekerasan. Peningkatan paling besar terjadi pada media pendingin air garam yang meningkat sekitar 54% dari kekerasan *raw material*.

a. Raw material

Spesimen ini hanya untuk patokan dalam melakukan perlakuan panas *hardening* sehingga tidak diberikan perlakuan. Dari hasil pengujian kekerasan dari spesimen 1 memiliki rata-rata kekerasan sebesar 21.7 HRC, spesimen 2 memiliki rata-rata sebesar 21.5 HRC, spesimen 3 memiliki rata-rata kekerasan sebesar 22.2 HRC. Jadi kekerasan *raw material* yaitu 21.8 HRC.

b. Media Pendingin Air

Pada spesimen ini diberikan perlakuan panas *hardening* dan diberi media pendingin air. Pada spesimen 1 didapatkan kekerasan rata-rata sebesar 29 HRC, spesimen 2 memiliki kekerasan rata-rata sebesar 29.5 HRC, spesimen 3 memiliki kekerasan rata-rata sebesar 29.6 HRC. Jadi kekerasan menggunakan media pendingin air yaitu sebesar 29.4 HRC. Meningkat 34 % dari kekerasan *raw material*.

c. Media Pendingin Oli

Pada spesimen ini diberikan perlakuan panas *hardening* dan diberi pendinginan oli. Pada spesimen 1 didapatkan kekerasan rata-rata sebesar 26.1 HRC, spesimen 2 memiliki kekerasan rata-rata sebesar 26.3 HRC, spesimen 3 memiliki kekerasan rata-rata sebesar 26.3 HRC. Jadi kekerasan menggunakan media pendingin oli yaitu sebesar 26.2 HRC. Meningkat 20% dari kekerasan *raw material*.

d. Media Pendingin Air Garam

Pada spesimen ini diberikan perlakuan panas *hardening* dan diberikan pendinginan air garam. Pada spesimen 1 memiliki kekerasan rata-rata sebesar 33.2 HRC, spesimen 2 memiliki kekerasan rata-rata sebesar 33.4 HRC, spesimen 3 memiliki rata-rata kekerasan sebesar 34.2 HRC. Jadi kekerasan yang didapatkan menggunakan media pendingin air garam yaitu sebesar 33.6 HRC. Meningkat 54% dari kekerasan *raw material*.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada baja paduan rendah AISI 4140 dengan Pemberian media pendingin yang berbeda-beda, dapat disimpulkan bahwa :

1. Media pendingin air, oli, air garam memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan.
2. Media pendingin yang paling cepat atau memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu pada air garam dan diikuti oleh air dan oli.
3. Media pendingin air garam meningkat 54% lalu media pendingin air meningkat sebesar 34% dan media pendingin oli meningkat sebesar 20% dari hasil pengujian kekerasan *raw material*.

Referensi

- Adi Nugroho, Eko Setiawan. 2018. "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekutan Tarik Dan Kekerasan Samubungan Las Plate Carbon Steel ASTM 36." *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* 3(2):134-42.
- Fatihuddin, Muhammad, Ahmad Kholil, and Ferry Budhi Susetyo. 2019. "Efek Polaritas Dan Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Hardfacing Baja Karbon Rendah." *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur* 1(2):1-5.
- Haryadi, Gunawan Dwi. 2006. "Pengaruh Kecepatan Air Sirkulasi Sebagai Medium Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Aisi 4140." *Jurnal Rotasi* 8(1):23-33.
- Irzal, Purwantono, Abdul Latif, and A. Yufrizal. 2022. "Analisa Perbandingan Hasil SMAW(Shield Metal Arc Welding) Dan Las MIG (Metal Inert Gas) Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah ST 37." *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)* 4(2):39-43.
- Jasman, Syahrul, Darmawi, and Risno Fendri. 2018. "Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Aisi 4140 Akibat Perbedaan Temperatur Pada Perlakuan Panas Tempering." *Jurnal Research Gate* 3(October):37-47.
- Mahardika, Shultoni. 2020. "Analisa Rekayasa Sifat Mekanik Baja Aisi 4140 Dengan Variasi Suhu Tempering Untuk Meningkatkan Keuletan Dan Kekerasan Material." *Jurna; Mekanova* 6(1):1-6.
- Maulana, Yassyir. 2016. "Analisis Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan SMAW." *Jurnal Teknik Mesin UNISKA* 02(01):1-8.
- Nugraha, Sandi, and Herry Oktadinata. 2022. "Pengaruh Metode Pengelasan TIG Dan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon SS400." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 10(1):37-44.

- Purwanton, Syahril, Febri Hanafi, and Hendri Nurdin. 2022. "Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Menggunakan Las Mig." *Jurnal V* 4(2):31–38.
- Retno Astrini, Indah. 2016. "Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Dan Oli Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun Aisi 6135." *Jurnal Teknik Mesin* 4(2):113–21.
- Rianto, Endro, and Budi Harjanto. 2014. "Pengaruh Temperatur Quenching Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Hasil Pengelasan Baja Keylos 50." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 3(1):72–79.
- Ridwan, A., Irzal, Waskito, and Rodesri Mulyadi. 2021. "Pengaruh Jenis Media Pendingin Air Garam, Air Sumur, Oli Terhadap Hardness Pada Hasil Pengelasan Baja S45C Menggunakan Las SMAW." *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)* 3(2):34–40.
- Rifelino, Irzal, Doni Hamdani, and Nofri Helmi. 2020. "Conventional Lathe Processes Pengaruh Cutting Condition Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Pada Proses Bubut Konvensional." *Motivaction* 2(3):11–20.
- Rinaldi, Rio, Ramli Usman, Al Fathier, Jurusan Teknik, Mesin Politeknik, and Negeri Lhokseumawe. 2019. "Studi Eksperimental Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Sambungan Pipa ASTM A 106 Grade B Dengan Pengelasan SMAW." *Journal of Welding Technology* 1(2):36–42.
- Rizal, Yose. 2018. "Peningkatan Kekuatan Tarik Baja Karbon AISI 1040 Akibat Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Perlakuan Panas." *Journal of Materials Processing Technology* 2(9):71–78.
- Sari, Nasmi Herlina. 2017. "Perlakuan Panas Pada Baja Karbon: Efek Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro." *Jurnal Teknik Mesin* 06(4):263–67.
- Septianto, Bayu Adie, and Yuli Setiyorini. 2013. "Pengaruh Media Pendingin Pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik." *Jurnal Teknik Pomits* 2(2):1–6.
- Sugiyono. 2015. "Metode Penelitian Dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif Dan R&D." *Jurnal Pendidikan* 1(2):407.
- Syahri, Budi, Zonny Amanda Putra, and Nofri Helmi. 2017. "Analisis Kekerasan Baja ASSAB 705 Yang Diberi Perlakuan Panas Hardening Dan Media Pendingin." *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi* 17(1):17–26.
- Weriono, Rinaldi, and Sepfitrah. 2020. "Evaluasi Pengujian Kekerasan Material Aisi 4140 Menggunakan Full Factorial Design Of Experimen." *Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur Dan Energi* 3(1):23–28.